

Doktori PhD értekezés

Békési Bertold

2006

**ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Békési Bertold okl. mk. őrnagy

**A KATONAI REPÜLŐGÉPEK
ÜZEMELTETÉSÉNEK, A KISZOLGÁLÁS
KORSZERŰSÍTÉSÉNEK KÉRDÉSEI**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezető: Dr. Peták György nyá. okl. mk. ezredes
a hadtudomány kandidátusa**

2006. BUDAPEST

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETŐ	5
1. A LÉGIERŐ ALKALMAZÁSÁNAK ALAPJAI	9
1.1 A légierő alapvető képességei.....	11
1.2 Új repülőgépek kiválasztása	14
1.2.1 Általános elvek	16
1.3 Katonai repülőeszközök vásárlásának lehetősége.....	17
1.4 Eredmények, következtetések.....	19
2. A KATONAI REPÜLŐGÉPEK ÜZEMBENTARTÁSI RENDSZERE	20
2.1 Az üzemeltetés fejlődése	20
2.2 Üzemeltetési alapfogalmak.....	21
2.3 A repülőtechnika üzemeltetési, karbantartási stratégiája.....	22
2.4 Az üzemeltethetőség	24
2.5 A korszerű üzembentartásnál használatos karbantartási stratégia kialakítása	26
2.6 A karbantartási stratégia által feltárt meghibásodások gyakorisága és statisztikai összefüggése	30
2.7 A megbízhatóság.....	32
2.7.1 A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai	33
2.7.1.1 A hibamentes működés valószínűsége.....	33
2.7.1.2 A hibamentes működés közepes ideje	35
2.7.1.3 A meghibásodások közötti átlagos működési idő.....	35
2.7.1.4 A meghibásodások intenzitása	36
2.8. A vadászrepülőgépek harcászati technikai paramétereinek hatása az üzemeltetés gazdaságosságára	38
2.8.1 A vadászrepülőgépek főbb harcászati-műszaki jellemzőinek kihatása az alkalmazás és üzembentartás gazdaságosságára.....	39
2.8.2 A harckiképzés és a gazdaságosság összefüggése.....	42
2.8.3 A vadászrepülőgépek három fő feladata, úgymint a légi harc, a légi csapás és a harcászati légi felderítés gazdaságossági szempontjai.....	45
2.8.3.1 Légi harc	45
2.8.3.2 A légi csapás	48
2.8.3.3 A harcászati légi felderítés.....	48

2.8.4 A túlélőképesség és a gazdaságosság összefüggése	49
2.8.5 A harcászati vadászrepülőgépek megbízhatósági mutatói és a gazdaságosság..	49
2.8.6 Az élettartam költségek hatása az éves kiképzési tervek végrehajtására	50
2.9 Eredmények, következtetések.....	51
3. AZ ÜZEMBENTARTÁS SZINTJEI, SZERVEZETI ELEMEI ÉS A	
TEVÉKENYSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	53
3.1 Az üzembentartott repülőgép megbízhatóságának elemzése.....	56
3.2 Az üzembentartathatóság.....	57
3.2.1 A javításhoz szükséges átlagos helyreállítási idő.....	58
3.2.2 A tesztelhetőség.....	58
3.2.3 A személyi állomány szükséglet	59
3.2.3.1 A szakemberek iránti igény	59
3.2.3.2 A létszám	61
3.2.3.3 A személyi feltételek minőségi problémái.....	61
3.2.3.4 A munkakörülmények, ergonómiai tényezők hatása a munkavégzésre	63
3.2.4 Földi kiszolgáló eszközök	65
3.2.5 Ismételt felszálláshoz történő előkészítés.....	66
3.2.6 A repülőgép ellenőrizhetősége, annak hatékonysága.....	67
3.2.7 A beépített önellenőrző rendszer	69
3.3 Az anyagellátó rendszer logisztikai elve	69
3.4 Az üzemképesség fenntartásához szükséges tartalék alkatrész készlet	71
3.5 Eredmények, következtetések.....	73
4. AZ ÁLLAPOT SZERINTI ÜZEMBENTARTÁS KIALAKÍTÁSÁNAK ÉS	
BEVEZETÉSÉNEK ELVI ÉS GYAKORLATI KÉRDÉSEI	75
4.1 Átállás és annak módszere az állapot szerinti üzembentartásra	75
4.2 A repülőgépre korábban hatott terhelések vizsgálata a fedélzeti adatrögzítő	
adatai alapján.....	77
4.2.1 A számítási módszer elméleti megalapozásának fontosabb fordulékonyasági	
mutatói a manőverező vadászrepülőgépekre	79
4.2.2 Számolási metodika fedélzeti adatrögzítő adatai alapján.....	86
4.6 Eredmények, következtetések.....	89
5. A MIG–29 TÍPUSÚ REPÜLŐGÉPEK MEGHIBÁSODÁSAINAK ELEMZÉSE...	90

5.1 A megbízhatóság elmélet főbb kritériumainak alkalmazása	90
5.1.1 A vizsgálat felépítése.....	91
5.1.2 Sárkány meghibásodások elemzése.....	92
5.1.3 A hajtómű meghibásodásainak elemzése	95
5.1.4 KSZA berendezés.....	99
5.1.5 Szakág meghibásodások.....	101
5.2 Eredmények, következtetések.....	102
AZ ÉRTEKEZÉS KUTATÁSI EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE	104
HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE	109
MELLÉKLETEK	122

BEVEZETŐ

A NATO országok légierőinek többsége a légi fölény fenntartása érdekében állandó jelentős fegyverzet-korszerűsítési feladattal szembesül. A vadászrepülőgépek és fegyverzetük beszerzési, valamint járulékos költségei nemcsak a kisebb országok részére jelentenek nehézséget, ma már a fejlett országok számára is lényeges a megfizethető ár.

Figyelembe véve az utóbbi három évtized tapasztalatait – különösen az Öböl-háborúban és a Balkánon lefolytatott légi műveleteket –, kimutatható a légi harcok¹ számának, ezen belül is kis távolságú manőverező jellegének határozott csökkenő tendenciája. Ezek a légi harcok is többnyire a korszerűbb repülőtechnikát és fegyverzetet alkalmazó, minden oldalról magas fokú biztosítással támogatott saját repülőgépek által, a korszerűtlenebb technikát alkalmazó, vagy kevésbé támogatott és a veszélyhelyzetről kellő információval nem rendelkező ellenfél megsemmisítését jelentették.

A két fentebb említett konfliktusban – különösen a Balkánon – a szembenálló légi-erőket nem lehetett egyenrangú feleknek tekinteni, véleményem szerint jelentős különbség volt kimutatható a szembenálló vadászrepülőgép személyzetek kiképzettsége, az általuk használt repülőgépek mennyisége és harci hatékonysága között.

„Az USA, a NATO, vagy egy feladatra létrehozott koalíció légierői tevékenységében a légi harcok részarányának, és manőverező jellegének jövőbeni növekedése (ami a szembenálló felek közötti erőviszonyok közel kiegyensúlyozottságát feltételezné) – számításba véve a világ nagyobb országainak katonai-politikai helyzetét – nem valószínű” [Varga F.: p. 4].

Mégis mi az, ami arra készíti a tervezőket, hogy új gépek tervezésénél vagy meglévők korszerűsítésénél mégis kitüntetett figyelmet fordítsanak az üzemeltetésnek, a kiszolgálás korszerűsítésének fokozására?

A bonyolult katonai rendszerek, eszközök maximális hadrafoghatóságának (üzemképességének) optimális költséghatékony fenntartása az egyik legfontosabb feladat. A bonyolult harci eszközök állandó üzemképessége jelentős ráfordításokat igényel (javítás, tartalék alkatrészek biztosítása), amit az állami költségvetés kell hogy biztosítson. Tehát a kutatás arra kell irányuljon, hogy a fenntartás minimálás költség szintjét legyen

¹ *A légi harc:* „Egyes repülőgépek (helikopterek), csoportok (alegységek, egységek) tűzzel és manőverrel összekapcsolt harctevékenysége az ellenséges légi cél megsemmisítése, v. támadásának visszaverése céljából” [Repülési lexikon, Budapest 1991. Akadémiai Kiadó, p. 566.]. Más megfogalmazással: „... a légitámadás megütésére, a repülőeszköz megsemmisítésére irányuló fegyveres küzdelem a levegőben, az egyes repülőeszközök és kötelékek cél, hely, idő szerint egyeztetett manőverének és tűzének szervezett összessége.” [Szilágyi Tivadar: A légvédelmi és repülőcsapatok hadműveleti művészetének alapjai. Budapest, 1994. p. 109.]

képes biztosítani. Ezt jelentősen elősegíti korunkban az üzemeltetés-elmélet fejlődése a megbízhatóság-, a döntés és a rendszerelmélet alkalmazása, az egységes adatgyűjtő és értékelő rendszerek, a számítástechnika gyors térhódítása, a diagnosztikai és állapotazonosító módszerek terjedése, ami korunkban jelentősen felgyorsult. Az üzemeltetés a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata. Az üzemeltetés során az üzembentartók használják, tárolják, az üzembentartás keretében kiszolgálják (karbantartják), javítják a technikai eszközöket.

A megbízható, eredményes harcászati alkalmazhatóság mellett ugyanannyira fontos a gazdaságos üzemeltetés és hosszú élettartam, valamint a korszerűsíthetőségre való alkalmasság is [48].

Jelenleg a Magyar Légierő fegyverzetében az 1993-ban beszerzett MIG-29B és UB típusú repülőgépek vannak, illetve már megérkeztek a Gripen típusú repülőgépek, melyekre a személyi állomány kiképzése folyamatban van.

Ez a két repülőgép típus fogja meghatározni az üzembentartás módszereit a következő 5-10 évben. Ezért a fenti célok érdekében, ezen repülőgépek szerkezetét, üzemeltetési és üzembentartási sajátosságait elemzem, hogy általánosan is érvényes javaslatokat tegyek, mind a légi üzemeltetés, mind a földi üzembentartás, kiszolgálás korszerűsítésére a kitűzött célok elérésére.

Kutatásaim kezdete a vadászrepülőgépek beszerzéseit megelőző időszakra tehető, ezért az elért eredmények egy esetleges jövőbeni beszerzési folyamatban is felhasználhatóak lesznek.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Fedélteti Rendszerek Tanszékének főiskolai docenseként 1996 óta foglalkozom a különböző főiskolai műszaki tantárgyak oktatásánál a katonai repülőgépek üzemeltetése és a kiszolgálás korszerűsítése kérdéseivel. A dolgozat megalapozása során hosszú időn keresztül tanulmányoztam az üzembentartott vadászrepülőgépek tapasztalatait, elemeztem a meghibásodások keletkezését, az üzembentartási rendszer hatását a fenntartható üzemképesség szintjére. Napjainkban a technikai fejlődés üteme szükségszerűen magával hozta az ember-gép viszonyának jelentős átalakulását is. A korábbi hagyományos, egyirányú egyszerűsített (sematizált) kapcsolatot egy audiovizuális, látványorientált és egyben valóság-hű interaktivitás váltotta fel.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

1. Értekezésemben célul tűztem ki a katonai repülőgépek légi üzemeltetésének, földi üzemeltetésének, az üzemeltetési rendszerek szervezetének és működésének elemzését az előírt harckészültségi szint, a gazdaságossági és a működési megbízhatósági paraméterek maximális értékének fenntartása érdekében.
2. A vizsgálat során a hazai légierő repülőgépparkjának figyelembevételével, főleg a vadászrepülőgépekre koncentrálok, de a rendszerekkel és a követelményekkel kapcsolatos megállapításaim kiterjeszthetők lesznek a helikopterekre, szállító repülőgépekre, illetve felhasználhatók a repülőtechnikát üzemeltető és javító állomány szakmai kiképzésénél is.
3. Egy az üzemeltető tevékenységet értékelő, minősítő módszert, amely megbízhatósági jellemzők figyelembevételével és az elérhető maximális üzemképességi szint teljesülése mellett, az ország védelmi koncepciójának megfelelő, üzemeltetési rendszer és tevékenység kialakítását teszi lehetővé.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kutatási célok elérése, és a dolgozat elkészítése érdekében az alábbi módszereket alkalmaztam:

- tanulmányoztam az értekezés témájához kapcsolódó szakirodalmakat, célirányos kutatásokat folytattam könyvtárakban, a repülőcsapatoknál és az interneten;
- rendszereztem a megszerzett ismereteket;
- részt vettem nemzetközi és országos szakmai konferenciákon, ahol előadásokat tartottam, cikkeket publikáltam és tapasztalatokat szereztem;
- konzultáltam repüléstudománnyal foglalkozó és a repülőtechnika üzemeltetésében jártas szakemberekkel;
- az elvégzett munkáról kollégáimtól kértem és kaptam reflektálásokat, észrevételeket, segítséget, amelyeket beépítettem az elkészített dolgozatba;
- végrehajtottam a repülőgépek megbízhatósági vizsgálatait, amelyeket analizáltam;
- elvégeztem a megbízhatósági elemzéseket, melynek eredményeit értékeltem;

A témakör kutatásához az induktív és a deduktív módszer elemeit választottam. Az adatok gyűjtésére és azok elemzésére az induktív úton történő feltárás fázisában a megfigyelés, a beszélgetés és kikérdezés módszerét alkalmaztam.

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Az értekezés felépítését tekintve bevezetőből, 5 fejezetből, az értekezés kutatási eredményeinek összegzéséből áll és 4 melléklettel egészül ki. Az értekezés terjedelme 126 oldal.

A bevezetőben azokat a motivációs tényezőket írtam le, amelyek az értekezés megírására inspiráltak. Itt írtam le a kutatás aktualitását, a kutatás módszerét, itt fogalmaztam meg a kutatásom célkitűzéseit.

Az **1. fejezetben** ismertetem a légierő alkalmazhatóságát, alapvető képességeit. Bemutatom a repülőgépek kiválasztásának általános elveit, a katonai repülőgéppark cseréjének, kiegészítésének leginkább elterjedt módját - a vásárlást, és javaslatokat teszek magyar viszonyokra.

A **2. fejezetben** a katonai repülőgépek üzemeltetési rendszerén belül bemutatom a műszaki karbantartás és javítás szervezetét, az üzemeltetés módszereit. Meghatározom a célszerű üzemeltetési stratégiát a megbízhatóság elmélet által meghatározott főbb paraméterek alapján.

A **3. fejezetben** elvégzem az üzemeltetett repülőgép megbízhatóságának és üzemben tarthatóságának elemzését.

Az **4. fejezetben** kidolgozom az „üzemidő, naptári idő alapján üzemben tartott repülőgépek” üzemeltetési rendszerének korszerűsítésére, az állapot szerinti üzemeltetésre történő átállás megvalósítását.

A **5. fejezetben** elvégeztem a MIG-29 típusú repülőgépek meghibásodásainak elemzését a 4. fejezet gyakorlati eredményeinek bemutatásával.

Az **értekezés kutatási eredményeinek összegzésében** a célkitűzéseimmel összhangban elvégzett tudományos munkát összegzem és tézisekbe foglalom új tudományos eredményeimet. Ajánlásokat teszek az értekezés felhasználhatóságára.

1. A LÉGIERŐ ALKALMAZÁSÁNAK ALAPJAI

Napjainkban minden fegyver – így a légierő repülőgépei is – nem csupán hadviselési, védelmi eszköz de a veszély elhárításának nélkülözhetetlen tényezőjeként hozzájárulhat a kívánatos és célszerű katonai erőviszonyok fenntartásához, a katonai erőegyensúly biztosításához. A fegyverek meglétével és jelenlétével a benne rejlő lehetőségekkel, az alkalmazási eltökéltséggel, készséggel és készenléttel kell hatnia. A tényleges alkalmazásra azonban a haderőnek mindenkor készen kell állnia [72, S.6].

A ma korszerű eszközeivel vívott fegyveres küzdelemben szinte minden katonai művelet szükséges eleme a légierő. Hatásának nagyságrendjét tekintve meghatározó lehet bármely politikai, katonai, gazdasági célkitűzés elérésében, egyidejűleg vagy külön-külön is.

„A légierő tevékenykedhet a haditevékenységek teljes spektrumában, hadászati², hadműveleti³ és harcászati szinten⁴, nemzeti és szövetségi keretek között egyaránt. Alkalmas a többi haderőnem csapataival történő szoros együttműködésre, de önállóan is alkalmazható. Kiemelkedően gyors reagáló képessége, nagyfokú mozgékonyága és nagy hatékonysága révén a hadszíntér bármely pontján alkalmas a küzdelem kimenetelének befolyásolására, a saját erők fenyegetettségének csökkentésére. Hátrányos jellemzők a korlátozott tüzérő, az időjárás viszonyoktól való függés, a sérülékenysége, a bázisoktól való függés, az időben korlátozott alkalmazhatóság, valamint hogy alkalmazása viszonylagosan magas ráfordítást és folyamatos korszerűsítést igényel.” [MH Összhaderőnemi doktrína p. 54.]

A légierő hatékonysága nagymértékben függ az alkalmazott eszközök, fegyverek illetve fegyverrendszerek technikai színvonalától, a felhasznált technológia fejlettségétől. Míg a szárazföldi csapatok esetében, korszerű alkalmazási elvek alapján a nem feltétlenül a kor színvonalát képviselő eszközök is eredményesen használhatók, addig a légierő csapatai – az alkalmazott technológia gyors fejlődése következtében – csak korszerű, a szemben álló fél hadipotenciáljának megfelelő eszközök felhasználásával lehetnek eredményesek.

A légierő alkalmazhatósága, műveleteinek hatékonysága alapvetően a rendelkezésre álló erőforrások képességétől és felhasználhatóságától függ. Az erőforrások kiválasztása és el-

² Alapvetően az ország hadászati védelme fő célkitűzéseinek teljesítésére irányuló haderőnemek közötti összehangolt tevékenységet jelent. [37]

³ Magába foglalja a különböző haderőnemi és fegyvernemi csapatoknak az adott hadműveleti cél elérését biztosító összehangolt tevékenységét. [37]

⁴ Az együttműködésben résztvevő magasabbegységek, egységek és alegységek harcfeladat sikeres teljesítése érdekében összehangolt harctevékenységet jelent. [37]

osztása minden esetben a tényleges helyzet, a fenyegetés jellege és mértéke, az időjárási viszonyok, valamint a rendelkezésre álló információk alapján történik. A légierő erőforrása- it a repülőeszközök, a légvédelmi rakéta- és tüzéseszközök, a vezetési és irányítási rendsze- rek, valamint az információs- és elektronikai hadviselés eszközei jelentik.

A repülőeszközök kategóriája felöleli a harcászati, a felderítő és megfigyelő, a szállí- tó repülőgépeket, a pilóta nélküli repülőeszközöket, az elektronikai hadviselés repülő- gépeit, a harci, a fegyveres és a szállító helikoptereket, a légi riasztási és vezetési-, va- lamint a légi megfigyelő és célmegjelölő rendszereket. Ezek, a harctevékenység végre- hajtása során meghatározó jelentőséggel bíró eszközök jelentik a légierő műveleteinek legfontosabb és leghatékonyabb erőforrásait.

A légierő az alkalmazott eszközök sajátosságaiból, tevékenységük jellegéből fakadó- an rugalmas és sokoldalú. A két kifejezés, az értelmezésük hasonlósága ellenére eltérő jelentést takar. A rugalmasság révén a légierő – a szárazföldi csapatok lehetőségeihez viszonyítva – nagy távolságban és nagy kiterjedésben képes az erők tömeges alkalmazá- sára és a manőverek végrehajtására vonatkozó háborús elvek egyidejű kielégítésére. Hadművelati szinten a rugalmasság lehetővé teszi a hadműveletek célkitűzéseinek – harctevékenység végrehajtása során történő – gyors és lényegi megváltoztatását is. Ez a rugalmasság nem csak a légierő egészére, hanem az egyes fegyverek és fegyverrendsze- rek felhasználási lehetőségeire is igaz. Ennek megfelelően a körülményekhez való igazí- tás érdekében egy alapvetően közvetlen légi támogatásra alkalmazott repülőgép fel- használható például meghatározott körzetek elszigetelésére, vagy egy légvédelmi raké- tafegyver alkalmazható földfelszíni célok megsemmisítésére is. Ettől eltérően a légierő sokoldalúsága abból a tényből következik, hogy a légierő csapatai hatékonyan alkal- mazhatók hadászati, hadművelati és harcászati szinten egyaránt. A légierő sokoldalúsá- ga elsősorban a nagy kiterjedésű hadműveletek során kiemelkedő, mivel a nagy mozgé- konyságból fakadóan a szárazföldi csapatokhoz viszonyítva rövid idő alatt képes a harcmező tetszőleges pontján a meghatározott célok megvalósításának támogatására, a háború minden szintjén egyaránt.

„Meghatározó jelentőségű lehet, hogy a rendelkezésre álló erők mennyiségétől füg- gően a légierő egy időben több helyen, több célpont ellen is képes folyamatosan tevé- kenykedni, miáltal a szemben álló fél – egyidejűleg több helyen is kritikus helyzetbe ke- rülve – nem képes mindenhol a szükséges ellentevékenység folytatására” [80].

A légierő alkalmazásával tehát az ellenség maximális erőfeszítésre kényszeríthető. Az egyidejű tevékenység elmélete természetesen nem újszerű elgondolás, és nem csak a légierő sajátja, de a korszerű fegyverek, vezetési és irányítási valamint a felderítési rendszerek összehangolt alkalmazásával jelentősége egyre nő. Az egy időben folytatott hadászati jelentőségű műveletek során törekedni kell a rendelkezésre álló fegyverek és fegyverrendszerek gyors, tömeges és pontos alkalmazására, ami a szemben álló fél teljes bénulását eredményezve megkönnyítheti a szárazföldi csapatok tevékenységét.

1.1 A LÉGIERŐ ALAPVETŐ KÉPESSÉGEI

A haderő képességeit egységes rendszerként értelmezve a légierő természetéből fakadó alapvető képességek meghatározó jelentőséggel bírnak a célkitűzések sikeres megvalósítását illetően. Ebből következik, hogy egyetlen, a légierőre vonatkozó elmélet sem lehet teljes a légierő alapvető képességeinek meghatározása nélkül. Ezek a képességek természetesen nem az elméletekből következnek, hanem éppen ellenkezően a rendelkezésre álló repülőgép típusok képességei determinálják azokat, és a katonai vezetők csak ezek ismeretében lehetnek képesek a teóriák gyakorlatban történő alkalmazására.

„A légierő alapvető képességei tulajdonképpen a csapatai által végrehajtható feladatokból, illetve az alkalmazásuk eredményeként jelentkező előnyökből fakadnak, és jól tükrözik a személyi állomány szakmai ismereteit, tapasztalatait, valamint az alkalmazott technikai eszközök képességeit egyaránt.” [MH Összhaderőnemi doktrína p. 54.]

A légierő csapatainak tevékenysége azonban nem választható el a szárazföldi csapatok tevékenységétől, hanem azokkal szoros együttműködésben folyik. Ennek megfelelően az alkalmazásuk következményeként mutatkozó eredmények sem tekinthetők a szigorúan csak a légierő sajátjaiként.

Mindezen szempontok figyelembe vételével a légierő képességei az alábbiak [84]:

- **képesség a légi fölény kivívására:** A légtér feletti ellenőrzés képessége hatékonyabbá és biztonságosabbá teheti a saját csapatok tevékenységét, biztosíthatja a hadműveletek meghatározott helyen történő időbeni végrehajtását a szárazföldön és a levegőben egyaránt. Birtoklásával jobb lehetőségekkel rendelkezhetünk mind a támadás, mind a védelem területén, és jelentős mértékben elősegíthetjük a szárazföldi csapatok műveleteinek sikerét. A légi fölény legmagasabb szintje a légi uralom, amikor a szemben álló fél légierője már képtelen hatékony ellenállást kifejteni és befolyásolni a hadműveletek kimenetelét;

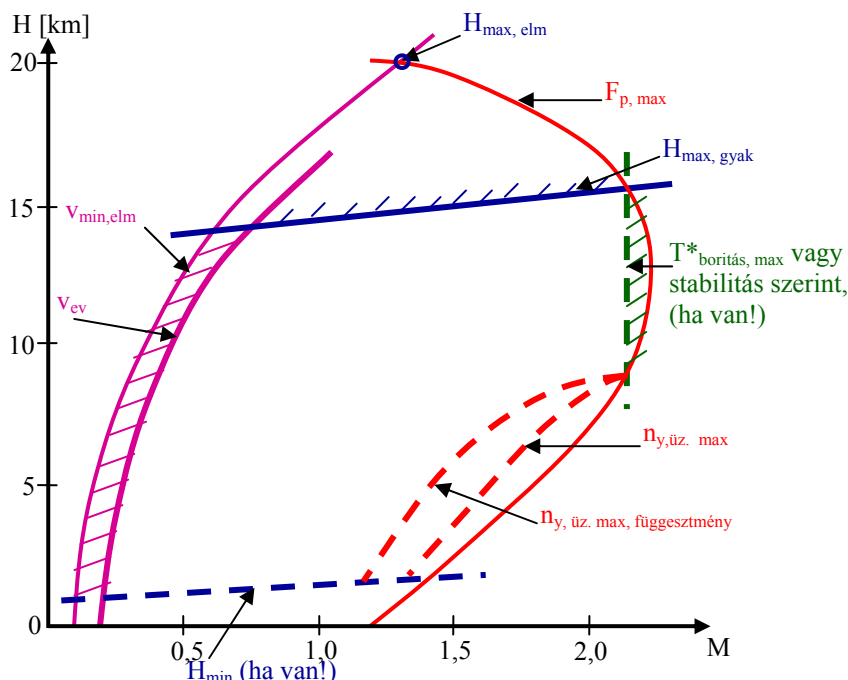
- **az objektumok megsemmisítésének pontossága:** A rendelkezésre álló erők és eszközök pontos alkalmazásának képessége a hadműveletek tervezésének és végrehajtásának minőségileg magasabb, tudatosabb szintjét eredményezheti. A csapások pontosságának köszönhetően könnyebben kielégíthető az erők meghatározott helyen és időben történő tömeges alkalmazásának igénye is. A nagy-pontosságú fegyverek és a korszerű információs rendszerek alkalmazása azonban a tömegesség újszerű értelmezését igényli, mely szerint a tömegesség már nem csak a kitűzött célok elérése érdekében alkalmazott nagy eszközmennyiség-re, hanem a csapások hatásának nagyságrendjére is vonatkozik;
- **információs fölény:** Az információk gyűjtésének, ellenőrzésének, hasznosításának és védelmének képessége az ellenség hasonló jellegű tevékenységének korlátozása mellett – a légi fölényhez hasonlóan – alapvető jelentőségű a katonai műveletek sikeres végrehajtásában;
- **nagy mozgékonyság:** A technikai eszközök mozgékonyságának kihasználásával a légierő magas szinten képes a hadműveletek támogatására és megkönnyítheti az előre nem látható, váratlan feladatok végrehajtását is;
- **támogató készség:** A támogatási feladatok végrehajtása nem csak a légierő feladata, de szállítási képességeit, nagy mozgékonyságát és pontos alkalmazásának lehetőségét tekintve – a korszerű kommunikációs eszközök lehetőségeivel integrálva – a légierő a támogatási rendszer meghatározó elemét képezi.

Tehát ezen képességek meghatározzák a várhatóan jelentkező eredményeket is. Természetes, hogy a szembenálló felek mindegyike törekszik a légtér nyújtotta lehetőségek kihasználására, illetve egymás ez irányú tevékenységének korlátozására. Ebben jelentős szerepet játszik a rendelkezésre álló repülőgépek manőverező képessége, fegyverzetének hatékonysága, együttműködési lehetőségei a célfelderítő és rávezető rendszerekkel. A légierő harctevékenysége azonban nem szűkíthető le a repülőcsapatok légi harcaira és légi csapásaira, illetve a légvédelmi rakéta- és tüzércsapatok légvédelmi harcaira. Tartalmi elemei között megtalálhatjuk a harc feladat végrehajtásával kapcsolatos támogatási feladatokat is.

A korszerű vadászrepülőgépek három alapvető feladat végrehajtására képesek. Ezek:

- a légi harc;
- a szárazföldi csapatok harcának légi támogatása;
- a földi és légi célok harcászati felderítése, megsemmisítése.

Általában a vadászpilóta tevékenysége a sebesség és a magasság 1.1 ábrán bemutatott határértékei között történhet az alábbi irodalmak felhasználásával [6, 9, 36, 43, 77, 95, 124, 133], amely kihat a repülőgépek üzemeltetésére is.



1.1. ábra. A repülőgépek magasság (H) és M-szám szerinti üzemeltetési tartománya

Az 1.1. ábrán látható rövidítések jelentése:

- v_{ev} – evolutív sebesség, az a minimális gyakorlati repülési sebesség, amellyel a repülőgép toló- vagy vonóerő változtatás nélkül is, képes legalább $n_y = \sqrt{2}$ túlerhelésű manővert végrehajtani;
- $v_{min,elm}$ – ez csak $c_{y,max}$ -nál (a legnagyobb felhajtóerő-tényező) lehetséges, ami α_{kr} (kritikus állásszög) miatt repülésbiztonsági szempontból nem alkalmazható;
- $H_{max,elm}$ – az a határmagasság, amelyen stabil repülés lehetséges a hajtómű maximális tolóereje mellett;
- $H_{max,gyak}$ – a repülőgép kategóriája szerint, annak meghatározott értékre csökkent maximális emelkedőképességéhez ($v_{y,max}$) kötött maximális gyakorlati repülési magasság. (Pl. $H_{max,gyak}$ a vadászpilótánál $v_{y,max} = 15 \text{ m/s}$ -ra csökkenésénél határozható meg);
- $n_{y,üz,max}$ – a repülőgépek szilárdsági korlátozása, döntően manőverező repülőgépeknél alkalmazzák;

$n_{y,üz,max,függ}$ – a repülőgépek szilárdsági korlátozása külső függesztménnyel;

H_{min} – repülésbiztonsági szempontból alkalmazható korlátozás, mely a robotpilóta programjába szerepel, vagy/és figyelmeztető jelzést (hang, fény, stb.) ad a repülőgép-vezetőnek;

$F_{p,max}$ – a hajtómű maximális tolóerő nagysága;

$T_{borítás,max}^*$ – $M=2,3$ felett vagy a v_{max} kinetikai felmelegedése szerinti korlátozási görbéje.

Az üzemeltetési értékek és paraméterek nagyban befolyásolják és visszahatnak a légierő alapvető képességeire és a repülőgépek harcászati képességek hatékony kihasználására.

A repülőgépek az ellenséges repülőgép elleni légi harcot általában a földközeltől 7-8 ezer méter magasságig tudják hatékonyan megvívni. Ettől nagyobb magasságban a levegő sűrűségének csökkenése növeli a fordulók sugarát, vagyis rontja a harci hatékonyságot. Ezt a legkorszerűbb repülőgépek a tolóerő vektor elfordításával kompenzálják, ami jelenleg csak a fejlesztés alatt levő repülőgépeken megoldható.

A téma elemzésénél a rendelkezésre álló repülőgépek képességeiből kiindulva, melyeket jelentősen növelhetik az alkalmazható fegyverek. A hatékonyság vizsgálatnál két tényezőt, kell ütköztetni:

- a repülőgéppel elérhető harcászati eredményt, illetve
- az ehhez szükséges gazdasági ráfordításokat.

A harcászati gazdasági optimumot mindig csak konkrét repülőgépre lehet meghatározni. Ez lehet az alapja – a végrehajtandó feladatok függvényében – a repülőgépek képességei, illetve az ahhoz tartozó költségek összehasonlításának.

A továbbiakban a repülőgépek képességei, azok üzemeltetése, üzemeltetése vizsgálatánál az elérendő, vagy elért képességeket mindenütt szembe állítom a ráfordítások költségeivel, mégpedig nem kereskedelmi árakkal, hanem az azokat megalapozó speciális, minősítő megbízhatósági jellemzőkkel, szükséges berendezésekkel, fenntartási költségekkel.

1.2 ÚJ REPÜLŐGÉPEK KIVÁLASZTÁSA

A korszerű haditechnikai eszközök kifejlesztése és beszerzése egyre nagyobb anyagi ráfordítást igényel. Az újabb és korszerűbb eszközöknél törekedni kell valamilyen optimumra a fegyverzeti technikai szükségletek kielégítése és a még elviselhető beszerzési és fenntartási költségek között. Mindez természetesen igaz a korszerű haditechnika egyik leggyorsabban fejlődő területére, a repülésre is. [S.15, S.18]

A korszerű légielő fenntartása ugyanúgy költségérzékeny „vállalkozás” mint bármely más feladat, szolgáltatás elvégzése. A repülőgépek üzemeltetésekor teljes élettartam ciklus költséggel számolnak. Ebbe a költségbe minden, a repülőgépek beszerzésével, használatával, karbantartásával, javításával, modernizálásával, sőt az üzemeltetés befejezésekor a gépek újrahasznosításával, illetve környezetkímélő újra feldolgozásával kapcsolatos összes költséget számításba kell venni. Sok esetben ennél is tovább mennek és a légielő feladatának ellátására felhasználandó költséggel, azaz a fegyverzet megvásárlásával, üzemképes állapotban tartásával is számolnak [49].

Hazánkban évek óta foglalkoztak a hadsereg, ezen belül a légielő korszerűsítésének folyamataival, ami a korábbinál kisebb, rugalmasabb, hatékonyabb és jobban finanszírozható légielő létrehozását célozta. Mivel a repülőgép beszerzés a Gripen 2001. szeptember 10-i lízingelésével⁵, illetve a már korábban beszerzett 12 plusz 2 db MIG-29 szintén 2001 novemberében megkezdett helyreállításával, üzemidejének meghosszabbításával „eldőlt”, középtávon sem újabb repülőgép beszerzés, sem további lízingelés nem várható⁶. Ezért a feladat most az, hogy megfelelő üzemeltetési módszerek kialakításával ezeket a repülőgépeket, gazdaságosan minél tovább rendszerben tudjuk tartani. Mindkét repülőgéptípus képes az 1.1. ábrán feltüntetett légteret harcászatiilag maximálisan kihasználni, illetve megfelelő utánmunkálással, szoftvercserével (csak a Gripen) alkalmassá tehető a mindenkori legkorszerűbb fegyverek hordozására és célba juttatására.

⁵ A nemzetbiztonsági kabinet 2001. szeptember 10-én döntést hozott 14 Gripen bérletéről, egyúttal intézkedtek arról is, hogy a készütségi szolgálat folytonosságának a fenntartása érdekében 14 MiG-29-esen hajtásák végre az elkerülhetetlenné vált üzemidő hosszabbítást. Ezen munkálatoknak két célja volt: az egyik az, hogy a gépek üzemidejét három évvel, illetve 300 repült órával meghosszabbítsák (9 évről 12 évre, 800 óráról 1100 órára), másik pedig, hogy ezzel párhuzamosan kidolgozzanak egy új üzemeltetési stratégiát, amellyel technikai lehetőséget teremtenek a repülőgépek esetleges, 2005-ön túli rendszerben tartásához. [137]

A magyar kormány, illetve a svéd Gripen International cég meghatalmazottja 2001. december 20-án írta alá azt a szerződést, amelynek értelmében Magyarország tíz évig 14 darab Gripen típusú vadászrepülőgépet bérel a svéd légielőtől 108 milliárd forint értékben. A svéd fél a megállapodásban a bérleti érték 110%-os ellentételezését vállalta, amelynek 30%-át beruházásként, míg a fennmaradó hányadot közvetlen vásárlásként vagy a Svédországba irányuló magyar export növekedését eredményező üzleti tevékenységgel kell teljesítenie. [35]

A 2002. május végén hivatalba lépő kormány honvédelmi minisztere, Juhász Ferenc jelezte, hogy a Gripen szerződést elsősorban az ellentételezés és a NATO kompatibilitás szempontjából felülvizsgálja [97].

Ennek eredményeként a tárgyaló felek, a Svéd Honvédelmi Eszközgazdálkodási Hivatal (Swedish Defence Material Administration/FMV) és a Magyar Honvédelmi Minisztérium Beszerzési és Biztonsági Befektetési Irodája (ASIB = Acquisition and Security Investment Bureau), 2003. február 03-án ünnepélyes keretek közt aláírták a 2001-ben kötött bérleti szerződést módosító dokumentumot.

Ezzel, a tizenkét (12) darab együléses és két (2) darab kétüléses vadászgépre vonatkozó bérleti és vásárlási megállapodással Magyarország harminc évre biztosította légierejét. A legjobb áron beszerzett, kiemelkedő minőségű áru, a legjobb finanszírozási feltételekkel és hosszú távú ipari együttműködéssel járó megállapodás, Magyarország számára jelentős haszonnal jár.

⁶ Véleményem szerint a MIG-29 típusú repülőgépek 2009 utáni rendszerben tartásának felülvizsgálata megfontolás tárgyát kell képeznie.

1.2.1 Általános elvek

A szakirodalmakat tanulmányozva [41, 44, 92, 93, 94, 96] elmondható, hogy minden újabb vadászrepülőgép-generáció megjelenésével szűkül a típusválaszték. Ennek okai az alábbiak:

- a tudományos technikai fejlődés lehetővé tette valamennyi harcászati-műszaki jellemző nagymérvű javítását, valamint a korábban csak egy-két részfeladatra alkalmazott, egymástól lényegesen különböző, többféle vadász-(támogató) repülőgép-kategória kiváltását néhány olyan típussal, amelyek a repülőfegyvernemmel szemben támasztott valamennyi követelménynek megfelelnek;
- a technikai fejlődés, valamint a folyamatos korszerűsítések nyomán az előállítási költségek és a vételár nagyságrenddel növekedett, ami az előállítható (eladható) szériák nagyságát korlátozta; (véleményem szerint azonban a technológia fejlődése terén elért eredmények széleskörű hasznosításának egyre inkább pénzügyi akadályai lesznek, a minőség érdekében egyre többet kell majd feladni a mennyiség oldaláról).
- a jövő légi harcában a repülőgépek sebességének és magasságának számottevő változása nem várható. A repülőgépeknek továbbra is képesnek kell lenni a harctevékenységi körzet gyors, és gazdaságos üzemmódon történő megközelítésére.

Míndezek együttesen egy szűk körű, ezáltal gazdaságosan előállítható és sokoldalúan felhasználható típusválaszték kialakítását indokolják. A repülőeszközök kiválasztásánál elsőként részletesen elemezni kell – szükség esetén repülő fegyvernemenként – a megvalósítandó feladatkört. Továbbá a számításba jöhető típusonként kiszámítandó a – legalább minimálisan – szükséges géplétszám.

Figyelembe véve mindazon gazdasági és pénzügyi lehetőségeket, amelyeket ezen célra lehet fordítani, majd segítségével meghatározandó:

- a számításba jöhető géptípusok közül (különböző kereskedelmi-pénzügyi konstrukciókban) hány repülőeszköz beszerzése lehetséges és ez elégséges-e a kitűzött feladatok megoldására;
- milyen anyagi-technikai, kiszolgálási háttér biztosítható, figyelembe véve a meglévő eszközpark és infrastruktúra alkalmazhatóságát.

A védelmi képességek fenntartása mellett, a gazdasági lehetőségek összeegyeztetésével kell kiválasztani a pótlás számításba jöhető legcélszerűbb módozatát, mely alapvetően valamely meglévő géptípus felújítása, más géptípus bérlete (lízingje), illetve új gép gyártása vagy vásárlása lehet [92, 93, S.14, S.18].

1.3 KATONAI REPÜLŐESZKÖZÖK VÁSÁRLÁSÁNAK LEHETŐSÉGE

A katonai repülőgéppark cseréjének, kiegészítésének leginkább elterjedt módja a vásárlás, mely – megfelelő tőkefedezet, illetve hitelkonstrukció esetén – országunk számára is a legcélszerűbb beszerzési mód, mivel a legkedvezőbb rendelkezési, fejlesztési és alkalmazási autonómiát biztosítja a tulajdonosnak, hosszú távú felhasználás esetén alacsonyabb a bekerülési költsége minden más megoldásnál, és végül jó választás esetén a védelmi képesség valóban a legmagasabb színvonalon valósul meg.

Katonai repülőeszközök vásárlásánál a velük megvalósítandó feladatok, a földi és légi üzemeltetés személyi, tárgyi feltételrendszere, valamint az anyagi lehetőségek megbízható, részletes tisztázását követően – sor kerülhet a számításba jöhető típus(ok) kiválasztására. Mindenekelőtt az új, de korlátozott mértékben használt gépek beszerzésénél már standard specifikációként meglehetősen széles választék áll rendelkezésre. Ezek köre tovább bővíthető, illetve variálható, alapvetően az opciókatalógusból, de végső soron akár hajtóművet, akár fegyverzetet vagy a legkorszerűbb avionikát tekintve – tetemes pluszköltségért – bármilyen, technikailag megvalósítható megrendelői igényeknek megfelelő konfiguráció is kialakítható.

Nemzetközi gyakorlat szerint a számításba jöhető típusokat első közelítésből külön-külön szakmai munkacsoport vizsgálja meg, élén egy-egy project managerrel. Mind-egyik munkacsoportban azonos arányban kell, hogy legyenek:

- minden repülőműszaki ágazat nagy tapasztalatú mérnökei;
- repülőgépvezetők;
- külkereskedelemben jártas pénzügyi referensek;
- mérnök közgazdász szakemberek.

A beérkező konfigurációs árajánlatok feldolgozására, összehasonlítására 12-36 hónap szükséges. Ez alatt az egyes típusok vizsgálatára kijelölt munkacsoportok a gyártótól, szállítótól érkező, nagy mennyiségű dokumentumokat feldolgozva, illetve helyszíni vizsgálatokat folytatva, egymástól függetlenül végzik munkájukat. A projekttervezés a tervdokumentumok elkészítésével zárul, melyek közül a legfontosabbak [92, 93, 96, S.8]:

- *a projekt struktúraterv*: ez tartalmazza a teljes feladatot, felbontva részfeladatokra és munkacsoportokra, az adott repülőgép harcászati, műszaki jellemzőit, a harci alkalmazás lehetőségeit, a légi-földi kiszolgálás főbb mutatóit és azok kapcsolatrendszerét;
- *részletes hálóterv*: amely tartalmazza a beszerzés részletes időtervét, a kipróbálás, az ellenőrzés és az átvétel terveit, a légi-földi üzemeltetés alternatíváit, az össz- és javításközi üzemidők lehetséges ütemtervét, belső kapcsolódásait, valamint illeszthetőségét a meglévő szervezeti és kiszolgálási struktúrához;

- *költségterv*: részletesen bemutatja a vizsgált típus különböző hitelkonstrukcióban történő beszerzési költségeit, beleértve a kapcsolódó infrastrukturális, fegyverrendszer-vásárlási, valamint egyéb várható közvetett kiadásokat;
- *az erőforrás-szükségleti és biztosítási terv*: egybeveti az adott típus esetében az eladó részéről felkínált törlesztési ajánlatokat a saját lehetőségekkel, illetve elemzi a bevonható fedezeti és biztosítási források körét.

A projekt megvalósításában általában műszaki, gazdasági, politikai és szociokulturális természetű kockázatokkal lehet számolni.

Bármilyen megfontolások is kapjanak prioritást a döntésnél, a vételár – még a legkedvezőbb hitelkonstrukció esetén is – meghatározó jelentőségű marad.

Az eladásra tervezett katonai repülőeszközök kínálati áránál csak korlátozott összehasonlítási lehetőség van, mivel az adatok általában nem ugyanazon naptári évre vonatkoznak, valamint a kínálati árak üzletpolitikai szempontból a széles nyilvánosság számára gyakran nem publikusak (lásd 1. melléklet) [93, 96, 100, 101, 117, 127]. Ennek oka, hogy a mindenkori kereslet-kínálat viszonya, a típusra bevezetett technikai módosítások, a vevő tökéreje, hitelképessége, tárgyalási pozíciója és a keresztfinanszírozási lehetőségei, valamint a vásárolni kívánt mennyiség jelentősen módosíthatja a kínálati árat.

További lényeges szempont, hogy az árak csak a minimálisan szükséges elektronikai felszerelést foglalják magukba, a fegyverzetet (kivéve a géppuska és/vagy gépágyú) valamint az infrastruktúrát nem. A kínálati árhoz képest az utóbbiak a tényleges beszerzési árat további 30–60%-kal növelhetik.

Az elektronika és fegyverzet esetében jelentős költségnövelő hatása van a találati pontosságnak, a zavarvédelemnek, illetve a megsemmisítési valószínűségnek.

Ha visszatekintünk az elmúlt 15–20 évre és megfigyeljük pl. az USA katonai repülőgépeinek, valamint a hozzájuk tartozó rakéta- és bombafegyverzet árváltozásait, megállapíthatjuk, hogy:

- a fegyverzet és ezen belül is a nagy találati pontosságúak fajlagos árnövekedési üteme lényegesen meghaladja a repülőgépekét;
- a kor és a környezet által meghatározott hatékony védelmi képesség csak egy, reálértékben is enyhén növekvő katonai költségvetés mellett tartható fenn.

Ez az árnövekedési tendencia nem csak az egyre korszerűsödő fegyverek esetében igaz. Egyazon megsemmisítő eszközknél, amennyiben a találati pontossága számottevően növekszik, úgy az ára is akár nagyságrendekkel növekedhet. A kutatások viszont egyöntetűen a nagyobb találati pontosságú fegyverek hatékonyságát és gazdaságosságát igazolják. A beszerzési költséget tovább növelheti még a gyártási költségek nem tervezett növekedése.

Esetleges új konstrukciójú repülőeszköz vásárlása esetén számításba kell venni azt, hogy a fejlesztési programban reklámozott ár a kibocsátás idejére akár jelentősen is megnőhet [27, 92, 93, 94, 96, S.15, S.18].

1.4 EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A leírtak eredményeként megállapítom, hogy a vadászrepülőgépeknek a sebesség és magasság szerinti üzemeltetési tartományon belül kell tevékenykednie, mivel ezek nagyban befolyásolják és visszahatnak a légierő alapvető képességeire és a repülőgépek harcászati képességek hatékony kihasználására, valamint az üzemeltetési értékekre és paraméterekre.

A repülőeszköz beszerzése esetében egy nagyon sokrétű, mindenre kiterjedő gazdaságossági számítást kell végezni minden egyes szóba jöhető eszközre és az eredmények, valamint a szükségletek függvényében lehet csak a döntést meghozni. Magyar viszonyokra az alábbiak tűnnek reálisnak:

- a szükségletek és a gazdasági lehetőségek figyelembevételével a vételár már önmagában egy korlátozott választási lehetőséget és tájékozódást tesz lehetővé;
- nem szabad az olcsóságot figyelembe venni, hiszen a védelemhez szükséges repülőeszköz létszámot csak minőségi géptípusokkal érdemes ellátni⁷;
- ha a fentieket elfogadjuk rendezőelvnek, akkor repülőharcászati és a földi-légi üzemeltetés hazai követelményeinek megfelelő repülőeszközök közül (és csak ezek sorából) a legkedvezőbb hitelfeltételekkel rendelkezőt kell megtalálni.

A hazai feladatok megoldásához többfunkciós repülőgépek kellenek, tehát olyan magyar légierőt kell fenntartani, amely megfelelően képes ellátni a felderítést, a közel légi harcot, a légi ellenség megsemmisítését a látóhatáron túl, a földi csapatok támogatását és az elrettenítő légi csapást, miközben megfelelő együttműködési képességgel rendelkezik.

Végezetül – nem csak magyar specifikumként – megállapítható, hogy önmagában a legkorszerűbb repülőeszköz beszerzése sem garantálja a magas színvonalú honi-, illetve légtérvédelmet. Ez csak egy megbízható korszerű honvédelmi, illetve üzemeltetési rendszerben realizálható, melynek a légi jármű is része. A legmegfelelőbb típust megtalálni e célra, majd azt gazdaságosan és hatékonyan alkalmazni csak hosszas, sokoldalú elemzések és számos kompromisszum eredményeként sikerülhet.

⁷ Különösen igaz ez a védelem csapásmérés alapvető eszközeire a vadászrepülőgépekre és harci helikopterekre.

2. A KATONAI REPÜLŐGÉPEK ÜZEMBENTARTÁSI RENDSZERE

Ebben a fejezetben szakirodalmi hivatkozások felhasználásával összefoglalom az üzemeltetés fejlődését, alapfogalmait, az üzemeltetési stratégiákat, az üzemeltethetőséget meghatározó főbb tulajdonságokat (javíthatóság, technológizáltság, diagnosztizálhatóság). Ismertetem a megbízhatóságot és annak leggyakrabban használt mérőszámait.

Bemutatom, a vadászrepülőgépekkel szemben támasztható különböző követelményeket és azok gazdaságossági összefüggéseit. A fejezet témájával a [4, 6, 19, 26, 29, 33, 38, 39, 51, 52, 54, 55, 73, 74, 75, 86, 92, 93, 96, 105, 106, 110, 111, 112, 121, 126, 131, 132, 136, S.11, S.13, S.14, S.17, S.20] szakirodalmak részletesebben foglalkoznak.

2.1 AZ ÜZEMELTETÉS FEJLŐDÉSE

A műszaki karbantartás elmélete és gyakorlata a repülőgépek viszonylag rövid 90 éves fejlődése alatt nagymértékben kiszélesedett. Az üzemeltetést a kezdeti időszakban az esetlegesség jellemezte. Ekkor még többnyire az emberek odaadásán és tapasztalatán múlt, hogy milyen szinten képesek a gépek karbantartását elvégezni. A karbantartási stratégiára a meghibásodás szerinti üzemeltetés volt a jellemző. Többnyire akkor nyúltak a repülőgéphez, ha az üzemképtelenné vált.

Az 1945–1950-es években a repülőgépeket már a tervszerű megelőző karbantartás szerint kezdték üzemeltetni. Tehát tervszerűen, adott üzemidő ciklusonként olyan karbantartási és javítási munkákat végeznek, amelyek célja a meghibásodások feltárása, elhárítása és megelőzése [S.17, S.20].

1958-ban jóváhagyták a műszaki biztosítás és javítás egységes programját, mely lehetővé tette a légi társaságok számára a gázturbinás hajtóművek javításközi üzemidejének növelését, meghatározott műszaki és biztonsági követelményeknek való megfelelés alapján [92, 93].

Az 1962–64-es évek között kiadott rendeletekkel szabályozták az állapot szerinti, illetve a fenti programnak megfelelő üzemeltetés bevezetését a légi társaságoknál.

1968-ban a Boeing és a FAA⁸ közösen kidolgozták az MSG-1⁹ műszaki biztosítási és javítási rendszert a B-747 óriás gép számára. Ebben határozták meg először elméletileg is megalapozottan és párhuzamba állítva az üzemidő, műszaki jellemzők és megbízhatósági szint szerinti üzemeltetési stratégiákat.

⁸ Federal Aviation Administration – Szövetségi Légügyi Hatóság.

⁹ Maintenance Steering Group – egységes szemléletű műszaki karbantartási rendszert, döntési logikát kidolgozó testület.

Az 1970–1975-ös évektől a karbantartási rendszerbe a számítógép is „belépett”¹⁰, azaz egy számítógéppel támogatott karbantartási rendszer is létrejött. 1970-ben az MSG–1 általánosítása, illetve továbbfejlesztése eredményeként kiadták az MSG–2-t (ez az úgynevezett állapot szerinti karbantartás, amelynek a széles körű elterjedése a gyakorlatban, az 1970–80-as években kezdődött meg), mely már valamennyi korszerű repülőgéptípus üzemeltetéséhez és javításához alkalmas eljárásközpontú alapidokumentum volt.

1980-ban az MSG–2-t továbbfejlesztve megjelent az MSG–3 megbízhatóságközpontú eljárás, amelyben a karbantartási előírások kidolgozása ennek megfelelő logikai folyamat alapján megy végbe.

Az 1980-as évek közepétől a Boeing megkezdte a korábbi tapasztalatok felhasználásával az MSG–4 eljárás kimunkálását, melynek fő szempontjai a logikai rendszer további racionalizálása, a hajózószemélyzet ellenőrző szerepének kiiktatása és a karbantartási munkavégzési előírások rugalmasabbá tétele.

2.2 ÜZEMELTETÉSI ALAPFOGALMAK

A légi járművet az összes funkcionális elemeivel, egységeivel, rendszereivel és berendezéseivel együtt az **üzemeltetés tárgyának** nevezzük.

Az **üzemeltetés**¹¹ a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata, az üzemeltetés során az üzembentartók használják, tárolják, az üzembentartás keretében kiszolgálják (karbantartják), javítják a technikai eszközöket. Az **üzembentartás** az üzemeltetett (használt, alkalmazott) technikai eszközök üzemképes állapotban tartására és adott feladat végrehajtására való alkalmazhatóságának növelésére irányuló tevékenységek összessége. Az **üzemeltetés célja** a technikai eszköz műszaki állapotának és a működés biztonságának fenntartása, valamint az üzemeltetés tárgyának rendeltetésszerű felhasználásának biztosítása [4, 6, 105, 111, 112, 121, 126, 136].

A repülőgépek üzemeltetése a repülő üzem keretei között valamilyenfajta **üzemeltetési rendszerben** történik, ami

- a repülőgépek vagy repülőeszközök;
- azok kiszolgálását, ellenőrzését, karbantartását, javítását szolgáló berendezések;
- az üzemeltetést végző (műszaki) állomány, repülőgép-vezetők;

¹⁰ Az IL–86-os típusú repülőgéphez 200 analóg és több mint 400 egyszeri jelet rögzítő fedélzeti adatrögzítőt fejlesztettek ki. Ma már a legtöbb repülőgépen fedélzeti számítógép is van. Az információk rögzítése, gyors kiértékelésük nagy lehetőségeket nyitott meg a repülőgép karbantartás előtt.

¹¹ A honvédelmi miniszter 21/1998. (XII.21.) HM rendelete tartalmazza az üzemeltetés, üzembentartás és egyéb a repülőgépek fenntartásával kapcsolatos előírásokat, meghatározásokat. „Az üzemeltetés a légi járműnek a légi közlekedésre történő előkészítése és használata”[1].

— és az üzemeltetést irányító szervezet¹²
együttes működése folytán valósul meg.

Az **üzemeltetési folyamat** üzemvitelből (üzembentartás és légi üzemeltetés), üzemállapotokból és a köztük fennálló kapcsolatokból épül fel. Az **üzemvitelt** a repülőgépek üzemeltetési állapotainak időbeni sorrendisége alkotja, amely egy adott üzemeltetési rendszerben előírásokkal előre szabályozott.

A két folyamat közti kapcsolatot az előírások, rendelkezések, végrehajtási utasítások, technológiák rendszerére épülő karbantartás és javítás alkotja. Ezen keresztül valósul meg az üzemeltetési folyamat irányítása, ilyen módon valósul meg az üzemállapot fenntartását célzó üzembentartás. Tehát az **üzembentartás feladata** a beépített megbízhatósági szint fenntartása.

Műszaki **megbízhatóság**: a haditechnikai eszköz szerkezetének (rendszerének, berendezésének, elemének) vagy akár egész üzemeltetési (üzembentartási) rendszerének azon tulajdonsága, hogy az előírt funkciót teljesíti, miközben meghatározott üzemeltetési mutatók értékeit az üzemeltetés, a műszaki karbantartás, a javítás, a tárolás és a szállítás előre megadott üzemmódjai feltételeinek megfelelő, előírt határok között, időben megőrzi.

Meghibásodás: a repülő eszköz (rendszer, elem, berendezés vagy alkatrész) üzemképessége megszűnik, tovább nem üzemeltethető.

2.3 A REPÜLŐTECHNIKA ÜZEMELTETÉSI, KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁJA

Azt az előírásrendszert, amely lehetővé teszi a műszaki üzemeltetés folyamatának és ezen keresztül a repülőeszköz, mint az üzemeltetés tárgya üzemállapot-változási folyamatának olyan irányítását, amelyben üzemi megbízhatósága, repülésbiztonsága és harckészsége, az előírt szinten marad, **üzemeltetési stratégiának** nevezik.

Egy kicsit szabadabban fogalmazva üzemeltetési stratégiának nevezzük a repülő eszközök repülésbiztonság szempontjából előírt szabályrendszereinek megfelelő munkaszervezési folyamattal elvégzett tevékenységek sorát.

Feladata: olyan tevékenységek, folyamatok elvégzése, végrehajtása, melyek során a repülőtechnika meghibásodási mutatói a repülésbiztonság által megadott szintek alatt vagy fölött van.

A **karbantartási stratégia** célja az, hogy a lehető legnagyobb számú meghibásodás megelőzésével (időbeni elhárításával) minél kedvezőbbek legyenek a megbízhatósági mutatók.

¹² A repülőeszközöket a világon mindenhol speciálisan erre a célra létrehozott szervezet, illetve személyi állomány tartja üzemben a földön, esetenként részfeladatokat ellátva a levegőben is. A Magyar Honvédségen belül ez a szervezet a Repülőműszaki Szolgálat (RMSz), mely elnevezésében, felépítésében sok közös vonást hordoz más országok hasonló szervezeteivel (Aircraft Engineering, Инженерная Авиационная Служба).

Meghibásodási mutatók: Azon stratégiai paraméterek összessége, melyeknek elemzésével megadható egy repülőtechnika üzemképes, nem előírásos, üzemképtelen mivolta.

Az üzemeltetett repülőeszközt, annak alkatrészeit, berendezéseit és szerkezeti elemeit körültekintő vizsgálatok után, különböző üzemeltetési módszerek szerint sorolják be és a szükséges karbantartásokat, berendezéscseréket ennek alapján végzik. Az alkalmazott stratégiák a következők lehetnek [13, 39, 51, 92, 93, 105, 111, 121, 126, S.14, S.17, S.20]:

- üzembentartás a meghibásodás bekövetkeztéig;
- kötött üzemidő (hard time) szerinti üzembentartás;
- megbízhatósági szint (reliability) szerinti üzembentartás;
- folyamatosan ellenőrzött műszaki állapot szerinti (on condition) üzembentartás;
- szakaszosan, időszakonként ellenőrzött (diagnosztizált) műszaki jellemzők szerinti üzembentartás.

A meghibásodás bekövetkeztéig történő üzembentartás: egyes nem kritikus berendezésekre vonatkozik, ezek általában nem javíthatók, ezért nem tartalmaz semmilyen karbantartó, javító tevékenységet, észlelés esetén csere alkalmazható. Olyan eszközöknél alkalmazzuk ezt a stratégiát, melyek meghibásodása következménymentes.

A kötött üzemidő szerinti üzembentartás (vagy tervszerű megelező karbantartásnak is nevezik): az adott berendezés vagy rendszer műszaki üzemidejére vonatkozó adatok, a korábbi üzemeltetési körülmények között meghatározott meghibásodási idő alapján végzett gyakorisági vizsgálatok alapján kerülnek meghatározásra. Előre meghatározott üzemelési idő (üzemóra, repült óra, naptári idő, ciklusszám, leszállásszám stb.) teljesítése alapján szabályos időközönként (ciklikusan) hajtanak végre berendezés cserét vagy karbantartási és javítási munkákat.

Az ellenőrzések közötti időt úgy kell meghatározni, hogy a műszaki állapotra jellemző paraméter értéke megfelelő valószínűséggel ne tudjon a megengedett, illetve a meghibásodást jelentő értékek közti különbséggel változni.

Az átállás más stratégiákra azért nem lehetséges, mert a gyártó cég előírja a felhasználónak a stratégiáját, az üzemeltetését, s nincs mód a változtatásra (nincs lehetőség statisztikus diagnosztikai rendszerek csatlakozására).

Megbízhatósági szint szerinti üzembentartás: ha a meghibásodások gyakorisága egy bizonyos, előre megadott szint alatt van (adott repülőgépparkra és időszakra meghatározott maximálisan megengedhető meghibásodások száma), akkor a vizsgált rendszer vagy berendezés rendszeres karbantartás és javítás nélkül tovább üzemeltethető. Ez a módszer csak akkor alkalmazható, ha a műszaki üzemeltetési rendszer lehetővé teszi a meghibásodások pontos rögzítését, gyűjtését és folyamatos kiértékelését.

Az állapot szerinti üzemeltetés: folyamatosan ellenőrzött műszaki jellemzőkről beszélünk, melyek a beépített önellenőrző rendszerek folyamatos adatfeldolgozásával, érzékelésével vannak megoldva.

Tehát mérési csatlakozókkal rendelkezünk, amelyre a gépből paraméterek hívhatók le, állapotok, helyzetképek a műszerekről. Az adatokat le lehet menteni számítógépre, fel lehet dolgozni. A csatlakozókat úgy kell kialakítani, hogy a meglévő paraméterek közül, csak azt a 10, 15 paramétert vegyük le, amelyből meg lehet állapítani az üzemképességet. Ehhez olyan feldolgozó egység, szoftveres támogatás kell, hogy a hibabehatárolás minél rövidebb legyen.

A szakaszosan, időszakonként ellenőrzött (diagnosztizált) üzemeltetés: a vizsgált rendszerben beépített, a műszaki jellemzők mérésére szolgáló adókra vagy berendezésekre diagnosztikai időket, bizonyos ciklikusságot (szabályosságot) írunk elő.

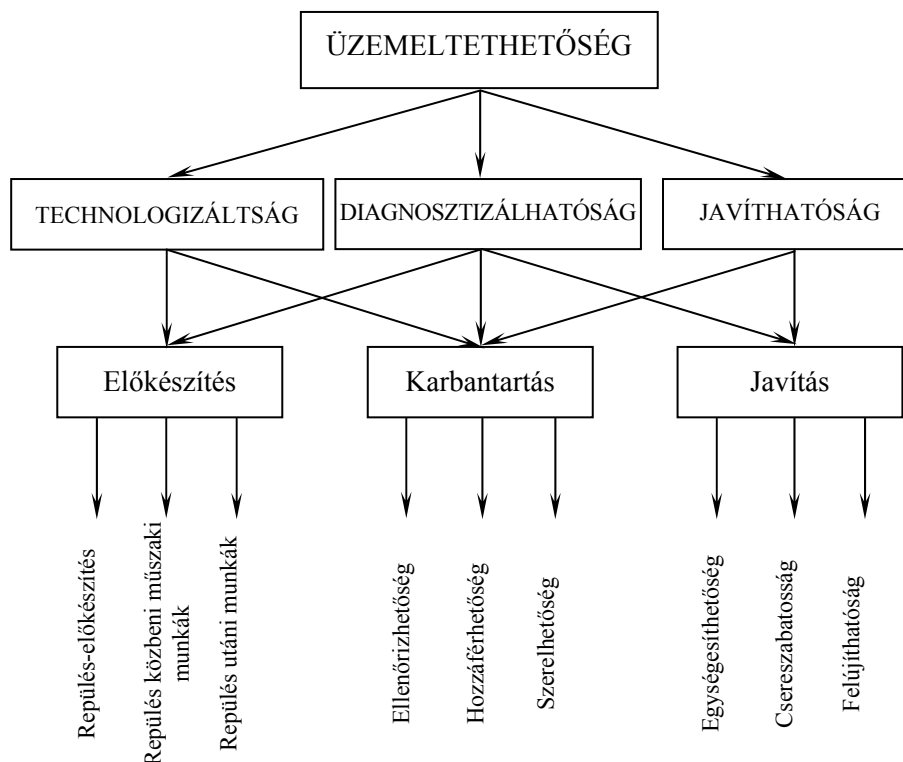
Ennél a rendszernél a tervezés során előre meghatározzák az alkatrész, vagy berendezés, esetleg a teljes szerkezet fáradási paramétereit az első jellegzetes meghibásodás megjelenésének időpontjáig a számított terhelések függvényében, és ezt a gyártáskor beépített berendezéssel figyelgetik. Az észlelő berendezés a konkrétan mért terhelési jellemzőket a működési idő függvényében rögzíti. Az adatok a feladatok után letölthetők, és így a berendezés, de az egész repülőgép, illetve a teljes típus szempontjából elemezhető.

Az alkalmazott üzemeltetési stratégiának minden esetben meg kell felelni az adott repülőeszköz műszaki fejlettségi, illetve a technológizáltság szintjének, mind az üzemeltető személyzet, mind a karbantartó, javító üzemek szempontjából.

2.4 AZ ÜZEMELTETHETŐSÉG

Az üzemeltetésre való alkalmasságot egyszóval üzemeltethetőségnek — angolul MAINTAINABILITY — nevezzük. Általánosságban fogalmazva azt mondhatjuk, hogy a légi jármű szerkezete alkalmas arra, hogy végrehajthatók legyenek rajta az üzemképesség fenntartására irányuló tevékenységek.

Az üzemeltethetőségi alkalmasság legfőbb jellemzői a javíthatóság, a technológizáltság és a diagnosztizálhatóság, amelyek a 2.1 ábra szerinti tulajdonságokat foglalják magukba [92, 96, 110, 111, S.14]. Látható, hogy ezek főképpen szerkezeti, technológiai tulajdonságok, amelyeket a technikai eszköznek a tervezéskor és a gyártáskor kell kialakítani. A megfelelően kidolgozott és alkalmazott üzemeltetési rendszer és stratégia szintén befolyásolja ezeket a tulajdonságokat.



2.1. ábra. Az üzemeltethetőséget meghatározó főbb jellemzők [121]

Az üzemeltetési stratégia a végrehajtás tekintetében karbantartási¹³ és javítási¹⁴ formákra bontható. A repülőeszköz azon tulajdonságát, hogy működőképessége helyreállítható, vagyis a meghibásodásainak, sérüléseinek keletkezési okai megszüntethetők, valamint következményeik javítással és műszaki karbantartással elháríthatók **javíthatóságnak** nevezzük. A karbantartás és javítás között a különbség az elvégzendő munkák mélységében, mennyiségében és minőségében van. A **karbantartás** célja a megbízhatóság szinten tartása, a **javításé** pedig a megbízhatósági szint helyreállítása [6, 105, 121].

Pontosabban a **javítás** azon munkák összessége, amelyeket az üzemeltetés hibamentességének vagy üzemképességének fenntartása, illetve helyreállítása érdekében végeznek el. A műszaki **karbantartás** pedig az üzemeltetés hibamentességének vagy csak üzemképességének az előkészítés, a rendeltetésszerű használat, a tárolás és a szállítás során történő fenntartása céljából kifejtett tevékenységek összessége.

A műszaki karbantartás és javítás során végrehajtanak úgynevezett hiba megelőző és *utómunkákat*¹⁵. A javíthatóság mellett értelmezni kell az üzemeltetési **technologizáltság** fogalmát is, ami azt jelenti, hogy egy adott repülőeszköz mennyire alkalmas a műszaki karbantar-

¹³ A karbantartási formák alapvetően két nagy csoportra oszthatók: operatív és időszakos karbantartás. Az operatívba tartozik a repülés előtti, a repülés utáni, az előzetes előkészítési, ismételt felszállásra történő felkészítő ellenőrzések. Az időszakos alatt általában valamilyen naptári időszak, vagy repült idő eltelte után végrehajtandó ciklikus ellenőrzést értjük.

¹⁴ A javítások esetében a munkák mennyisége és mélysége szerint kis-, közepes- és nagyjavításokat különböztetünk meg.

¹⁵ Utómunkának nevezzük azokat az általában szerkezet átalakítási munkákat, melyeket vagy a repülőgép gyártója, vagy a Hatóság rendel el valamilyen másutt észlelt probléma megelőzésére.

tási munkák valamennyi fajtájának a legegyszerűbb, leggazdaságosabb technológiai eljárások alkalmazásával történő elvégezésére. Azaz, hogy egyes berendezések mennyire önállóan vizsgálhatók, csereszabatosak, vagyis különösebb utánszabályozások nélkül cserélhetőek.

A repülőeszközök üzemeltethetőségi alkalmasságának fontos jellemzője a **diagnosztizálhatóság**, ami napjainkban a korszerű üzemeltetési stratégiák előretörésével lassan nélkülözhetetlen eleme az üzemeltetésnek. Ez a repülőeszköz olyan tulajdonsága, hogy az eszköz vagy annak vizsgált eleme, berendezése rendelkezik-e megfelelő pontossággal mérhető olyan műszaki paraméterekkel, amelyek ismeretében az üzemállapot egyértelműen meghatározható. Tehát az adott berendezés képes-e beépített önellenőrző, vagy kívülről csatlakoztatható ellenőrző rendszer által jelezni hibás, vagy meghibásodás mentes állapotát.

A 2.1 ábrán megadott tulajdonságok közül az ellenőrizhetőség, a hozzáférhetőség és a szerelhetőség (amelyeket részletesebben a 3.2 fejezetben tárgyalok), mind azt mutatják meg, hogy adott meghibásodott vagy ellenőrizendő elem esetében az elnevezés szerinti közvetlen munkavégzés (például az ellenőrzés) az összes munkavégzés (előkészítés ellenőrzéshez, ellenőrzés, ellenőrzés utáni munka) hányad részét teszi ki. (Az ellenőrzés önmagában sohasem diagnosztizálás, bár lehet annak része). Ugyanakkor a felújíthatóság, az egységesíthetőség és a csereszabatoság, a javíthatóság olyan mutatói, amelyek az üzemeltetés tárgyának azon tulajdonságait fejezik ki, hogy egészének vagy egyes rendszereinek, elemeinek hányad része javítható, cserélhető ki a karbantartás, a javítás során egységenként (blokkonként), a technikai eszköz hányad része javítható csereszabatos alkatrészek felhasználásával. Ezek a tulajdonságok határozzák meg, hogy milyen üzembentartási stratégiát alkalmazhatunk.

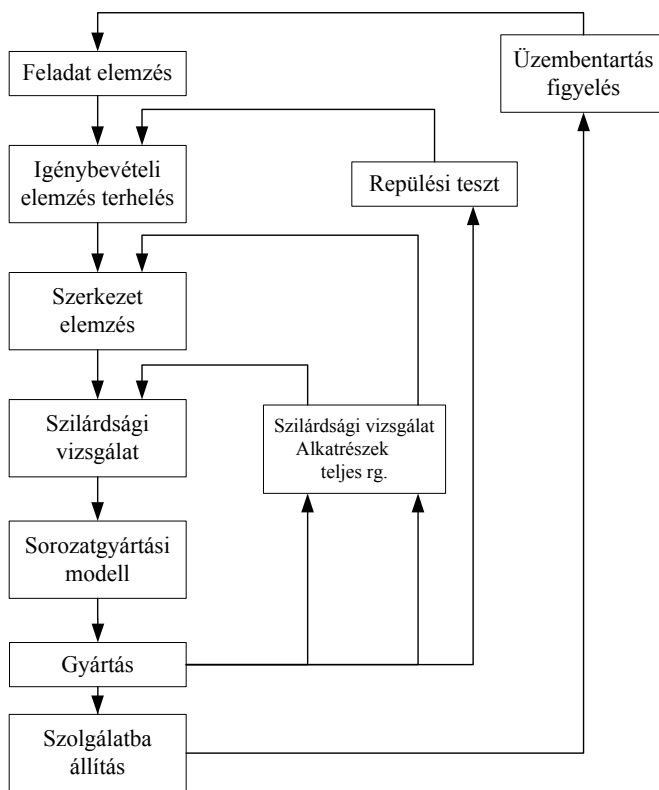
Az *üzemeltethetőség* napjaink egyik legfontosabb fokmérője a fajlagos költség- és munkaráfordítások és a fajlagos állásidők. Így például az egy meghibásodásra jutó hibafeltárási-elhárítási munka nagysága, vagy az egy elem hibájának javítására (elhárítására, ellenőrzésére) fordított fajlagos állásidő. Ezek természetesen a kialakított üzemeltetési rendszertől, stratégiától is függenek, és egyúttal azok jellemzésére is szolgálnak, vagyis azok üzemeltetési jellemzőinek tekinthetők.

2.5 A KORSZERŰ ÜZEMBENTARTÁSNÁL HASZNÁLATOS KARBANTARTÁSI STRATÉGIA KIALAKÍTÁSA

A repülőgép maximális élettartamának¹⁶ meghatározásánál legfontosabb feladat a sárkány működési idejének vizsgálata. A tervezőcsoport a sárkány külső formájának megadásával, annak aerodinamikai megtervezésével meghatározza a repülőgép lehetséges manőverező képességét, illetve az azokból eredő terheléseket az egyes szerkezeti elemekre. Ezután

¹⁶ A határállapot eléréséig ledolgozott vagy ledolgozandó idő. Tényleges vagy valós műszaki élettartamnak tekintjük azt az üzemeltetés kezdetétől számított működési időt, amely alatt a légi jármű eléri azon határállapotát, amikor már semmilyen körülmények között nem üzemeltethető tovább, és nem javítható.

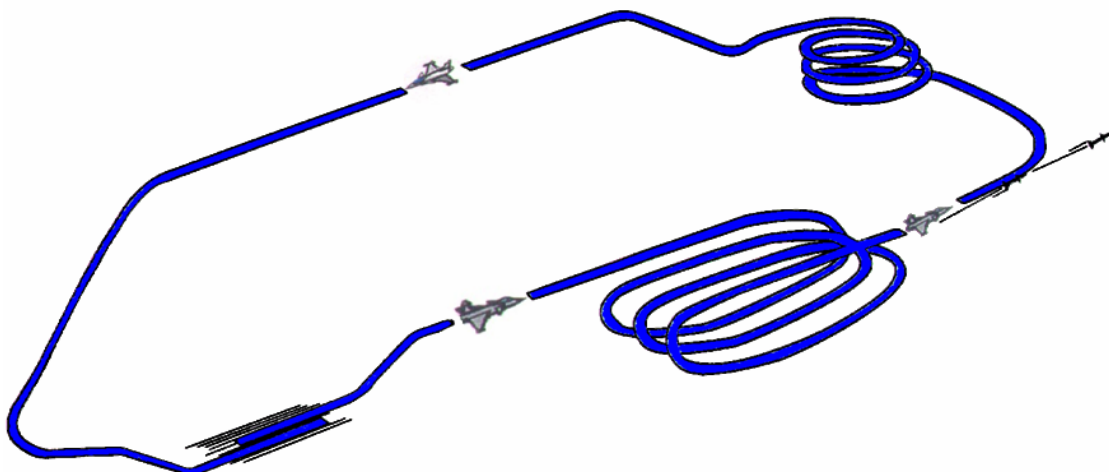
meghatározza a szerkezeti elemekre ható terhelésekből¹⁷ azok kifáradását, ami alapul szolgál a repülőgép élettartama, ezen belül a maximális élettartam elérése érdekében a szükséges légi üzemeltetési és üzemben tartási előírások, feladatok meghatározásához. A 2.2 ábra bemutatja az algoritmust a repülőgép fáradási és sérülési tűrésének meghatározásához.



2.2. ábra. A fáradási és sérülési számítás algoritmus [33]

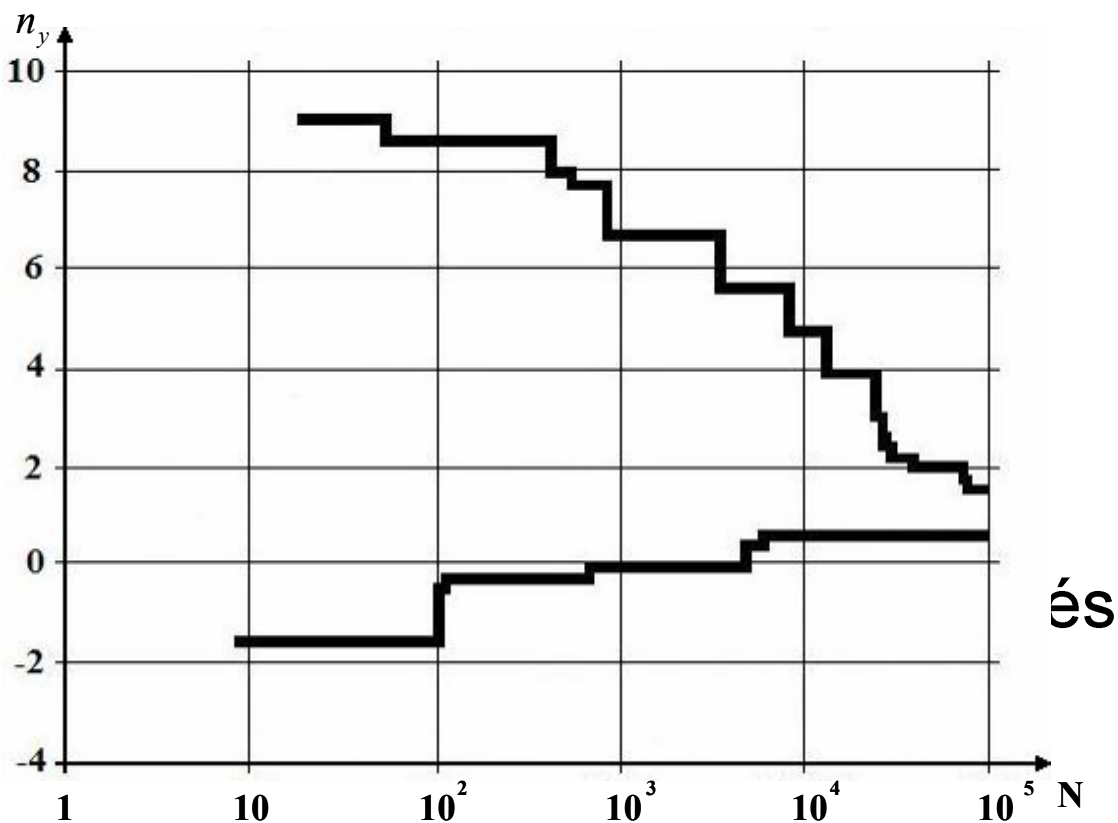
A következő feladat, a repülőgépre a feladatokból háruló terhelések bemutatása, illetve a terhelési spektrum megtervezése. A feladatokból háruló terhelések megtervezésénél felépítenek egy harci bevetéshez tartozó feladatsort, mely különböző harcászati elemek sorozatából áll. Ezek egymáshoz viszonyítva megfelelő arányban kitöltik a levegőben tölthető időt (lásd 2.3. ábra).

¹⁷ Statikus és dinamikus terhelések. **Statikus terheléseknél** az ellenőrző vizsgálat előtt a szerkezetet előzőleg megnyújtják (megterhelik) a sérülést okozó terhelés 30–40%-os értékű terhelésének megfelelően. Ezután a terhelést fokozzák a sérülést okozó terhelés 10–15%-ával, egészen az üzemeltetési terhelésig lépésenként növelve. Ekkor a szerkezetben nem maradhatnak deformációk. A repülőgép vagy egyes részeinek ismételt statikai vizsgálatával a kis frekvenciájú lehetséges terhelésszámot meghatározzák, melynél a konstrukció az üzemeltetéséhez közelálló terhelésen eltörik. Ez a terhelésszám nem lehet kisebb a normaértéknél. **Dinamikus terhelés** kétféle létezik. Az első fajtahoz tartoznak azok a vizsgálatok, melyeket a terhelés dinamikus hatása esetén a konstrukció szilárdságának ellenőrzésére alkalmaznak, valamint azok a vizsgálatok melyek a veszélyes rezonancia és az öngerjedő vibráció megkeresésére szolgálnak. A másodikhoz tartozik a repülőgéprészek úgy saját, mint gerjesztett rezgéseinek meghatározása, hogy utána az önrezgések kritikus sebességeinek számítását ellenőrizni lehessen és a lehetséges rezonanciát meg lehessen szüntetni. Ide tartoznak a szélsatornában végrehajtott vizsgálatok a dinamikus hasonló modelleken a kritikus sebességek pontosítására [6].



2.3. ábra. A repülőgép terhelését meghatározó egy lehetséges feladat típusa [33]

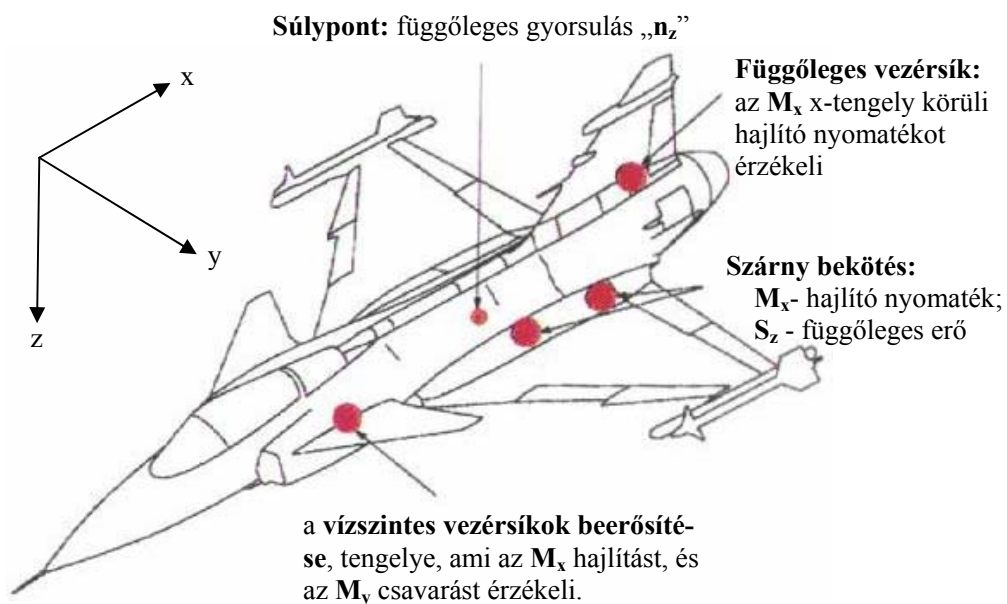
Majd ezután meghatározzák az egyes manővereknek a feladatokon belül várható időtartamát, illetve a hozzájuk tartozó maximális terheléseket, illetve azoknak az élettartamon belüli eloszlását. Ezzel bemutatható az a terhelési spektrum (lásd 2.4 ábra), amit a tervezésnél a szerkezet kifáradásáig figyelembe vettek.



2.4. ábra. A repülőgépre ható terhelések spektruma, ami mutatja mind a terhelések nagyságát, mind azok gyakoriságát az élettartamon belül [33]

Ezután a repülőgép sárkány szerkezetének egy vagy néhány példányát terhelési próbának vetik alá a korábban meghatározott terhelési spektrum mennyiségi és gyakorisági értékeinek megfelelően. A terhelési próba időtartama alatt a szerkezeti elemeken repedés, törés nem jelenhet meg. Amennyiben ez mégis valamelyik elemen előfordulna, azt megerősítik, újra számolják és újra ellenőrzik.

Annak érdekében, hogy a repülőgép a számára meghatározott technikai üzemidő, vagyis élettartam alatt, a tervezett terheléseknek, esetleges túlterheléseknek megfelelően, folyamatosan ellenőrzés alatt legyen, a fő teherviselő elemeken mérő egységeket helyeznek el (2.5 ábra). Ezeknek méréseit bekapcsolják a repülőgép fedélzeti adatrögzítőjéhez, és a mért adatokat folyamatosan gyűjtik, elemzik. Ez lehetővé teszi az adott repülőgép, illetve a teljes repülőgép park folyamatos ellenőrzését a fáradási tartalékok, vagyis a beépített technikai üzemidő naprakész meghatározására.



2.5. ábra. A repülőgépen elhelyezett terhelésmérő berendezések [33]

Miután megtörtént a sárkányszerkezet élettartamának meghatározása, megvizsgáljuk az üzemeltetési rendszer azon elemeit, melyek lehetővé teszik az üzemképesség folyamatos fenntartását, megfelelő gazdaságosság mellett. A repülőgép sárkányszerkezetén belül nagyszámú egyéb berendezés biztosítja a repülőgép működését, feladatainak végrehajtását. Ezek mind gépi berendezések, rendszerek, tehát saját terhelhetőségüknek, élettartamuknak, egyeznie kell a sárkányra számított terhelésekkel, ezért ha élettartamuk, (technikai üzemidejük) kevesebb, akkor a szükséges cserék időpontját ésszerű jelezni, valamint működési idejük során, a sárkányon végrehajtandó időpontokhoz kívánatos illeszteni a rajtuk végrehaj-

tandó ellenőrzéseket, javításokat. Szükséges tehát egy közös mindegyikre érvényes mérési, számítási módszer, melynek segítségével az üzemeltetési feladatok párhuzamosíthatók, egyidejűsíthetők, maximális gazdaságossággal végrehajthatók.

2.6 A KARBANTARTÁSI STRATÉGIA ÁLTAL FELTÁRT MEGHIBÁSODÁSOK GYAKORISÁGA ÉS STATISZTIKAI ÖSSZEFÜGGÉSE

A 2.3 fejezetben a különböző üzemeltetési stratégiák mindegyikében találkozunk az elhasználódási folyamat természetes következményével, a meghibásodással, amelyek természete rendkívül változatos lehet, ezért célszerű csoportosítani, osztályozni (lásd a 2.1 táblázatot).

2.1.táblázat

Meghibásodások osztályozása [111]

Osztályozási kritérium		A meghibásodás típusa		
I.	A paraméter módosulásának jellege a meghibásodás bekövetkezéséig	Hirtelen	Meghibásodás	
		Fokozatos		
II.	Összefüggés más meghibásodásokkal	Független	Meghibásodás	
		Függő		
III.	A használat lehetősége a meghibásodás után	Teljes	Meghibásodás	
		Részleges		
IV.	A meghibásodás kiküszöbölésének jellege	Maradó		
		olyan, melynél lehetséges az önkiküszöbölés	átmeneti	Meghibásodás
			szakaszos	
V.	A meghibásodás nyilvánvalósága	Nyílt	Meghibásodás	
		Rejtett		
VI.	A meghibásodás oka	Konstruktív	hiba okozta a meghibásodást	
		Technológiai		
		Üzemeltetési		
VII.	A meghibásodást előidéző okok	Természetes	Meghibásodás	
		mesterséges (szándékos)		
VIII.	A meghibásodás bekövetkezésének időpontja szerint	vizsgálatok során		
		vizsgálatok során üzemi viszonyok között		
		normál üzemeltetés során		
		az üzemeltetés utolsó időszakában		
IX.	A meghibásodás felfedezésének helye szerint	„légi”	Meghibásodás	
		„földi”		

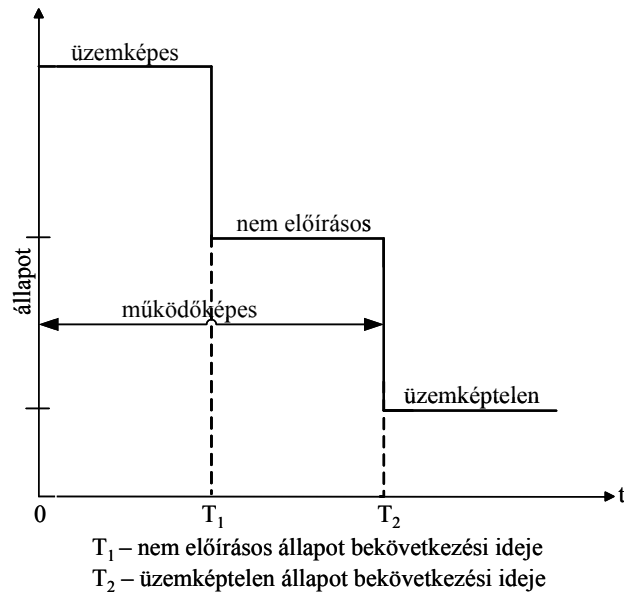
A meghibásodások I-IX. osztályozási kritériumának ismerete¹⁸ adott esetben segíthet a hiba okának felderítésében, illetve olyan intézkedések meghozatalában, amelyekkel megakadályozhatjuk a további meghibásodást, lassíthatjuk az elhasználódási folyamatot.

A karbantartási stratégia elemzéséhez először határozzuk meg a meghibásodások jellegzetességeit. „Meghibásodás” alatt a továbbiakban olyan eseményt értünk, amikor a

¹⁸ Részletesebben foglalkozik Dr. Pokorádi, L. Karbantartás elmélet. Elektronikus tansegédlet. p. 9-11.

berendezés, vagy alkatrész üzemképessége megszűnik, tovább nem üzemeltethető. A meghibásodás létrejöhet hirtelen (pl. azáltal, hogy eltörik, zárlatos lesz, izzólámpa kiég, stb.) vagy fokozatosan, a működés közbeni elhasználódás következtében.

Ha azonban a meghibásodás a működés közbeni folyamatos elhasználódás eredménye, akkor három állapotot különböztetünk meg, üzemképes, nem előírtas de működőképes, és üzemképtelen (lásd 2.6 ábra) [105].



2.6. ábra. A folyamatosan bekövetkező üzemképtelenség modellje [105]

Minden karbantartási stratégia részére az alap információt a meghibásodások gyakorisága, azoknak az üzemeltetés kezdetétől számított várható bekövetkezési időpontja adja meg. Tehát a továbbiakban a meghibásodások gyűjtése és feldolgozása a repülőgép összes berendezésére és alkatrészére kiterjedően meg kell, hogy történjen. A vizsgálat ki fog terjedni a repülőgép egyedi alkatrészeire, „elemeire”, és ezek különböző összekapcsolódására, vagy rendszereire.

A további vizsgálatok egyszerűsítése érdekében, a készletben cserélendő berendezéseknél, pl. hajtómű, ha a berendezés cseréje szorul azt egy meghibásodásként, vesszük figyelembe. Ha a hajtóműre felszerelt berendezéseket külön cserélhetőként tartjuk nyilván, akkor a hajtóművet, mint rendszert, együttesen működő berendezések csoportjaként vizsgáljuk.

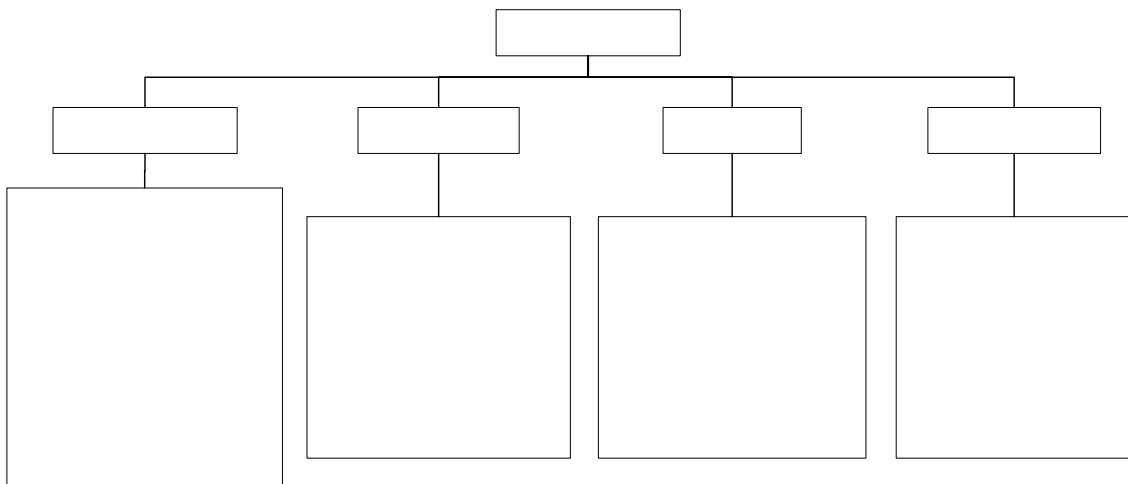
A meghibásodások bekövetkezését, azok gyakoriságát, valamint hatását az üzemképességre és annak költségeire legcélszerűbb a megbízhatóság elmélet módszereivel vizsgálni. A megbízhatóság elmélet azon legfontosabb elemeit mutatom be, melyek a továbbiakban szükségesek az elméleti megfontolások és a számítások ismertetéséhez.

2.7 A MEGBÍZHATÓSÁG

A repülőtechnika működése és a repülések biztonsága függ a megbízhatóságtól. A megbízhatóság tervezéséhez, elemzéséhez, optimalizálásához elengedhetetlenül szükségesek a megbízhatóság-elméleti alapismeretek.

A **megbízhatóság-elmélet** az a komplex tudományág, amely a meghibásodási folyamatok törvényszerűségeivel, a megbízhatóság számszerű jellemzőinek, mutatóinak a meghatározásával, a megbízhatóság növelésének lehetőségeivel foglalkozik.

Kezdetben a műszaki megbízhatóság fogalmát a **hibamentes működés valószínűségével** azonosították (pl. első meghibásodásig működő berendezések). A megbízhatósági vizsgálatok fejlődése a 70-es évek környékén előtérbe helyezte a rendszerek megbízhatóságának elemzését. A vizsgálatok eredményei alapján bebizonyosodott, hogy a megbízhatóság magába foglalja a **hibamentesség**, a **tartósság**, a **javíthatóság** és a **tárolhatóság** fogalmát is. Hiszen a korszerű, rendszerektől a felhasználó nemcsak az adott időtartam alatti hibamentes működést követeli meg, hanem azt is, hogy a rendszer az előírásszerű üzemeltetés, karbantartások és javítások mellett tartós legyen. A megbízhatóság-elmélet alapfogalmainak rendszerét valamint a lényegesebb mennyiségi mutatókat a 2.7. ábra szemlélteti. [6, 26, 29, 38, 52, 73, 74, 75, 86, 96, 126, 131, 132, S13].



2.7. ábra. Megbízhatósági alapfogalmak és mutatók [26, 110]

A legújabb MSZ IEC (191): 1992 szabvány [86] a megbízhatóságot olyan általános gyűjtőfogalomként értelmezi, „**amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás ellátás leírására használnak**”.

A gyakorlati felhasználás érdekében új, vagy javítható berendezések megbízható működésének vizsgálatánál a gyakorlatban az alábbi főbb mutatókat használják.

2.7.1 A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai

2.7.1.1 A hibamentes működés valószínűsége

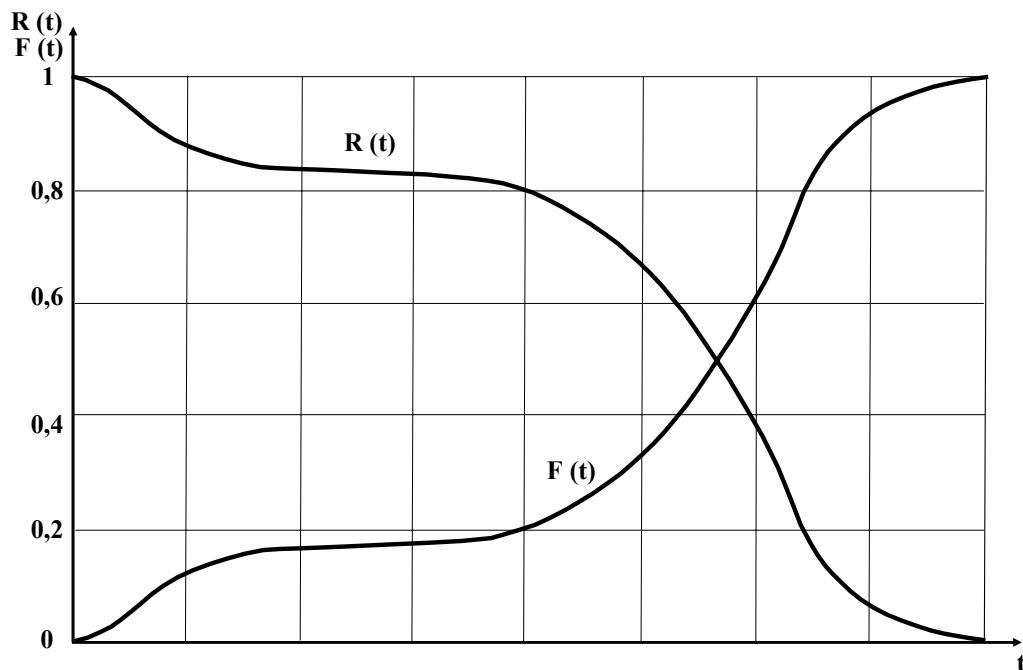
A **hibamentes működés valószínűsége** adott „t” időtartam alatt nem más, mint annak valószínűsége, hogy a „T” időtartam, ami a berendezés hibamentes működésének időtartama, nagyobb ennél a „t” előre megadott időtartamnál

$$R(t) = P(T > t) \quad (2.1)$$

A **meghibásodás bekövetkezésének valószínűsége** megadott „t” időtartam alatt annak valószínűsége, hogy a hibamentes működés „T” időtartama kisebb mint „t”

$$F(t) = P(T < t) \quad (2.2)$$

A fenti meghatározásnak megfelelően $F(t)$ a berendezés hibamentes működési időtartamának, vagyis a meghibásodás bekövetkezési idejének eloszlásfüggvénye. Tehát a $R(t)$ és $F(t)$ a berendezés „t” működési idejét jellemző időfüggvények (lásd 2.8 ábra), ezeket tartalmuknak megfelelően megbízhatósági és megbízhatatlansági függvényeknek nevezzük.



2.8. ábra. A hibamentes működés $R(t)$ és a meghibásodás $F(t)$ valószínűség függvények jellegzetes alakja az időben [105]

Látható, hogy a meghibásodás és a hibamentes működés, komplementer események, ezért

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (2.3)$$

Bármilyen technikai berendezés hibamentes működésének valószínűsége $R(t)$ alatt annak valószínűségét értjük, hogy a megadott „ t ” időtartam alatt, az adott üzemeltetési körülmények között meghibásodás nem következik be. Ha a meghibásodásokról megfelelő számú adat áll rendelkezésünkre, a hibamentes működés valószínűségét közelítő relatív gyakoriságot (tapasztalati eloszlás) az alábbi képlet segítségével határozhatjuk meg:

$$R^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (2.4)$$

ahol: N_0 – a megfigyelés alatt levő berendezések száma a megfigyelés kezdetén;

$n(t)$ – a „ t ” időtartam alatt meghibásodott berendezések száma.

A valószínűség értékét jellemző relatív gyakoriságot azért jelöltem meg csillaggal, mivel a gyakorlatban korlátozott számú berendezést tudunk csak megfigyelés alá venni. Minél nagyobb számú azonban a megfigyelt berendezések mennyisége, annál jobban meg tudjuk közelíteni a valószínűség elméleti értékét.

A fenti képletből látható, hogy $R^*(t)$ értéke a kezdő időpillanatban egy, az időtartam növekedésével, a meghibásodások előfordulásával pedig csökken. Ezt a paramétert használhatjuk mind egyes berendezések, rendszerek, mind az egész repülőtechnika komplex jellemzésére a működési idő, és az alatt előforduló meghibásodások függvényében.

Néha, mint minősítő paramétert alkalmazhatjuk a hibamentes működés valószínűsége helyett a meghibásodás bekövetkezésének a valószínűségét jellemző relatív gyakoriságot $F^*(t)$, ami komplementer valószínűség

$$F^*(t) = 1 - R^*(t) \quad (2.5)$$

A csillag jelölés mindenütt azt jelenti, hogy gyakorlati statisztikai adatokkal számolunk. A meghibásodás bekövetkezésének valószínűségét megállapíthatjuk az alábbi képlet alapján is:

$$F^*(t) = \frac{n(t)}{N_0} \quad (2.6)$$

A számítást a gyakorlatban úgy végezhetjük, hogy a „ t ” működési idő során folyamatosan t_1, t_2, \dots, t_n időpontokban meghatározzuk a meghibásodott berendezések alapján $R^*(t)$ értékét és felépítjük egy „ $R-t$ ” koordináta rendszerben a hibamentes működés, illetve a $F^*(t)$ meghibásodás bekövetkezése valószínűségének alakulását a működési, adott esetben a repülési idő függvényében [19, 30, 36, 53, 73, 75, 87, 90, 105, 121, 124, 126, 129, S.1].

2.7.1.2 A hibamentes működés közepes ideje

Statisztikailag a megfigyelés alá vett berendezések hibamentes működésének közepes ideje a hibamentes működési idők összegének átlaga, amíg mindegyiken bekövetkezik az első meghibásodás osztva a megfigyelt berendezések számával. Vagyis képletben:

$$T_0^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N_0} \quad (2.7)$$

ahol: T_0^* – a hibamentes működés közepes ideje;

t_i – az egyes megfigyelt berendezések meghibásodásáig eltelt működési idő.

Mіндеzt a repülőtechnikára alkalmazva, a hibamentes működés közepes ideje az a berendezések repült idejének közepes értéke az első meghibásodásig. T_0^* értéke függ a megfigyelés alá vett berendezések számától. Ha „ N_0 ” értéke elég nagy, akkor a hibamentes működés közepes ideje egy meghatározott állandó értékhez fog közelíteni, ami az úgynevezett matematikai várható érték. Ezt a jellemzőt azonban csak az új, javításra nem kerülő berendezéseknél használják [19, 105, 124].

2.7.1.3 A meghibásodások közötti átlagos működési idő

Azokban az esetekben, amikor a rendszerek, berendezések hosszú ideig működnek és a meghibásodott berendezéseket kijavítják, vagy újakra cserélik, a „ T_0^* ” (a hibamentes működés közepes ideje) értékének alkalmazása nem célravezető. Ilyen esetekben, mint paramétert a meghibásodások közötti átlagos működési időt „ $T_{közepes}^*$ ” alkalmazzák [19, 105, 124].

$$T_{közepes}^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (2.8)$$

ahol: t_i – a hibamentes működés ideje az (i-1) és az i-edik meghibásodás között;

n – a meghibásodások száma a megfigyelés időtartama, vagyis az üzemelés alatt.

A $T_{közepes}^*$ értékét meghatározhatjuk mind az üzemeltetés teljes időtartamára, mind annak egy szakaszára. Ezt a nemzetközi gyakorlatban, mint két meghibásodás közötti átlagos működési időt használják (Mean Operating Time Between Failure — MTBF¹⁹).

¹⁹ MTBF (Mean Operating Time Between Failure) — két egymást követő meghibásodás közötti működési idő várható értéke. [MSZ IEC 50(191):1992, p. 37.]

Az MTBF kiszámításánál bizonyos feltételeknek meg kell felelni. A két meghibásodás közötti átlagos működési idő előre jelzett, számított idő, amit a repülőgép tervezett alkalmazása és tervezési paraméterei határoznak meg [17]. A működtetés, alkalmazásnál figyelembe veendőek az alábbi követelmények:

- a repülőgép főleg a tervezett környezeti viszonyok között kerül alkalmazásra;
- az átlagos évi repült idő feleljen meg a tervezettnek (150-170 repült óra/év);
- az átlagos repülési feladatok légi időtartama 1 óra (vadászipülőgépeknél);
- a repülőgép üzemeltetése a gyár által kiadott, illetve a légügyi hatóság által jóváhagyott okmányoknak feleljen meg;
- a repülőgép alkalmazása során feleljen meg a légi alkalmassági követelményeknek;
- a repülőgép vezetője megfelelően kiképzett, a feladatnak megfelelő öltözettel és felszerelésekkel rendelkezzen;
- a repülőgép a feladat során nem lépheti túl a részére meghatározott határértékeket, korlátozásokat.

A működtetés érdekében a gyártó köteles elkészíteni a típusra vonatkozó MTBF előre becslését. Az üzemeltetés során időközönként a gyártó köteles az összegyűjtött adatok alapján a korábbi MTBF előrejelzést módosítani. Ha a fedélzeti berendezésekben, az üzemeltetés során típus csere történt, annak hatását az MTBF-re szintén köteles megadni.

Az üzemeltetés szempontjából nagyon fontos, hogy milyen gyakorisággal következik be az önálló elemek és berendezések meghibásodása. Minél kisebb ez, akkor az MTBF értéke annál nagyobb lesz és megbízhatóbb a repülőgép.

2.7.1.4 A meghibásodások intenzitása

A meghibásodások intenzitása $\lambda(t)$ időegység alatt a meghibásodások számának és a még működőképes berendezések számának viszonya.

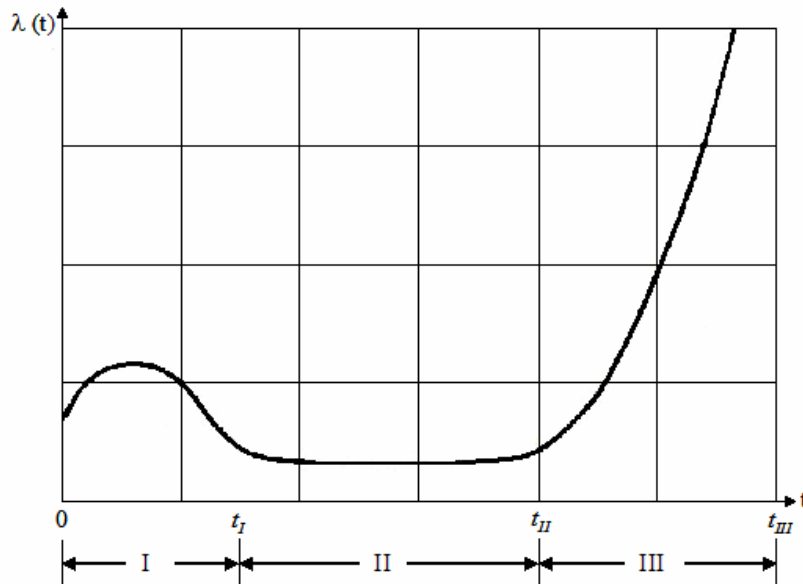
$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_i(t)}{[N_0 - n(t)]\Delta t} ; \left[\frac{1}{\text{óra}} \right] \quad (2.9)$$

ahol: $N_0 - n(t)$ – az üzemképes állapotban maradt berendezések mennyisége az adott

Δn_i -hez tartozó Δt intervallumban,

A $\lambda(t)$ függvény minden „t” időpontban lényegében annak a valószínűségét adja meg, hogy a „t” időpontig hibamentesen működő elem a következő időegység alatt meghibásodik. A meghibásodások intenzitását statisztikai adatok alapján határozhatjuk meg. Elég nagyszámú

berendezés megfigyelése esetén tipikus összefüggést kaphatunk a meghibásodások intenzitása és a berendezések működési idejének tartama között. Ez a görbe minden berendezés típusra kiszámítható és megrajzolható. Formájából kapta elnevezését, ez az úgynevezett kádgörbe (2.9 ábra) [19, 30, 73, 90, 105, 121, 124, 129, 133].



2.9. ábra. A meghibásodások intenzitása, rátája [105, 121]

A kádgörbe azt mutatja, hogy a berendezések meghibásodásának intenzitása az üzeme-
lés első időszakában „bejárati szakaszban” magas, de csökkenő tendenciájú (főleg az
esetleges gyártási hibák miatt). A második időszakban „üzemi időszak” alacsony stabili-
zált értékű, amit a tényleges üzembentartás időszakának tekintünk (az előforduló meg-
hibásodások száma minimális, és véletlenszerűen, más és más okból következik be).
Majd a meghibásodások intenzitása újra emelkedni kezd „öregedési zóna”, amikor cél-
szerű végrehajtani a berendezések felújítását, vagy selejtezését.

A fenti paraméterek, összefüggések, görbék a csapatoknál a gyakorlati adatokból ki-
számíthatók és felépíthetők. Ezáltal konkrét számokkal alátámasztott következtetések
vonhatók le az üzemben tartott repülőtechnika pillanatnyi állapotáról, illetve az addigi
üzembentartási tevékenység hatékonyságából.

A gyakorlatban a technikai berendezések használata a görbe második szakaszán, amely
exponenciális eloszlást követ (2.9. ábra), ahol a meghibásodások intenzitása nem függ az
időtől és gyakorlatilag állandó értékű ($\lambda(t) = \lambda$).

Erre az esetre a hibamentes működés valószínűsége:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.10)$$

A meghibásodások sűrűségfüggvénye:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.11)$$

A hibamentes működés közepes ideje, ha a működés valószínűségét az idő szerint integráljuk nullától a végtelenig:

$$T_{\text{közepes}} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.12)$$

A további vizsgálatok során a 2.12 összefüggést alkalmazni fogom.

A megbízhatósági mutatók elemzésével tehát mérni tudjuk a repülőtechnika reagálását mind a légi üzemeltetés, mind a földi üzembentartó tevékenység hatásai szempontjából. Előzőekben bemutatásra került, hogy a légi üzemeltetés során a fáradási terhelés nagysága és annak gyakorisága elvileg megfelel a tervezés során alapul vett paramétereknek.

Ha például az adott repülőgépre a maximális túlterhelések száma lényegesen meghaladja a spektrum szerinti értéket, akkor a sárkány szerkezet különböző elemein a fokozott kifáradás jeleként repedések, törések keletkezhetnek. Természetesen tudjuk, hogy harci repülőgépek fő igénybevételi területe az éles manőverekhez szükséges viszonylag nagy túlterhelések tartománya. Ennek ellenére a teljes technikai üzemidő, élettartam minimális költséggel történő kihasználása mégis azt igényli, hogy a tervezésnél figyelembe vett terhelések gyakoriságát betartsuk, illetve az igénybevétel maximumokat lehetőleg csak éles helyzetben alkalmazzuk (lásd a 4. mellékletet).

2.8. A VADÁSZREPÜLŐGÉPEK HARCÁSZATI TECHNIKAI PARAMÉTEREINEK HATÁSA AZ ÜZEMELTETÉS GAZDASÁGOSSÁGÁRA

Mielőtt részleteiben vizsgálnám a vadászrepülőgépekkel szemben támasztható különböző követelményeket és azok gazdaságossági összefüggéseit, megállapítható, hogy a harcászati vadászrepülőgépek feladatait semmilyen más repülő szerkezetekkel, így pl. harci helikopterrel sem lehet végrehajtani [105, 106, S.11, S.14].

Előbb felsorolom, majd a továbbiakban egyes részeit részletesen elemzem a vadászrepülőgépek alkalmazási tevékenységének, illetve jellegzetességeinek azokat a területeit, melyek gazdaságossági problémái meghatározóak, mind a repülő harckiképzés, mind a hadrafoghatóság fenntartása, mind az állami költségvetés felé felmerülő igény szempontjából. Ezért az alábbi területeket vizsgálom:

- a vadászrepülőgépek főbb harcászati-műszaki jellemzőinek kihatása az alkalmazás és üzemeltetés gazdaságosságára;
- a harckiképzés és a gazdaságosság összefüggése,
- a vadászrepülőgépek három fő feladata, úgymint a légi harc²⁰, a légi csapás²¹ és a harcászati légi felderítés²² gazdaságossági szempontjai;
- a túlélőképesség és a gazdaságosság összefüggése;
- a harcászati vadászrepülőgépek megbízhatósági mutatói és a gazdaságosság;
- az élettartam költségek hatása az éves kiképzési tervek végrehajtására.

2.8.1 A vadászrepülőgépek főbb harcászati-műszaki jellemzőinek kihatása az alkalmazás és üzemeltetés gazdaságosságára

Ha a harcászati kérdések megoldására való alkalmasságot vizsgáljuk, akkor általában a légi harc, illetve a légi csapás képességekhez szükséges paramétereket kell vizsgálnunk.

A világ nagy repülőgépgyártói a katonai stratégiák követelményeinek figyelembevételével új utakat keresnek a repülőgép építésben annak érdekében, hogy egyrészt növeljék a repülőgépek harci hatékonyságát, másrészt megtörjék azt a korábbi trendet, ami hatványozottan növelte az új repülőgépek beszerzési és fenntartási költségeit.

Teljesen természetes, hogy az új, korszerűbb, jobb harcászati paraméterekkel rendelkező technikai eszköz előállítási költsége esetleg magasabb a korábbi, kisebb képességekkel rendelkezőnél, azonban, mivel az államok katonai költségvetése nem növelhető tetszőlegesen, ezért az új eszközök, a korábbival azonos feladat végrehajtásához kisebb mennyiségben, illetve kisebb alkalmazási, fenntartási költségekkel kell, hogy kompenzálják az ár növekményt. Ezért az új repülő technika a korábbinál legyen korszerűbb, jobb harcászati képességekkel rendelkező, az alkalmazás és a fenntartás területén gazdaságosabb. Ezek a célok a következő tendenciák, technikai megoldások érvényre juttatásával érhetők el:

- *A TÖBBCÉLÚSÁG MEGOLDÁSÁVAL.* Ez azt jelenti, hogy egy új, korszerű vadászrepülőgép egyaránt képes a légi célok elfogására, csapásmérésre és felderítésre. Ezáltal három korábban különböző repülőgép feladatait hajtja végre.

²⁰ A szembenálló felek repülőeszközeinek a légtérben egymás ellen folytatott tevékenysége az ellenséges légi hadviselési-eszközök megsemmisítése, csapásainak visszaverése érdekében. [MH Összhaderőnemi doktrína p. 154.]

²¹ A repülőeszközök különböző fedélzeti fegyvereivel illetve fegyverrendszereivel végrehajtott gyors lefolyású és nagy pusztító erejű ráhatása az ellenséges földi célpontokra, azok megsemmisítése illetve lefogása céljából. [MH Összhaderőnemi doktrína p. 153.]

²² A harcászati légi felderítést légi, haditengerészeti és szárazföldi erők hadműveleteinek támogatására hajtják végre és az hozzájárulhat a támadó légi harctevékenységek valamennyi fajtájához. Célja, hogy biztosítsák az időbeni információkat melyekből a felderítési adatok összeállnak az összefegyvernemi erők számára a terepről, az időjárásról, az ellenséges erők előkészületeiről, összetételéről, elhelyezkedéséről, tevékenységéről és mozgásáról és az ellenséges elektronikai kisugárzókról.” [ATP 33(B) NATO harcászati repülő doktrína p. 64.]

- *A RÖVID FEL ÉS LESZÁLLÓ TÁVOLSÁGOK, VAGY A HELYBŐL TÖRTÉNŐ FEL ÉS LESZÁLLÁS KÉPESSÉGÉNEK MEGVALÓSÍTÁSÁVAL.* Ezáltal egyrészt feleslegessé válnak a hatalmas beton felszálló mezők, másrészt harcászatiilag a vadászrepülőgépek közel vihetők a front vonalakhoz, illetve jól elrejtethők. Ezek a tulajdonságok egyidejűleg szolgálják a költség megtakarítást és a túlélőképesség növelését.
- *AZ ÚGYNEVEZETT „LOPAKODÓ” ELV ALKALMAZÁSÁVAL.* Ez azt jelenti, hogy a legújabb repülőgépeken a maximális M szám pl. az F–117A-nál 0,9–1, az F–22-nél 1,55, ami jóval alacsonyabb, mint a korábbi típusokon. Ennek kompenzálására igyekeznek jelentősen növelni a fedélzeti rakéta fegyverzet manőverező képességét és hatótávolságát, ugyanakkor tervezési módszerekkel és speciális könnyű szerkezeti anyagok alkalmazásával csökkenteni a repülőgépek radar, infra és vizuális felderíthetőségét [10, 41, 95, 106].
- *A FEGYVERZET HATÉKONYSÁGÁNAK NÖVELÉSÉVEL.* Az előzőeket kiegészítve a fedélzeti fegyverek lehetővé teszik, hogy a célokat leküzdjék már a látóhatáron túli távolságon. Ha pedig mégis légi harcba keverednek, akkor a lokátor, az infravörös célzó berendezés és a rakéta vezérlő fej együttesen képes legyen a cél leküzdésére. Itt nagyon fontos, hogy a rakéták a repülőgépnél jóval nagyobb túlterhelések elviselésére képesek.
- *A KOMPUTEREK SZÉLESKÖRŰ ALKALMAZÁSÁVAL.* A komputeres menürendszernek és feladatainak intenzív növelése mind a repülőtechnika vezérlése, harcászati feladatainak megoldása, mind az összes lehetséges elemezhető adatok gyűjtése és feldolgozása terén lehetővé teszi az alkalmazás és a fenntartás optimalizálását.

Fentiek alapján megállapítható, hogy a gazdaságosságra való törekvések jelentősen áthatják az új repülőtechnika fejlesztésének és gyártásának egészét [106, S.8, S.10, S.15, S.18].

Egy kisebb ország, mint amilyen Magyarország nem engedheti meg magának, hogy jelentős légierőt tartson fenn. Ezért számára nagyon fontos, hogy kevés, de több célra is használható harcászati repülőgépe legyen. A sajátos geopolitikai helyzetünkől és a szövetségi rendszerünkől adódóan a magyar légierőnek két fontos feladata van:

- a magyar légtér és az ország területi szuverenitásának a védelme,
- közreműködés a NATO és ENSZ feladatok végrehajtásában.

Az első esetben az emberek, a terület, a légtér és a gazdasági, ipari erőforrások, létesítmények védelmét kell megoldani. A légtér védelme kettős feladatot takar. Egyrészt egy esetleges támadástól kell megvédeni Magyarország területét, a légteret, másrészt békeidőben is légi határőrizeti tevékenységet ellátni. A légtér védelméhez hozzátartozik az esetleges agresszorok (terrorizmus) elleni légi harc. Pontosabban ez közelharc tulajdonságokat jelent. Korlátozottan az elrettentés is feladata a légierőnek. A következő nagyobb feladat a földi

csapatok támogatása, mely precíz, irányított fegyvereket, nagy „hasznos terhelést” jó kommunikációs és helyzetfelismerő rendszereket igényel.

A szövetségi rendszerben, a NATO keretein belül a légierőnek, mint a modern hadviselés legfontosabb elemének alkalmasnak kell lennie a szövetségi légierővel együttműködve nemzetközi békefenntartó, tengeri, légi embargókat ellenőrző, esetenként pedig csapásmérő tevékenységek végrehajtására. Ebben az esetben a harcászati repülőgépnak, meg kell felelnie a többi légierővel való integrált együttműködésre. Ezt a tulajdonságot interoperabilitásnak nevezik. Természetesen a szövetségi feladatok ellátása egyben a hazai légtértől esetleg nagytávolságban végrehajtott megelőző csapásokat jelentenek.

Légierőnk modernizálásának első lépéseként az ország vezetése 14 darab Gripen bérlease és megvásárlása mellett döntött, így érdemes egy kis vizsgáldást folytatni a Gripen üzemeltetési költségei és sajátosságai terén.

A földi manőverező képesség szempontjából a Gripen a világ egyik legkorszerűbb típusa, ugyanis tervezésénél elsődleges fontosságú volt, hogy a típus szükségrepülőterekről, országút szakaszokról is üzemeltethető legyen. Mindezt az egyedülálló svéd koncepció indokolta, hogy a svéd légierő háborús időszakban több mint 70 ideiglenes bázisra tudja széttelepíteni harci repülőgépeit, így fokozva azok túlélőképességét. Ennek megfelelően a JAS-39-es átlagon felüli jellemzőkkel rendelkezik. A Gripen képes egyik álló főfutó kereke körül megfordulni az orrfutó hidraulikus kormányrendszere segítségével. A típus leszállási úthosszának csökkentésében fontos szerepet játszanak a „kacsá” vezérsíkok, amelyek nagy negatív állásszögre kitérítve féklapként használhatók, valamint a fékberendezéssel ellátott orrfutó kerekek is. Így a Gripen normál leszállótömeggel képes 500 méter kigurulási úthosszon belül megállni. A JAS-39-es leszállásának megkönnyítésére a hajtóművet ellátták tolóerő vezérlő automatával is [34, 60, 83, 103, 108, 120, 122, 134, S.9].

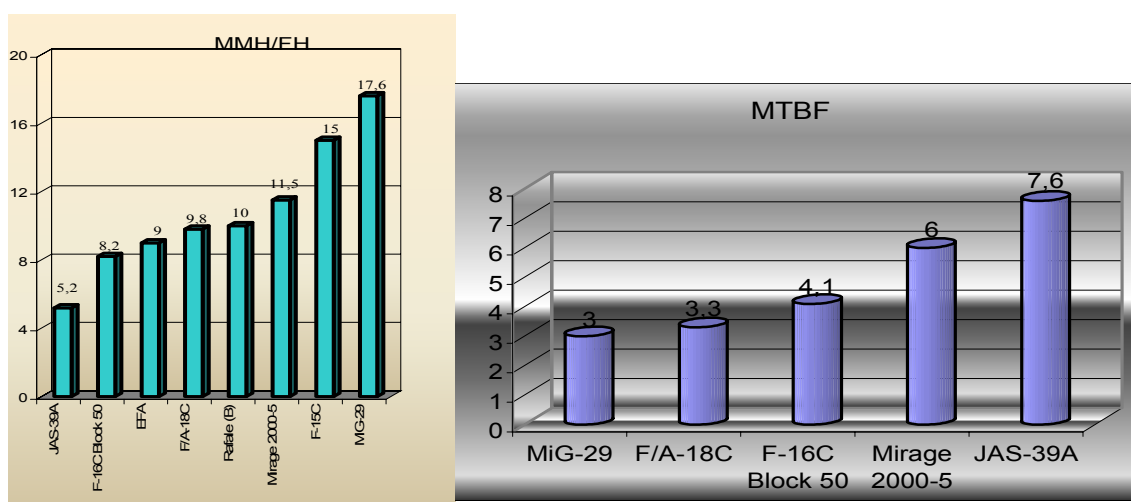
A Gripen üzemeltetési rendszere is a sajátos svéd igényeknek megfelelően tervezték. A repülőgép beépített kiegészítő energiaellátó egységének (APU)²³, valamint a fedélzeti oxigén előállító berendezésnek (OBOGS)²⁴ köszönhetően csak minimális mértékben igényel földi kiszolgáló eszközöket. A JAS-39-es üzemeltetését tovább egyszerűsíti, hogy a típus

²³ A Gripen bal szárnytövében elhelyezett Microturbo gyártmányú segédhajtómű az APU (Auxiliary Power Unit) és levegő turbina szolgál a hajtómű-indítására mind a földön, mind a levegőben; továbbá léghűtést biztosít az egyéb rendszerek számára, de tartalék energiaforrásként is szolgál. A repülőgép karbantartását egyszerűsíti, hogy a repülőgép rendszereinek földi ellenőrzése is megoldható az APU által termelt elektromos energia segítségével. Ezen rendszereknek köszönhetően a Gripen tartalék bázisokról is kiválóan alkalmazható, mivel nem igényel költséges földi kiszolgáló eszközöket és gépkocsikat (akkumulátor, hidraulika stb.)

²⁴ A Gripen későbbi változatait már felszerelik fedélzeti oxigéngeneráló berendezéssel (OBOGS-On Board Oxygen Generation System), amely a környezeti állapot szabályozó rendszernek (ECS-Environmental Control System) a szívócsatornából elvezetett kondicionált levegőjét használja fel az oxigéntáplálás biztosítására. Az ülésben elhelyezett oxigéntartály szolgál a rendszer tartalékként.

átfogó önellenőrző berendezéssel van felszerelve, ami rendkívül gyorsan (kb. 1-2 perc alatt) képes feltárni a meghibásodás okát.

Nézzük meg ezeket az értékeket összehasonlítva az F-16C Block 50 típusával. Bár a Gripen karbantartási és üzemeltetési mutatói a 2. melléklet alapján (a paraméterekből diagramokat készítettem, melyek a 2.10 ábrán láthatók) rendkívül kedvező képet mutatnak az amerikai típushoz képest, ennek ellenére a valós üzemeltetési körülmények között ez nem biztos, hogy így van. Egyrészt azért, mert a Fighting Falcon értékei mögött több mint 4000 megépített példány és közel tízmillió repült óra és több helyi háború tapasztalata van. Másrészt a Gripen még nem nevezhető igazán kiforrott típusnak, és mint a többi új típus esetén is, újabb és újabb módosítások és javítások válhatnak szükségessé, ami tovább növelheti a költségeket [20, 22, 23, 32, 76, 78, 79, 103, 119, 120, 122, 127, S.16, S.19].



2.10. MMH/FH és MTBF értékei egyes repülőgép típusokra

2.8.2 A harc kiképzés és a gazdaságosság összefüggése

A vadászrepülőgép vezetők, a magas szintű kiképzettség fenntartása érdekében (típustól függetlenül) évi legalább 120 órát repülnek. Lefordítva a költségek nyelvére, ennyi órával kell szorozni repülőgép vezetőként, a típusra érvényes óránkénti, fenntartási és működési költségeket (lásd 2.2 táblázat).

2.2 táblázat A repülőgépek repült óránkénti alkatrész és fenntartási igénye [92, 93]

Repülőgép típus	JAS-39	F-16C	F/A-18C	MIG-29B
USD/repült óra	4600	6500	8400	17200

Vizsgáljuk meg hazai viszonyokra a JAS-39, F-16C, F/A-18C és a MIG-29, repülőgép típusokra, a harcászati és a gazdasági paraméterek kihatásait.

A repülőgép vezetők folyamatos harckiképzését, hadrafoghatóságuk fenntartását tehát a harci alakulat (század, ezred, stb.) saját harci repülőgépeivel oldják meg olyan feltételek mellett, hogy a repülőgépeknek, az előírt hadrafoghatósági szint fenntartása érdekében – legalább 70%-ban – üzemképes állapotban kell maradni. Ez csak úgy oldható meg, ha a repülés során keletkező meghibásodásokat azonnal kijavítják. A javításhoz azonban a legtöbb esetben szükség van a megfelelő tartalék alkatrészekre.

Tehát a repülőgép vezetők gyakorlatban tartásának költségkihatását két fő tényező határozza meg:

— AZ ÓRÁNKÉNTI ÁTLAGOS ÜZEMANYAG FOGYASZTÁS (2.3. táblázat);

— a repülőgépek megbízhatósági paramétereiből kialakuló ÓRÁNKÉNTI ALKATRÉSZ ÉS JAVÍTÁSI KÖLTSÉGEK. Ezek a költségek már a repülőgépek beszerzésekor ismertek és a gyártó cég által rendszerint ismertetésre kerülnek, mivel ennek alapján történik a repülések biztosításához az éves költségvetés megtervezése, a szükséges tartalék anyagok időbeni beszerzése.

Persze vannak a kiképzési repülések biztosításának egyéb költségei, mint pl. a repülőterek karbantartása, a lokátor, híradó, leszállás biztosítás, irányítás, stb. Azonban ezt nem a repülőgépek, hanem a repülés biztosítás költségeinél tervezzük.

A repülőgépek költségeinek összehasonlításánál most csak a repülőgépek közvetlen költségeit vizsgálom, ezek az óránkénti üzemanyag fogyasztás és az egy órára jutó alkatrész, illetve javítási fenntartási költségek. Az általam elkészített 2.2–2.5. táblázatok és a 2.11–2.14. ábrák mutatják a típusok óránkénti üzemanyag, illetve alkatrész, fenntartási költségeit.

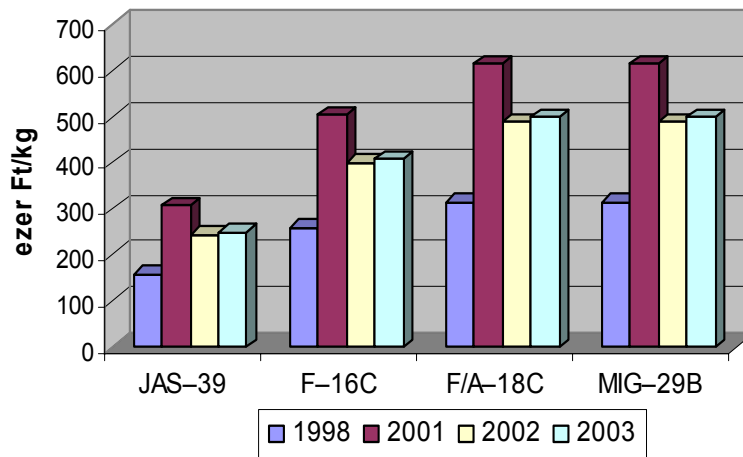
2.3. táblázat A repülőgépek repült óránkénti átlagos üzemanyag fogyasztása [92]

Repülőgép típus	JAS-39	F-16C	F/A-18C	MIG-29B
Fogyasztás (kg/repült óra)	2430	3977	4860	4860

A repülő petroléum (JET A-1) 2001. augusztusi ára a HM részére 126,48 Ft/kg (lásd 2.4 táblázat). Tehát akkor a 2.3 és 2.4 táblázatok adatai alapján a 2.11 ábrán látható diagramot kaptam, amely a repülőgépek repült óránkénti átlagos üzemanyag fogyasztását szemlélteti az üzemanyagár változás mértékében.

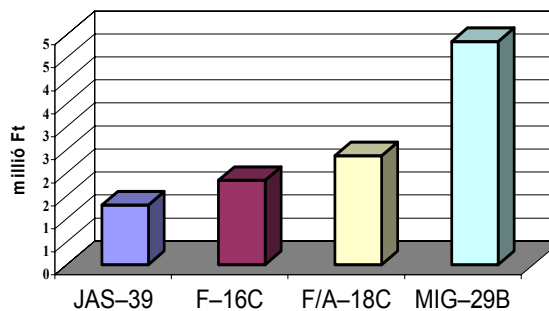
2.4. táblázat A vizsgált időszak üzemanyagár és árfolyam változása

	1998. augusztus	2001. szeptember	2002. augusztus	2003. augusztus
JET A-1 ára (Ft/kg)	65	126,48	100,58	102,77
Az USD árfolyama (Ft)	240	282	250	233



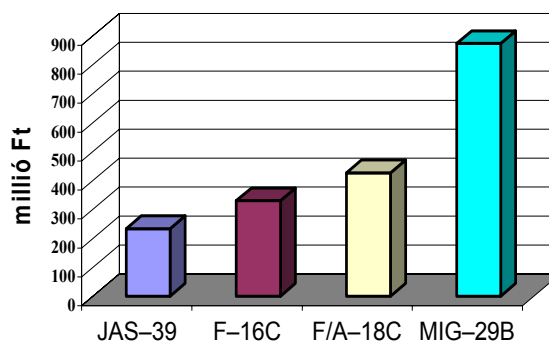
2.11. ábra. A repülőgépek repült óránkénti átlagos üzemanyag fogyasztása az üzemanyagár változás mértékében

A repülőgépek *ÓRÁNKÉNTI ALKATRÉSZ ÉS FENNTARTÁSI KÖLTSÉGE* (2.12. ábra) 2001. szeptember 28-i árfolyamon (1 USD \approx 282Ft)²⁵.



2.12. ábra. A repülőgépek óránkénti alkatrész és fenntartási költsége

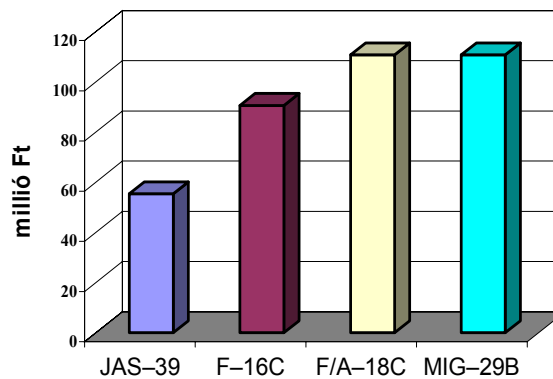
Feltételezve évi 180 óra/repülőgép repülést, mivel az átlagosan célszerű repülőgép vezető/repülőgép arány 1/1,5 [105, 106, S.10, S.18]. Akkor az éves üzemanyag költség a következőképpen alakul (lásd 2.13 ábra).



2.13. ábra. Éves üzemanyag költség

²⁵ A repülő petroléum (JET A-1) árának változása illetve az árfolyam ingadozása csak számszerű adatokban fog különbözni, de az arányokat tekintve nem.

Ha most figyelembe vesszük, hogy az éves költségeiben mennyi az alkatrész költség ugyanerre az időtartamra, akkor:



2.14. ábra. Az éves alkatrész költség

Fentiek alapján, ha most összehasonlítjuk az éves üzemanyag és alkatrész költségeket (2.13 és 2.14 ábrák), évi 180 óra/repülőgép repülés esetén, a típusok vonatkozásában (lásd 2.5 táblázat), akkor a következő számadatokat kaptam:

2.5. táblázat Az éves üzemanyag és alkatrész költségek

Repülőgép típus	Összköltség (Ft)	Különbség (Ft)	%-ban
JAS-39	288 818 352	0	0
F-16C	420 481 973	131 663 621	145,58
F/A-18C	537 028 704	248 210 352	185,94
MIG-29B	983 716 704	694 898 352	340,6

Tehát a MIG-29B éves üzemanyag és alkatrész költsége ugyanannyi, ugyanolyan repülési órára 3,40 szerese, az F/A-18C 1,86 szerese, az F-16C pedig 1,45 szerese a JAS-39-nek. (Természetesen ezek a költség különbségek tovább nőnek, ha figyelembe vesszük, hogy a légierő 14 db (12 db MIG-29B és 2 db MIG-29UB-t) tart üzemben).

2.8.3 A vadászrepülőgépek három fő feladata, úgymint a légi harc a légi csapás és a harcászati légi felderítés gazdaságossági szempontjai

Ha a harcászati kérdések megoldására való alkalmasságot vizsgáljuk, akkor általában a légi harc, illetve a légi csapás képességekhez szükséges paramétereket kell vizsgálni.

Tételezzünk fel egy adott légi helyzetet és nézzük meg, melyik vizsgált repülőgép mennyi idő alatt, hogyan képes azt elméletileg, harcászati-műszaki jellemzői alapján megoldani [106, S.11, S.15].

2.8.3.1 Légi harc

Vizsgáljuk először a légi harc kérdését. A kecskeméti repülőtér maximális távolsága az országhatároktól, 150–350 km. Most határozzuk meg repülőtérrel történő riasztás esetén,

béke időszakban, a légi cél elfogása, a határtól milyen távolságban, hol történik. Vagyis hol lesz a lehetséges elfogási terepszakasz.

A határsértő célok „általában” kis és közepes magasságon, 600–900 km/h sebességgel 150–350 m-től 1 km magasságig repülnek, de lehetnek viszonylag kis sebességű célok ennél kisebb magasságokon²⁶ is. Ha a 600 km/h sebességet fogadjuk el, akkor másodpercenként 167 m, azaz percenként 10 km-t tesznek meg. Ilyen sebességgel elkövetett légi határsértéseknél, ha nem harci repülőgép követi el, csak bizonyos (2–4 km-es) sugáron képes elfordulni.

Vizsgáljunk meg egy olyan helyzetet, amikor a cél 5 km magasságon, 600 km/h sebességgel a határra merőlegesen repül, ezért a készültség riasztása a határ átlépése előtt 2 perccel történik. Az elfogási profilt a következőképpen építhetjük fel:

- kigurulás, nekifutás és felszállás (1 perc). Összességében ez egyhajtóműves repülőgépre 3 perc, két hajtóművesre 4 perc;
- a felszálláskor tehát a cél már belépett a határon és valamilyen irányban 1 percnyi – két hajtóműves esetén 2 percnyi – utat megtett;
- az elfogó felszáll, ráfordul a céllal szembeni irányra, emelkedik és gyorsít;

A lakosság béke időbeni zaj terhelése miatt 11 km alatti magasságon csak $M = 0,9$ -nek megfelelő sebességet – azaz 267 m/s – engedhetünk meg. Ellenkező esetben az útvonalán hangrobbanás jöhet létre, ami az épületekben komoly anyagi károkat okozhat.

A számítások során abból indultam ki, hogy a határ a légi bázistól 150–350 km távolságra lehet, a távolabbi változatra határoztam meg a lehetséges elfogási terepszakaszt. A felhasznált adatokat és számításaimat a 2.6. táblázat tartalmazza [106, S.11, S.15].

2.6. táblázat Az elfogási terepszakasz meghatározása

Rg. típus	Ind. felsz. idő (perc)	Emelk. idő (s)	Emelk. közép seb. (m/s)	Emelk. úthossz (km)	Vízs. rep. ideje (s)	Vízs. úthossz (km)	Behatolási távolság L1 (km)	Behatolási távolság L2 (km)
JAS-39	3	34	145	10,098	697	207,01	116,16	15,66
F-16C	3	27	180	8,019	705	209,38	117,5	14,5
F/A-18	4	32	158	9,504	679	201,66	113,16	25,33
MIG-29	4	25	200	7,425	686	203,74	114,33	24,16

A táblázat azt mutatja, hogy a repülőgépek paramétereinek közötti jelentős különbséget is figyelembe véve, a lehetséges elfogási terepszakaszt a riasztás időpontja és a cél sebessége nagyságrendekkel jobban befolyásolja, mint bármely repülőgép kiemelkedő manőver paramétere.

²⁶ A helyi háborúk tapasztalatai alapján a támadó repülő eszközök földfeletti és kis magasságokon repültek, de nem több mint terep + 500 m (de inkább alatta).

Mindezek alapján az adatokból az alábbi főbb következtetéseket lehet levonni:

- békében az elfogó repülőgép riasztása jóval a határsértő cél határátlépése előtt történjen, így jelentősen csökkenthető a behatolási távolsága;
- a harctevékenység viszonyai között a rakétaindítás szembe támadással, a rakétaindítási távolságán megtörténhet, ez jelentősen, mintegy 70 km-el csökkentheti a cél behatolási – ez esetben megsemmisítési – távolságát, a béke elfogáshoz viszonyítva;
- ha az elfogó repülőgép típusokat hasonlítjuk össze a sebességi és gyorsítási paramétereikben jelentkező különbség a lehetséges elfogási terepszakasz távolságát nem befolyásolja lényegesen. Ugyanakkor a két hajtómű az indítás idejét, mind az üzemanyag fogyasztást jelentősen növeli, ami úgy harcászati, mind gazdaságilag hátrányos.
- sokkal lényegesebb lenne a repülőgépeken, olyan fedélzeti rakéták alkalmazhatósága, melyek aktív önrávezető fejjel rendelkeznek és indítási távolságuk szembe támadás esetén minél nagyobb;
- ezért a harcászati vadászrepülőgépek beszerzésénél nagyon fontos kérdés a minél hatékonyabb fedélzeti fegyverrendszer, ami jelentősen befolyásolja a repülőgép harcászati teljesítményét. Gazdaságossági szempontból olyan – fedélzeti számítógéppel rendelkező – repülőgép beszerzése célszerű, amelyik szoftverfejlesztéssel alkalmassá tehető a fedélzeti fegyverrendszer folyamatos továbbfejlesztésére, tökéletesítésére.

A légi harccal kapcsolatos fejlesztési tendencia azt mutatja, hogy a célok megsemmisítési képességét nem annyira a sebességi és manőver paraméterek növelése, mint inkább a jó lopakodó tulajdonságok, fedélzeti radarberendezés és a rakéták felderítési és indítási távolsága, valamint a rakéták önálló célra vezetési képessége határozza meg [92, 93].

Ezáltal két tényező lett nagyon fontos:

- AZ INDÍTHATÓSÁG A LÁTÓHATÁRON TÚLI CÉLRA, valamint
- a LŐJ ÉS FELEJTSD EL elv, ami azt jelenti, hogy az elfogó repülőgép nem követi tovább a célt.

Ezáltal a légi célok megsemmisítésénél a közel légi harc csak valamilyen váratlan tényező miatt következhet be, megvívását pedig a közel légi harc rakéták manőver paraméterei állandó javításával igyekeznek eredményessé tenni.

Harcászati szempontból mindinkább előtérbe kerül, olyan repülőgépek kifejlesztése, melyek nem igényelnek hosszú, merev burkolatú fel- és leszálló pályát, hanem rövid – országúti – szakaszon képesek le- és felszállni vagy akár a függőleges leszállásra is alkalmasak. Ez utóbbit bizonyítja az úgynevezett egységesített csapásmérő vadászrepülőgép (JSF – Joint Strike Fighter)²⁷ intenzív fejlesztése az USA-ban [44].

²⁷ lásd a jelölt ezen irányú egyéb publikációit a felsorolt irodalomjegyzékben [S.28, S.30, S.33, S.36, S.38, S.39, S.42, S.44].

A vizsgált típusok közül a JAS–39 képes az országúti bázisról történő fel és leszállásra, valamint a lopakodó tulajdonságok közül a kis radar keresztmetszet és a nagy mennyiségű szén-szálás műanyag borítás által törekedett jó lopakodó jellemzők elérésére. Természetesen nem éri el az F–117 vagy a B–2 lopakodási szintjét, de e paraméterei jobbak a vizsgált három másiknál.

2.8.3.2 A légi csapás

A légi csapás a repülőgépek terhelhetősége, és ehhez tartozó hatótávolsága határozza meg. A vadászrepülőgépekkel légi csapást csak közeli harcászati mélységben hajtanak végre. Nagyobb távolságú vagy nagyobb erejű légi csapásokhoz különböző kategóriájú bombázó repülőgépeket alkalmaznak.

Ebből fakad, hogy **front** esetén a vadászrepülőgépekkel történő harcászati csapásmérés mélysége általában nem haladja meg a 350–450 kilométert.

Ennek alapján a 2.7. táblázatban (a 2.mellékletből) levő adatok azt bizonyítják, hogy a feladatra mind a négy vizsgált repülőgép megfelel.

2.7. táblázat

Bomba terhelés és hatósugár meghatározása

Repülőgép típus	F–16C	F/A–18C	MIG–29B	JAS–39
Külső függesztmény (kg) – Weapon load	6800	7000	3000	3500
Hatósugár (km) – Combat radius	1260	1037	750	800

Korunkban a vadászrepülőgépek a légi csapást nem annyira a nagy súlyú hagyományos bombákkal, mint inkább a korszerű „okos” (smart) fegyverekkel hajtják végre. Ezek jellegzetessége a pontos célba találás, a hatékony rombolás, vagy terület lefogás, illetve a fegyver indíthatósága az ellenséges vonalak előtt (stand off weapon). Ezek a fegyverek csak a legkorszerűbb repülőgépekről alkalmazhatók.

Következésképpen tehát, nem csak azt kell vizsgálni milyen a repülőgép külső teherszállítási képessége és hatósugara, hanem azt is, hogy milyen korszerű és mennyire hatékony fegyverzet célba juttatására képes.

Mivel a közeli harcászati mélységben mind a négy repülőgép képes a csapásmérésre, a szükséges távolságra, fő kérdésnek tartom a célba juttatható fegyverzet vizsgálatát.

2.8.3.3 A harcászati légi felderítés

E feladattal kapcsolatban el kell mondani, hogy korszerű harcászati vadászrepülőgépek olyan beépített fedélzeti felderítő és célzó lokátorral rendelkeznek, mely az alattuk levő terület térképezésére és adatátviteli rendszer segítségével valós időben történő továbbítására is képes. Egy ilyen digitális térkép kiválóan alkalmas a felderítendő objektumok elemzésére.

Az említett rendszereken kívül a külső függesztő tartókon is elhelyezhetők speciális felderítő konténerek, melyekben optikai, infra és rádiófrekvenciás felderítő berendezések lehetnek

elhelyezve. A fő, hogy a repülőgép képes legyen ezek működtetésére. Ma már a harcászati felderítésre nem építenek külön repülőgépeket, hanem a fenti módon oldják meg a kérdést.

Természetesen a stratégiai felderítést műholdakkal, korai előrejelző repülőgépekkel végzik. A vizsgált típusok közül csak a MIG-29 nem rendelkezik a fent leírt konténer függeszthetőségi lehetőséggel [104, 107].

2.8.4 A túlélőképesség és a gazdaságosság összefüggése

A korszerű harcászati vadászrepülőgépek egyik legfontosabb tulajdonsága a túlélőképesség. Ezalatt azt a fogalmat értjük, hogy ha a repülőgép a levegőben meghibásodik, találat éri, akkor milyen adottságokkal rendelkezik ezek hatásának kivédésére és a bázisra történő visszatérésre. Általában ezeket az alábbi tényezők befolyásolják:

- A REPÜLŐGÉP ELLENSÉGES TÁMADÁS ELLENI VÉDELME. Ebbe beletartozik a saját fegyverzet hatótávolsága, hatékonysága, ami képessé teszi arra, hogy elsőként semmisítse meg a támadót, valamint a berendezések, rendszerek többszörös tartalékolása, ami alkalmassá teszi, a rendszer üzemképtelenné válása esetén a tartalék rendszer(ek) egymás utáni működésbe lépésével a meghibásodás, vagy találat következményei kivédésére;
- A REPÜLŐGÉP FELSZERELTSÉGE KOMPUTER VEZÉRELT REPÜLŐGÉP VEZETÉSI (FLY-BY-WIRE) RENDSZERREL, ami képessé teszi a további repülésre;
- A REPÜLŐGÉP MEGFELELŐ LOPAKODÓ SAJÁTÓSÁGAI, melyek nehezítik mind a radar, mind az infra, mind a vizuális felderíthetőségét, rontják az ellenség célzási lehetőségeit.

Mindezek a tényezők nagyon pozitívan hatnak a gazdaságosságra, mivel segítenek megőrizni a repülőgépet, mind békében, mind háborúban.

2.8.5 A harcászati vadászrepülőgépek megbízhatósági mutatói és a gazdaságosság

A repülőgépek megbízhatósági jellemzői nemzetközileg szabványosítottak, azokat minden gyártó cég, minden típusra, elméleti úton és a gyakorlati tapasztalatok figyelembe vételével számolja, a repülőgépről adott információs anyagaiban szerepelteti. A matematikai statisztika alapján meghatározott számérték akkor igazán pontos, ha minél szélesebb adatbázist tud figyelembe venni. A megbízhatósági jellemzők alapvetően a tervező és a gyártó által beépített szintet tükrözik, azonban ez csak szakszerű fenntartói tevékenység mellett realizálható.

A megbízhatósági paraméterek a gazdaságosság szempontjából azért nagyon fontosak, mert ezek határozzák meg a fenntartási költségeket. Egyrészt az alkatrész igényt és mennyiséget, másrészt a munka ráfordítást. Ha a paraméterek igazak az éves alkatrész igények és a munkavégzés ezen bázison kialakított szervezete megfelelő, ha nem, úgy üzemképtelenség és a személyi állomány túlterhelése jelentkezik [105].

A 2. sz. mellékletben feltüntettem a legfontosabb átlagos jellemzőket, melyeket általában a típusok összehasonlításánál szoktak alkalmazni (MTBF, MTTR, stb.). Azonban repülőgép

beszerzéskor a gyártó köteles bemutatni a tételes, alkatrészenkénti, csomópontonkénti adatokat, melyek az első két év alkatrész beszerzési bázisaként szolgálnak.

Annak kivédésére, hogy esetleg a gyártó nem megalapozott paramétereket közöl, a szerződésben ki lehet kötni, hogy ha a tapasztalati adatok túllépnek a megadott értékeken annak költségei a gyártót terhelik.

A 2. és 3. sz. melléletekben²⁸ csak bemutatásképpen közöltem adatokat. Ezeken kívül még nagyon sok mutató vizsgálata fontos, azonban kereskedelmi okokból azokat a gyártók csak bizalmas okmányokban, tenderen vagy szerződéskötésen hajlandók bemutatni. Ezért nagyon fontosnak tartom a beszerzéskor ajánlattevő cégek részéről szerződésbe foglalható megbízhatósági adatok bekérését.

2.8.6 Az élettartam költségek hatása az éves kiképzési tervek végrehajtására

A repülőgépek gazdaságosságának egyik legfontosabb mutatója az élettartam költség. Ebbe beleszámítják a beszerzés, a működés és a fenntartás összes költségeit. Ezen költségek közül a beszerzés költsége azonnal, a többi költség az alkalmazás során jelentkezik. Nyilvánvaló, hogy a fenntartási költségek jelentősen függnék az alkalmazás intenzitásától, azonban a megbízhatósági és a túlélőképességi paraméterek is meghatározók.

Az élettartam költségeket meghatározó főbb paraméterek az alábbiak:

- A REPÜLŐGÉP TECHNIKAI ÜZEMIDEJE, VAGY ÉLETTARTAMA. Ez az a idő, amellyel az évenként jelentkező üzemeltetési költségeket diszkontáljuk²⁹. A rendszerben tartható idő függ a teljes technikai élettartamtól, de ezen belül függ az elavulástól is [27]. Ezen azt értjük, hogy a repülőgép harcászati paraméterei és fegyverzete meddig képes megfelelni a kor követelményeinek. Azok a leggazdaságosabb repülőgépek, melyek rendszerei maximálisan komputer vezéreltek, ezáltal a repülőgépnek az idő során esetleg elavuló fegyverzeti, vagy más berendezését, rendszerét egyszerű szoftver cserével korszerűvé lehet tenni. Erre jó példa az F-16, melynek az elmúlt több mint húsz évben sok változata jelent meg és még újabb változatai is készülnek. Ugyanilyen a JAS-39, ami szintén alapvetően komputer vezérelt és ezáltal folyamatosan tovább fejleszthető;
- A REPÜLŐGÉP JAVÍTÁSKÖZI ÜZEMIDEJE, ami alatt értjük a repülőgép két egymást követő javítása között ledolgozott üzemidőt [6]. Bizonyos repült óra, vagy naptári idő után a legtöbb repülőgépen végre kell hajtani ipari szintű átvizsgálást és helyreállítást, azonban nem mindegy, hogy milyen gyakorisággal, illetve milyen mélységű megbontással.

²⁸ A szakirodalmakat tanulmányozva [20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31, 40, 45, 46, 47, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 98, 99, 100, 101, 102, 108, 113, 117, 118, 119, 120, 122, 125, 127, 134, 135, 142].

²⁹ A diszkontálás: pénzáramlások jelenértékének meghatározása.

Ezek a paraméterek jelentősen befolyásolják a fenntartási költségeket. Általában a nagyjavítás az új termék árának 25–30%-a. A korszerű repülőgépeket felszerelték beépített hibajelző rendszerrel, illetve a fő teherviselő elemeken terhelésmérőkkel, melyek adatait a fedélzeti komputerből repülési feladatonként összegyűjtik és elemzik, ezáltal folyamatosan ismerik a repülőgép és rendszerei tényleges technikai állapotát. Ilyen, úgynevezett állapot szerint üzemeltethető repülőgépeknél a javításközi időt viszonylag hosszúra tudják meghatározni, vagy csak a paraméterek alakulása alapján egyedileg állapítják meg. Ez jelentősen csökkenti a fenntartási költséget;

- A FONTOSABB BERENDEZÉSEK ÉLETTARTAMA, JAVÍTÁSKÖZI ÜZEMIDEJE. Ilyenek pl. a hajtómű, vagy más berendezések, melyek üzemideje eltér a repülőgépétől. Ezeknek a javítását, cseréjét külön végzik, költségeik jelentősen növelhetik a repülőgép fenntartási költségeit.

A repülő harckiképzés igényli a repülőgépek állandó repültetését, a magas szintű hadrafoghatóság pedig igényli a repülőgépek állandó üzemképességét. A két tényező csak akkor realizálható egyidejűleg, ha rendelkezésre áll a költségek fedezete.

Ezért már a beszerzéskor tisztázni kell az élettartam költségeket meghatározó paraméterek alapján mennyibe fog kerülni a repülőgépek egy repült órája, amit a fenti üzemidők, a típusra kialakított javítási rendszer, és a repülőgéptől függetlenül, külön üzemidővel rendelkező berendezések határoznak meg.

Korszerű repülőgépek nagyon nagy repülhető idővel rendelkeznek, ezért több tíz évig rendszerben tarthatók, többször korszerűsíthetők. Nyilván olyan repülőgépet célszerű beszerezni, amelynek ezalatt az időtartam alatt előre meghatározhatóan alacsony lesz a teljes élettartam költsége.

2.9 EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A megbízhatósági jellemzők célszerű kiválasztása, és meghibásodási adatok alapján egy vagy több mutató kiszámítása után, definiáljuk a hasonlósági kritériumokat, és a vizsgált eszközt összehasonlítjuk az ismert eszközökre vonatkozó adatokkal. Az összehasonlítás bizonytalanságának megállapításával a várható megbízhatósági paraméter vagy akár egy alkalmas összetett mutató előrejelzését végezhetjük el. Így teljesítjük azt a követelményt, hogy az előrejelzés mutassa meg az eszköz alapvető specifikáció szerinti megbízhatóságát az élettartama során, hogy alapot biztosítson az élettartam költségre, a logisztikai támogatásra, és az eszköz működési hatékonyságának analíziséhez.

Az adatok alapján az alábbi főbb következtetéseket vonhatjuk le:

- a repülőgépek alkalmazási, fenntartási költség mutatói ugyanolyan fontosak a beszerzésnél, mint a harcászati paraméterek;
- a repülőgépek beszerzésekor el kell érni, hogy a harcászati követelmények és az alkalmazási, fenntartási paraméterek között megfelelő optimumot hozzunk létre. Ezalatt azt értem, hogy a repülőgépek korszerű fegyverekkel, jó paraméterekkel, képesek legyenek a légi cél leküzdésére, ugyanakkor az éves szükséges fenntartási költségeiket a költségvetés képes legyen biztosítani.

Az elvégzett vizsgálatok eredménye bemutatta, hogy a harcászat-technikai és a fenntartási költség adatokat együtt kell vizsgálni, mert egy ország csak a saját nemzeti jövedelméből a védelemre fordítható részből tudja finanszírozni a védelmi eszközök fenntartását is.

Minden védelmi eszköznél a harcászati és költség tényezők kiválasztásánál a lehetséges optimumra kell törekedni. Szerintem ezek a vadászrepülőgépekre a következők:

- a harcászati paraméterek közül a légi harcot, a légi csapást és a harcászati légi felderítést biztosító eszközöknek szükséges és elégséges értékűek legyenek, részletesen vizsgálva, hogy egyes paraméterek értékének növelése, vagy csökkentése mennyivel növeli, vagy csökkenti a fenntartás költségét;
- az alkalmazható fegyverzeti eszközök, vagy rendszerek mennyivel növelik a repülőgép harcászati hatékonyságát, mennyire előnyösek az összköltség csökkentésénél;
- a korszerűség, a többcélú alkalmazhatóság, a számítógépesítés, automatizálás szintje, a túlélőképesség, valamint a megbízhatósági paraméterek és a továbbfejlesztetőség bemutatta, milyen naptári és repülési idejű rendszerben tartást tesz lehetővé, illetve hogyan alakítja az élettartam költségeket;
- melyik típus biztosítja a minimális éves költség szintet – elfogadható éves kiképzési repülési óraszám, illetve repülőgép hadrafoghatósági szint mellett –, a repülőgép vezetők harckiképzési szintjének és a repülőgépek előírt üzemképességi szintjének fenntartásához.

Mindebből az következik, hogy a beszerzési döntések előtt sok tényezőt figyelembe vevő számítást kell elvégezni, azonban minden felsorolt kritérium a típusok adatai részletes ismeretében könnyen gyorsan kiszámítható.

A továbbiakban rátérek a légi üzemeltetésből és a földi karbantartásból adódó tevékenységek megszervezésére.

3. AZ ÜZEMBENTARTÁS SZINTJEI, SZERVEZETI ELEMEI ÉS A TEVÉKENYSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Az üzembentartás nemzetközileg kialakított szervezetei három szinten tevékenykednek. „O” –angolul „organization” szintnek nevezik a repülések közvetlen kiszolgálását végző szervezetet. Ez a repülőtereken a repülőgépek repülés előtti, repülés utáni, illetve ismételt repülési feladatra történő előkészítését végzi. Katonai repüléseknél általában alegység (század) szintű szervezet végzi ezt a tevékenységet. Technikai szempontból a repülőgépnek teljesen üzemképesnek kell lennie. Rajtuk általában csak üzemanyag és fegyverzet feltöltést, rakéta, vagy speciális berendezés felfüggesztést, általános üzemképesség ellenőrzést végeznek. A végrehajtó szervezet nagysága függ az alegység repülőgépeinek számától, a repülőgépek speciális berendezéseitől és fegyverzetétől, valamint a gyártó által előírt ellenőrzési feladatok időtartamától. Célszerű, ha a repülések előkészítésénél a „starton”, vagyis a közvetlen repülés előkészítési zónában, a szerkezet megbontásával járó, mélyebb hibajavító tevékenység nem történik.

„I” azaz „intermediate” vagy „közép” szintnek nevezik a repülőgépeken történő előírt periodikus ellenőrzések végrehajtását. Ennek érdekében a javítási, ellenőrzési célnak megfelelő hangárt és műhelyt hoznak létre a technológiai folyamatok szakszerű végrehajtására. Az „I” szintű tevékenység létszám és szakképzettség szükségletét a karbantartási technológiában előírt szakmák és munkaigény alapján határozzák meg.

A „D” azaz „DEPOT” szintnek nevezik a repülőgépek ipari nagyjavítását. Ennek a javítási formának feladata az előző két ellenőrzési technológia végrehajtásával, alapvetően csapat szinten végzett ellenőrző javító tevékenység kiegészítése a repülőgépek olyan mélységű szétszerelésével, az alkatrészek, berendezések szétszerelt állapotban történő, főleg műszeres vizsgálatával, melyet csapat szinten nem célszerű végezni. (Ennek gazdaságossági vizsgálatára később visszatérek.) [52, 103, S.3]

Az üzembentartást végző szervezet mind felépítésében, mind tevékenységében alapvetően kihat a repülőtechnika működési költségeire. A működési költség összetevői:

- a tartalék anyagok szükséglete egy repült órára;
- a földi kiszolgálás munkaóra szükséglete egy repült órára;
- üzem, kenőanyag, egyéb anyag felhasználás egy repült órára.

A tartalék alkatrész szükséglet meghatározását a megbízhatóság elmélet segítségével példán fogom alkalmazni (lásd az 5. fejezetben).

Az üzem, kenőanyag, egyéb anyagok felhasználása egy repült órára megadásra kerül a repülőgépek technikai leírásaiban.

Az üzembentartó szervezet kialakítása előtt el kell dönteni, alapvetően az üzemben tartott *repülőgépek mennyiségének függvényében*, hogy:

- hány alegységben lesz telepítve a repülő géppark;
- az alegységek egy, vagy több repülőtéren lesznek elhelyezve;
- az „I” szintű kiszolgálás egy, vagy több településen történik;
- a „D” szintű kiszolgálás hazai vagy külföldi bázison fog történni.

Teljesen nyilvánvaló, hogy az üzembentartó szervezet szintjeinek mennyisége függ az üzemben tartott repülőgépek számától.

Egy alegységbe 12 db harci, és 2 db gyakorló harci repülőgépet célszerű szervezni. Az alegység feladata az „O” szintű üzembentartási feladatok ellátása. Ennek érdekében alapvetően, olyan kiképzett szervezetet kell létrehozni, amely a repülőgépek számát és a kiszolgálásra kerülő szakterületek specifikumát figyelembe veszi. Ez repülőgépenként 5-7 fő személyi állományt igényel általában.

„I” szintű szervezet akkor is szükséges, ha csak egy alegység, vagyis 14 db repülőgép üzembentartását kell biztosítani. Mivel bármennyire törekszünk is a hibajavító tevékenységet csökkenteni, bizonyos repült óra, vagy naptári idő után karbantartási feladatok szükségessé válnak, illetve bonyolultabb, nagyobb berendezések cseréjét csak megfelelő hangár, szakműhely segítségével végezhetjük, az „I” szintű tevékenységen állandóan számolhatunk a géplétszám 0,1–0,15%-ával. Ennek létszám igénye a szakműhelyek, azok speciális berendezésekkel való ellátottsága, és a javításon levő repülőgépek számából meghatározható.

Célszerű a repülőgép gyártójával megállapodni a „D” szintű ellenőrzések javítások elvégzésére a gyártó, vagy valamelyik nagyszámú repülőgépet üzembentartó bázisán.

Amennyiben hazailag csak „O” és „I” szintű üzembentartás történik, akkor lényegesen kisebb tartalék alkatrész készlet, földi berendezés, személyi állomány, épület és gépi, illetve ellenőrző berendezés válik szükségessé. Ez lényegesen csökkenti az üzembentartás költségeit.

Annak érdekében, hogy vizsgálni tudjam az üzembentartás szervezetét, elemezni kell a repülőgéppel szembeni, az üzembentartást alapjaiban meghatározó követelményeket.

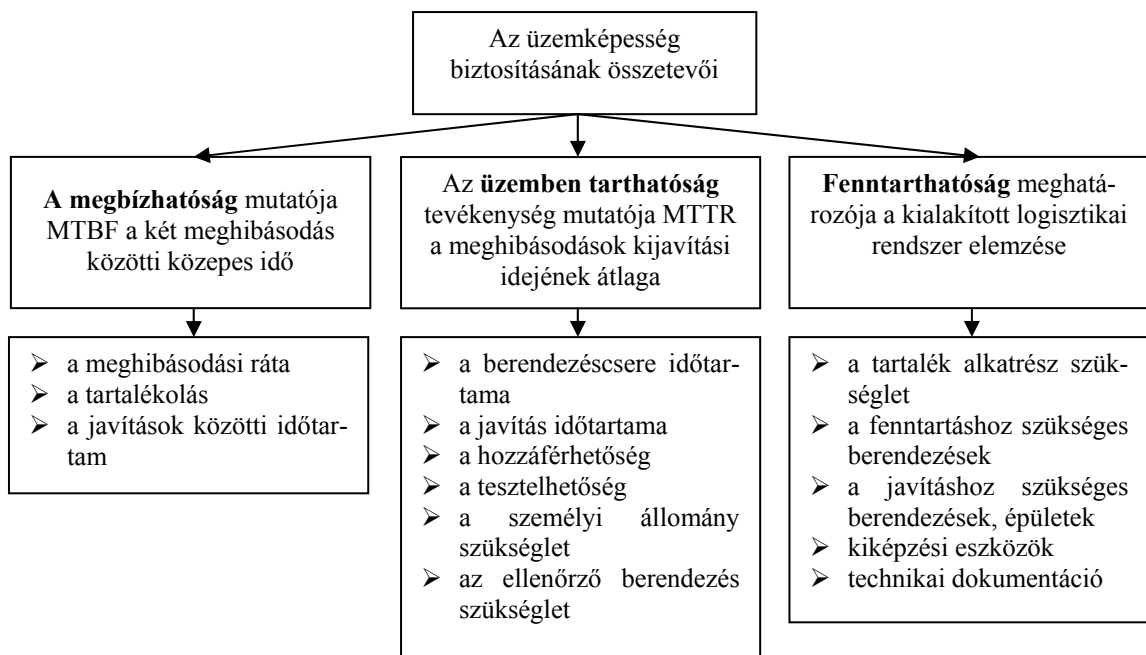
A repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenléti szint és a fenntartási költségek közötti egyensúlyt az üzembentartó tevékenység tartja fenn.

Az üzembentartó tevékenység –véleményem szerint – három pilléren nyugszik (lásd 3.1 ábra). Első a repülőgép tervezésekor meghatározott és beépített megbízhatóság,

üzembentarthatóság, és fenntartás követelmény rendszere. A második az üzembentartási koncepció és a logisztikai források. A harmadik pedig az üzembentartási koncepció finomítása és optimalizálása, a logisztikai források folyamatos biztosítása az üzembentartási tapasztalatok gyűjtése és elemzése alapján.

Ezen pilléreknek a repülőgép élettartama alatti együttes biztosítása, lehetővé teszi a fenntartás leginkább költségkímélő megoldásait, a repülőgép maximális üzemképességi, hadrafoghatósági szintjének biztosítását.

A maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.



3.1. ábra. Az üzemképesség biztosításának összetevői

A repülőgépek tervezésénél figyelembe veszik a korábbi típusokon alkalmazott gyártástechnológiai módszereket és elért eredményeket, felhasználják azokat a megbízhatósági és üzembentartási jellemzőket, amelyeket ideális működési környezetben figyelembe tudnak venni a földi üzembentartásnál, úgy a tervezett, mint a nem tervezett karbantartó tevékenység során.

Az így fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, ezért függ az üzembentartás szervezetétől.

A továbbiakban megvizsgálom, hogy a fenti fogalmak és mérőszámok hogyan hatnak az összefüggésekre.

3.1 AZ ÜZEMBENTARTOTT REPÜLŐGÉP MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK ELEMZÉSE

A meghibásodások intenzitásának, más szóval rátájának kiszámítását a (2.11) egyenlet alapján határozhatjuk meg. A tervezés során párhuzamosan, esetleg többszörösen is párhuzamosítottan kapcsolt berendezések, rendszerek segítségével növelik a működési megbízhatóságot. Ez lehetővé teszi, hogy valamely berendezés, vagy rendszer meghibásodása esetén a repülőgép képes legyen feladata folytatására, és az előfordult meghibásodást a tönkrement egység cseréjével csak a feladat végrehajtása után kelljen elvégezni.

A repülőgépre vonatkozóan lehetséges, hogy a megbízhatóságot, mint a repülőgép üzemeltetésének meghatározott kezdeti időszakában összegyűjtött adatok alapján számított „gyakorlati” értéket határozzuk meg. De a gyakorlat, új repülőgép esetén jelenthet becslést, amit már működő, korábbi hasonló repülőgép adataival való összehasonlítással végzünk.

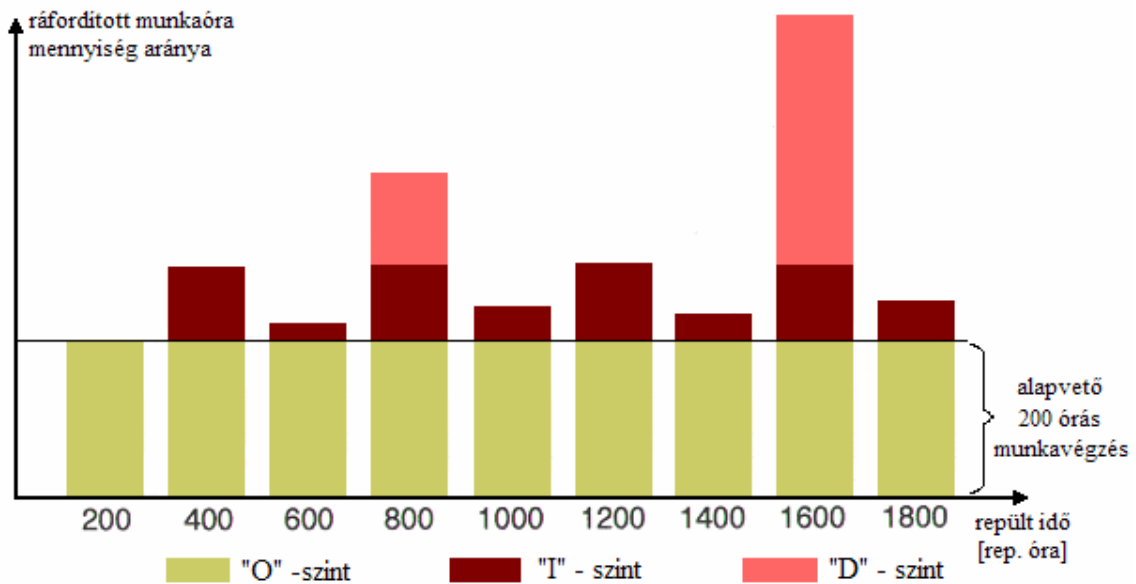
Például a Svéd Gripennél a két meghibásodás közötti repült idő becslését a korábbi Viggen típus üzembentartási adataival történt összehasonlítás útján határozták meg. A Viggennél az MTBF előre becsült értéke 5,5 repült óra volt. A gyakorlati üzembentartás során a mért eredmény 4,5 repült óra vagyis 18%-al kevesebb értéket mutatott. Ugyanazon nemzetközi MIL szabványok alkalmazása esetén a Gripenre az előre becsült MTBF érték 9,3 repült órát adott. Alkalmazva a Viggennél kapott eltérési százalékot a számított és a gyakorlatban mért értékek között a Gripenre az MTBF értékét 7,6 repült órában határozták meg, ami 18%-al kevesebb a számított értéknél. Ez a szám magába foglalja a repülőgépen bekövetkező valamennyi meghibásodást, a madárral való ütközés és a helytelen javító, karbantartó tevékenységből adódók kivételével [17, 32, 34, 60, 103, 127, 134].

Az előírt megbízhatósági szint fenntartását minden repülőgépnél *úgy a hibamegelőző, mint a hibajavító típusú üzembentartási módszerrel végzik*. A hibajavító rendszer tevékenységének alapja a beépített önellenőrző rendszer, mely rögzíti a bekövetkezett meghibásodást, és megfelelő kialakítás esetén közli annak helyét, a berendezés típusát, a hiba jellegét. Ezt a munkát általában az „O” szinten, szükség szerint végzik.

A hibamegelőző tevékenység, általában karbantartó jellegű, amit a repült időhöz, illetve az időjárás hatások ellensúlyozására, naptári időhöz kötik. Ennek tervezhetősége, valamint a karbantartások mélysége miatt megfelelő helye az „I” szinten van. Annak érdekében, hogy a karbantartási feladatok bonyolultságuk alapján, a repült és a naptári idő előrehaladásával követni tudják a repülőgép állapotának változását, egymásra épülnek. Ez azt jelenti,

hogy pl. a 400 repült óra után végzendő karbantartás magában foglalja a 200 óra után végzendő munkák munkapontjait is, és így tovább.

A hibamegelőző karbantartások időintervallumait tapasztalati úton határozzák meg és megfelelő időközök után, korrigálják.



3.2. ábra. Hibamegelőző karbantartás grafikonja [123]

A 3.2. ábrából látható, hogy az alapul vett 200 repült órák utáni ellenőrzések a leginkább indokolt feladatokat tartalmazzák, lényeges feladat növekedés a "D" szintű javítások esetén jelentkeznek, amikor a repülőgépet mélyen megbontják.

3.2 AZ ÜZEMBENTARTHATÓSÁG

Az üzembentartási munkák könnyű, vagy nehéz körülmények közötti végrehajtását a tervezés során döntenek el, amikor a berendezések elhelyezésénél figyelembe veszik (vagy sem), hogy azokat meghibásodás esetén cserélni kell. Ezért az egyik legfontosabb követelmény, a **hozzáférhetőség**. A repülőgépek tervezése során biztosítani kell, hogy a meghibásodott berendezéseket, könnyen, gyorsan cserélni lehessen. Ezt biztosítja a könnyű hozzáférhetőség. Ha a korszerű repülőgépek nyílás fedeleit szerszám nélkül, egy nyomógomb megnyomásával nyitni lehet, a berendezést gyorsan, szerszám nélkül oldható csatlakozó segítségével ki lehet szerelni, ez jelentős idő, és munkaerő megtakarítást jelent az „O” szintű kiszolgálásnál.

3.2.1 A javításhoz szükséges átlagos helyreállítási idő

A hibák kijavításához szükséges átlagos helyreállítási időtartam³⁰ vonatkozik a teljes üzemeltető tevékenységre mind a hibamegelőző, mind a hibajavító tevékenység során. A javító tevékenységnél magába foglalja a hiba behatárolását, a berendezéscsere előkészítését, a berendezés cseréjét vagy javítását és végül a javítás utáni állapot ellenőrzést. Az MTTR mérőszáma a felsorolt részidők összege [S.16, S.19]. A helyreállítás közepes idejének tartalmi összetevői

$$MTTR_i = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 \quad (3.1)$$

ahol:

- R1 — előkészítési idő;
- R2 — hiba behatárolási idő;
- R3 — berendezéscsere ideje;
- R4 — különböző helyreállítások ideje;
- R5 — rendszer ellenőrzés ideje.

Minden egyes elem fenti időtartamát külön megbecsülik és ellenőrzik. A Svéd Gripenre a gyártó például a 3.1 táblázatban az alábbi értékeket adja meg:

3.1. táblázat	Átlagos helyreállítási idő [103]
„O” szintű munkánál	2,9 munkaóra
„I” szintű munkánál	2,3 munkaóra
„D” szintű munkánál	4,5 munkaóra

A **berendezéscsere időtartama** meghatározó paraméter. Értékének meghatározása a munkaidő normázásával, átlagnorma kialakításával történik. Korszerű repülőgépekre nemzetközileg elfogadott normaként „O”, és „I” szintű munkák egy repült órára jutó szükséglete az MTTR-re 2,5 munkaóra.

3.2.2 A tesztelhetőség

A repülőgép könnyű és gyors ellenőrizhetősége különösen fontos a starton, az ismételt feladatra történő előkészítések során. Ennek általában két, egymást kiegészítő formáját alakítják ki. Az egyik forma a külső szemrevételezés. Ekkor a repülőgép szerelője figyelmesen körüljárja a repülőgépet annak megállapítására, hogy nincs-e valahol defor-

³⁰ MTTR (Mean Time to Repair) – átlagos helyreállítási idő. [MSZ IEC 50(191):1992, p. 38.]

málódás, folyadékszivárgás, repedés, vagy törés, illetve a felfüggesztett berendezések helyesen illeszkednek-e a repülőgéphez.

A második ellenőrzési folyamat a repülőgép fő kapcsolójával, a berendezések áram alá helyezése. A rendszerek elektromos táplálásának felkapcsolásakor minden esetben végrehajtásra kerül egy beépített teszt³¹, amely során ellenőrzi a rendszer elemeinek működőképességét, illetve az összeköttetést a perifériákkal. Amennyiben valamely rendszerem meghibásodása feltárássra kerül a beépített önkontrol segítségével, úgy a rendszer meghibásodása a repülőgépvezető fülke középső kijelzőjén³² megjelenik.

Az ellenőrzés egy összegzett státuszjelentéssel zárul, mely szerint a repülőgép a repülési feladat végrehajtására alkalmas „Safety Check OK”, vagy a rendszer meghibásodást észlelt „Mission Critical Fault” esetleg a repülés biztonságra kihatással bíró hiba üzenet jelenik meg „Flight Safety Critical Fault” [12].

3.2.3 A személyi állomány szükséglet

A munkavégző szervezet személyzetének vizsgálatával – kiválasztásával, kiképzésével, foglalkoztatásával – a munkalélektan foglalkozik, a munkahely berendezése, alkalmassá tétele a feladat elvégzése az ergonómia területére tartozik.

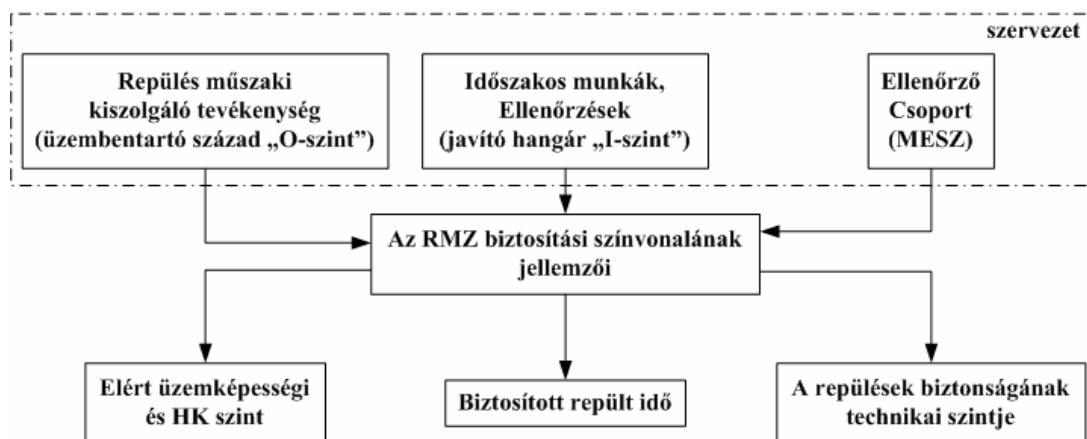
A repülőtechnikán végzett munka mindenki számára, aki közvetlenül érintkezik vele, felveti a felelősség – különösen nagy érték és az emberélet – iránti igényt. Ezért a probléma vizsgálatánál mindezen tényezőket figyelembe kell venni. Éppen emiatt a repülőtechnika üzemeltetését a követelmények oldaláról nem lehet egy szinten kezelni semmilyen más technikai eszköz üzemeltetésével [S.12].

3.2.3.1 A szakemberek iránti igény

A repülőtechnikán valamennyi munkát a MH repülőcsapatainál a Repülő mérnök-műszaki zászlóalj (RMZ) személyi állománya végzi. E tevékenysége során rendszeres, előírt kizsoltgáló- és ellenőrző tevékenység, valamint időszakos javítások és ellenőrzések sorozatával biztosítja a kívánt (elérhető) üzemképességi, harckészültségi, illetve repülésbiztonsági szintet, valamint a kiképzéshez, harcfeladat ellátásához szükséges repült időt (3.3. ábra).

³¹ A beépített önellenőrzés funkciót a rendszerszámítógépben (System Computer) lévő program felügyeli és gyűjti a rendszerektől érkező állapotjeleket, melyek itt kerülnek értékelésre és összegzett formában jelentésre az alkalmazó részére. A beépített önellenőrző rendszer az úgynevezett „Safety Check” (SC) lehet automatikus, vagy kézi indítású.

³² Central Display-n.



3.3. ábra. Az RMZ tevékenység funkcionális vázlata [105]

Tehát azt mondhatjuk, hogy az RMZ személyi állománya tevékenységének célja a repülőeszköz tulajdonságai közül a technikai feltételekkel biztosítható hatékonysági jellemzők maximumának a legalacsonyabb munka- és anyagi ráfordítás mellett történő fenntartása [92, 93, 105, S.12].

A 3.3 ábrán látható, hogy repülő ezred szinten a repülőgépek üzemeltetésének megszervezésére, létre kell hozni olyan alegységet, amelyik kizárólag az „O” szintű üzemeltetési feladatokat hajtja végre. Ez az alegység helyileg a repülőgépek közelében települ, hozzá tartozik a repülőgépek álló, illetve tárolási helye, ami jelenleg bizonyos védeltséget biztosító fedezékekből áll. Itt történik a repülőgépek repülésre történő előkészítése, őrzése, tárolása. Innen történik kigurulásuk, vagy kivontatásuk a kiképzési, vagy harci feladatok végrehajtásához a startra, vagy indítási zónába.

Az indítási zónában történik a repülőgépek ismételt repülési feladatra történő előkészítése, illetve a repülési feladatok befejezése után a repülés utáni előkészítés és a fedezékbe történő visszavontatás.

Az „I” szintű üzemeltetési feladatok előkészítésére, szakműhelyekkel rendelkező hangár épület szükséges. A hangár azért fontos, mert az „I” szintű technológiai feladatok jelentős részénél a repülőgépet megbontják, ugyanakkor a belső tereket óvni kell az időjárás, vagy a környezet hatásaitól. A szakműhelyek felszereltsége, tegye lehetővé az előírt technológiai munkapontok végrehajtását.

Magyarországon, a polgári repülés területén alkalmazzák 2042/2003/EK rendeletben a PART–145 cím alatt Karbantartó szervezetre vonatkozó előírásokat (JAR-145). Ezen belül a fent már említett 21/1998 HM rendelet meghatározza „A gyártás, javítás és a karbantartás feltételeit”, melyek mind az „O”, mind az „I” szintű feladatok végrehajtására vonatkoznak.

Az ellenőrző tevékenység által gyűjtött adatok elemzésére, az eredmények alapján az üzemmentartási előírások helyesbítésének, az anyagbiztosítást érintő módosítások kidolgozásának elkészítésére adatfeldolgozó szervezetet kell létrehozni.

Azért, hogy az üzemmentartó szervezet képes legyen az elé állított feladatokat maradéktalanul elvégezni, rendelkeznie kell a megfelelő szervezettel, létszámmal.

3.2.3.2 A létszám

A munka végrehajtásának színvonala nagymértékben függ az üzemmentartó szervezet létszámától, melyet alapvetően meghatároz a szakképzettség megoszlása és annak szintje. Ez a fajta felosztás azért szükséges, mert egyrészt a különböző üzemmentartási munkák más és más szakképzettséget igényelnek (pl. gépész, elektromos, rádiótechnikai, fegyverzettechnikai stb.), másrészt a munka bonyolultsága meghatározza, hogy milyen képzettséggel rendelkező szakember képes annak elvégzésére [105, 112, S.12].

A repülőzrednél alapvetően két feladatot kell jelenleg és a jövőben is végrehajtani, egyrészt a repülések kiszolgálását, másrészt az időszakonként esedékes átvizsgálásokat, karbantartásokat és javításokat. Mindkét esetben biztosítani kell a végrehajtás és az ellenőrzés függetlenségét, azaz szavatolni a minőséget. A munka végrehajtásához megfelelően felkészült szakállományra van szükség.

A különböző állománykategóriák³³ szakmai feladataik arányában képviselik a szervezetüket. Ezen feladatok elvégzésére kapacitászámítást végzünk. A szükséges és rendelkezésre álló munkakapacitás egyensúlya adja a létszámok normalizálható szintjét.

A létszám a naptári idő függvényében rendelkezik bizonyos ingadozással (szabadság, betegség, szolgálat, vezénylések stb.). Ennek figyelése fontos, mert a – krónikussá váló, hosszú ideig tartó – létszámhiány túlterhelést okoz, amely rontja a munkafegyelmet, a technológiai fegyelem megsértését idézheti elő, ami csökkenti a repülések biztonságát.

3.2.3.3 A személyi feltételek minőségi problémái

A megfelelő létszám biztosítása, a munkavégzés személyi feltételeinek csak egyik oldala. A munkavégzés színvonala csak akkor éri el a követelmények szintjét, ha a létszámon belül megfelelő a munkaköri alkalmasság is. Ez alatt a személyiség azon tulajdonságait értem, hogy az adott munkaterületen képes a feladatok megfelelő ellátására.

Ma már tudományosan bizonyított, hogy nem minden ember képes mindenféle munka ellátására. Ennek legjobb példája, hogy a repülőgépek vezetésére csak kiváló fizikumú és

³³ Mechanikus, technikus, mérnök, stb.

egészségű személyek alkalmasak. Nem ennyire szemléletes, de bizonyítható, hogy a repülőtechnika üzemeltetését is csak megfelelő személyiségi jellemzőkkel rendelkező emberek tudják eredményesen végezni [105, S.12].

Melyek ezek a jellemzők:

- *az alkati, fizikai és az egészségügyi alkalmasság:* A hivatásos katonákat és a szerződéses állományúakat is érintik az általános testi, fizikai állapot szint elvárásai, amit a kiképzettség- felkészítettség normaszint táblázatai rögzítenek. Az is megállapítható, hogy sem az eddigi mentális előéletünk és a szolgálati viszony létesítése előtti ez irányú állami szintű felkészítés még ma sem egymásra épülő, permanens folyamat. Ugyanakkor tények igazolják, hogy a fizikai tréning (edzettség) és az azzal párosított pszichikai felkészítés kulcsfontosságú szerepet játszik az átélt konfliktushelyzetek eredményesebb megoldásában, a személyi veszteségek csökkentésében. A fizikai felkészítés, kiképzés területén az új szövetségi rendszerben vállalt kötelezettségeink területén az elvárások következetesebb teljesülését kell elérnünk [50]. A repülőtechnika üzemeltetése alapvetően szabad ég alatt, az időjárás viszontagságainak kitéve történik, ez fizikai állóképességet igényel. A hajtóművek, berendezések ellenőrzése, próbája jelentős pszichikai és zajhatással jár. Eközben a munkavégző köteles megfigyeléseket, szabályozásokat végezni hibamentesen. A fizikai, pszichikai igénybevételből adódó megterhelést csak egészségileg alkalmas ember képes huzamos időn keresztül, minimális hibaszázalékkal végezni [105, S.12];
- *az erkölcsi magatartás:* A repülőtechnikán végzett munka során alapvetőek a következő tulajdonságok, mint a felelősségérzet, a szorgalom, az öntudatos munkafegyelem, a kötelességtudat. A fegyelmezetlen, felelőtlen ember nagy veszélyt jelent a repülések biztonsága szempontjából. A fenti tulajdonságok hiányát esetenként egy-egy kirívó műszaki rendkívüli esemény – vagy *rendkívüli repülőesemény* (a katasztrófa³⁴, a szerencsétlenség³⁵ és a sérüléskategóriák³⁶ együttesen) –, kivizs-

³⁴ *Légi katasztrófáról* beszélünk, ha a repülési tevékenység céljából a légi jármű fedélzetén tartózkodó személyzet vagy utasok közül akár egy is életét veszítette, vagy olyan súlyos sérülést, fertőzést, mérgezést stb. kapott, amely a fedélzet elhagyása után tíz napon belül a sérült halálát okozta [121].

³⁵ *Légi szerencsétlenségnek* tekintjük azt az eseményt, amelynek során a légi jármű olyan súlyosan károsodott, vagy olyan helyen hajtott végre – egyébként sikeres – kényszerleszállást, hogy annak felújítása, biztonságos, működőképes állapotának a helyreállítása műszaki vagy/és gazdasági okok miatt nem célszerű, illetve a kényszerleszállás helyéről gazdaságosan nem szállítható el [121].

³⁶ *Sérülésnek* nevezzük a légi jármű olyan meghibásodását, törését, amely után annak előírt rendeltetése szerinti állapota ismét visszaállítható [121].

gálása során tárjuk fel, holott ezeket előzetes, alapos munkalélektani vizsgálat is feltárhatná, és akkor megelőzhetnénk a rendkívüli esemény bekövetkezését [121];

— *munkaköri rátermettség, adottságok, képességek*: Azok a készségek, melyek elősegítik a precíz, pontos munkavégzést. Ilyenek a nyugodtság, precizitás, a hibaelhárításnál kombináló készség, a memória- és időbeosztási képesség, koncentráció-képesség stb. Ezek született vagy az élet során kialakult képességek. Ezeket tanulásal elsajátítani nehéz, ennek ellenére nagyon szükségesek a munkavégzés során. Ezen képességek hiányát is események, a technológiai fegyelem véletlenszerű megsértései hozzák felszínre. Több esetben kiderült, hogy a technológiai fegyelemsértés, nem rosszhiszeműségből, hanem a munkavégző szükséges képességei hiányából következett be;

— *a képzéssel és a tevékenységbeni jártassággal megszerezhető ismeretek*: ezalatt az oktatható és elsajátítható, pályánként és munkakörönként differenciált igényű általános-, szak- és helyi ismeretek összességét értem [105]. A repülőtechnikai eszközöket üzemeltető szakállománnyal szemben mindig is magasra állította a gyakorlati készségek mércéjét az emberi élet tisztelete, a nagy értékű technikai eszköz, a repülésbiztonság iránti felelősségérzet. Az elmúlt évtizedekben üzemeltetett repülőtechnika kiszolgálását végzők minden tekintetben, – időszakonként az objektív feltételek hiánya esetén is – igazolták felkészültségüket, kreativitásukat számos műszaki probléma megoldásában. Az utóbbi években átstrukturálódott a típusorientáltságú gyakorlati készség- és jártasság mértékének szintje. Az elérhető készségek, jártasságok követelményei továbbra is az értékrendben kialakított szinten kell maradjanak, miközben a tényleges ellenőrző, karbantartó tevékenységben a hangsúly a háttérelmézést biztosító diagnosztikai eljárást végrehajtó ellenőrző technikai eszközpark kezelésére tevődik át.

3.2.3.4 A munkakörülmények, ergonómiai tényezők hatása a munkavégzésre

Ezen alfejezetben belül azokra a problémákra mutatok rá, amelyek befolyásolják a minőségi munkavégzést. Ezek a következők:

— *meteorológiai tényezők*: A repülőtechnika üzemeltetése nagyrészt szabad ég alatt történik, ezáltal úgy az ember, mint a repülőgép ki van téve az időjárás viszontagságainak. Ez kihatással van a munkavégzésre, mivel nagy mennyiségű, bonyolult műszerrel kell végrehajtani az ellenőrzéseket, szabályozásokat. Az idő-

járás hatását – eső, szél, por, fagy, erős napsütés³⁷ –, mely rongálja a repülőtechnikát, úgy lehet csökkenteni, ha:

- a repülőtechnika nagyobb szétszereléssel járó ellenőrzését, javítását hangárban, szerelőcsarnokban végezzük;
- a kiszolgálási tevékenység során szükségessé váló, kisebb megbontást igénylő javításhoz, ellenőrzéshez rendelkezünk merev vázas, vízhatlan, gördülő szerelősátrakkal, melyeket csapadékos időjárás esetén rá lehet tolni munkaterületre;
- a repülőtechnikáról leszerelt berendezéseket, műszereket, úgy a kiszolgáló, mint a javító szerveknél a javításukhoz előírt feltételeket biztosító műhelyhelyiségekben javítjuk;
- a nem üzemelő repülőtechnikát állandóan letakart állapotban tartjuk és óvjuk az esőtől, hótól valamint a napsugártól.

— *a zaj hatása:* A repülőtechnika zajszintje működés közben igen magas. Járó hajtóműnél, annak közelében a zajszint nagyobb mint 140 dB és fájdalomérzés lép fel a dobhártyán. A zaj hatása többirányú. Zavaró jellegénél fogva károsan befolyásolja a munkavégzők idegműködését, gátolja a beszéd útján történő érintkezést, ennél fogva csökkenti a munka hatásfokát. A zaj okozta károsodások elkerülésére – amit csak megelőzni lehet, gyógyítani nem –, indokolt megfelelő zajvédő eszközök használata. Egyes munkavégzőknél a zaj félelemérzetet is kivált. Ha ehhez párosul a repülőtechnikán végzett munka nagy felelőssége, akkor az ilyen munkavégzők képtelenné válnak a munkavégzésre. Ez is indokolja a pályatükör alapján történő vizsgálat szükségességét;

— *a munkafeltételek hatása:* A fentebb említetteken kívül a repülőtechnika biztonságos üzemeltetését befolyásolja:

- **AZ IGÉNYBEVÉTEL SZINTJE:** Az összefüggő munkavégzés időtartama és annak során a fáradtság ellensúlyozására, a pihenés biztosítása. A biztonság, technikailag megfelelően előkészített repülés csak akkor lehetséges, ha biztosítani tudjuk a személyi állomány megfelelő pihentetését, hogy ne lépjen fel fáradtság, a

³⁷ A repülőgép borításáról a jeget csak meleg vízzel, vagy meleg levegővel szabad eltávolítani. A ráfagyott takarókat tilos leszakítani, mert megsérülhet a festékbevonat, így azokat levétel előtt meleg levegővel le kell olvasztani. Csapadék (eső, hó, stb.) esetén ki kell szellőztetni a repülőgép törzsének belső tereit. Különös gondot kell fordítani a tüzelőanyag feltöltésére, hogy csapadék ne kerülhessen a tartályba. Ilyenkor a feltöltő pisztolyon védőernyőt kell alkalmazni. A téli hajtóműpróba vagy indítás előtt gondosan fel kell takarítani, tisztítani a szívócsatorna előtti területet és megbízhatóan kell a féktuskókat rögzíteni. Különösen figyelni kell a repülőgép levegő-, fék-, fékerő- stb. rendszereit, hogy be ne fagyjanak.

figyelem eltompulása, hibás tevékenység a repülőtechnikán végzett munka során. Ezt egyrészt a műszaki munkák helyes szervezésével, ellenőrzésével, másrészt a munka és pihenési feltételek biztosításával tudjuk megoldani;

- A MUNKAVÉGZÉS TECHNOLÓGIAI SZÍNVONALA, MŰSZEREZETTSÉGE: A korszerű repülőgépgyártás arra törekszik, hogy az ellenőrzési, előkészítési folyamatokat automatizálja, gyorsítsa és pontosabbá tegye. A mai korszerű repülőgépeken a rendszerek nem előírásos állapotát megmutató paramétereket a repülőgéphez csatlakoztatható mozgó laboratórium számítógépe vizsgálja és a már nem előírásos értékű berendezéseket, a meghibásodást jelző paraméterrel együtt kiírja. Ez jelentősen lecsökkenti és megkönnyíti az üzembentartó személyi állomány munkáját, az ellenőrző, hibajavító tevékenységet. Tehát a személyi állomány munkájának megkönnyítése, az ellenőrzések szakszerűségének fokozása, a munkafeltételek javítása, a repülések technikai biztonságának növelése egyaránt igényli a munkavégzési technológia színvonalának, műszerezettségének növelését.

3.2.4 Földi kiszolgáló eszközök³⁸

A repülőgépek ellenőrzéséhez, javításához többféle földi berendezés szükséges. Korábban ezek döntő része önjáróan, tehergépkocsik felépítményében volt elhelyezve, jelenleg egy részüket már a repülőgép fedélzetén működő berendezésekkel helyettesítették (JAS-39)³⁹.

A földi kiszolgáló eszközök úgy kerültek kifejlesztésre, hogy azokat viszonylag kis számú személyzet legyen képes mozgatni, illetve hadműveleti alkalmazás esetén légi úton is könnyen szállíthatóak legyenek [12].

Kritikus és nagyméretű elem a földi energiaellátó és hűtőlevegő termelő egység. Ennek szállítása közúton vagy vasúton biztosítható. Az alkalmazása azonban kompromisszumosan mellőzhető, hiszen az indító és segédhajtómű nem rendelkezik olyan szűk üzem és ciklusidő paraméterekkel, mint a MIG-29 típusú repülőgép indítóhajtóműve.

A műszaki kiszolgálás viszonylag kisszámú mérő és ellenőrző berendezést tartalmaz, hiszen a beépített önellenőrző rendszer nagyon sok olyan funkciót átvesz, amelyeket korábban költséges tesztberendezésekkel lehetett végrehajtani. A korábban üzemeltetett típusok esetében számos ellenőrző berendezés hitelesítése, javítása, karbantartása további terheket rótt a rendszerre és jelentős erőforrásokat vont el. Jelenleg is komoly

³⁸ GSE, Ground Support Equipment — Földi kiszolgáló berendezések.

³⁹ A Gripenen alkalmazott megoldások megközelítik az elvárhatót.

feladatot jelent a MIG-29 típusú repülőgépek kiszolgálási rendszerébe tartozó MOBIL KOMPLEX kocsik javítása, hitelesítése.

A Gripen repülőgép kiszolgálási rendszere az üzemanyag kezelés kivételével mellőzi gépjárműre telepített aggregátokat, folyadék és gázutánpótlást biztosító rendszereket.

Az összes eszköz, amely a repülőgépek repülési zónában történő kiszolgálásához szükséges az egy egytengelyes utánfutón került készletezésre. A speciális kenőanyagok feltöltéséhez szükséges eszközöket egy ember képes mozgatni és nem igényelnek elektromos, vagy túlnyomásos energiaforrást a rendszerek feltöltéséhez. A speciális gázok (oxigén, nitrogén) feltöltésére egypalackos rendszerek szolgálnak.

Minden nehezebb rendszerem a kézcicsörlők segítségével mozgatható, még az RM-12-es hajtómű is melynek mozgatásához 3 csörlő elegendő. Ugyanazon csörlők kerülnek felhasználásra a fegyverzet, póttartály függesztéséhez, illetve a hajtómű és segédhajtómű ki-, beépítéséhez.

A sűrített levegő előállításához egy kompresszor, illetve egy reduktor, töltő egység kerül alkalmazásra.

Az oxigénpalackok feltöltésére pedig egy folyékony oxigénből 300 bar nyomást előállító egység alkalmazható. A repülőgép fedélzeti oxigénigényét az (OBOGS) fedélzeti oxigén előállító rendszer biztosítja. Ebből adódóan a szinte minden feladatot követő oxigéntöltés gyakorlata itt megváltozott és csak alkalmanként válik szükségessé a tartalék oxigénpalack töltése.

Ezáltal az ilyen rendszerekkel ellátott repülőgépek kevésbé függenek a repülőterek felszereltségétől. Tábori, széttelepített szükség repülőterekről is üzemeltethetők.

3.2.5 Ismételt felszálláshoz történő előkészítés

A katonai repülőgépeknél ennek az időtartama azért fontos, mert adott mennyiségű rendelkezésre álló repülőgépszám esetén minél rövidebb az ismételt előkészítésre fordítandó idő, időegység alatt annál több időt tölthet a repülőgép levegőben. Ez azt is jelenti, hogy több harci feladatot tud végrehajtani.

Ez az üzemeltetési jellemző fontos a polgári repülésnél is, mivel az előkészítési idő minimálisra csökkentése itt is lehetővé teszi több szállítási feladat végrehajtását egy adott időszak alatt.

Katonai repülőgépeknél arra törekszenek, hogy harci feladatonként meghatározzák az ismételt felszállásra fordítható időtartamot, ami alatt nem csak a repülőgép üzem-

anyaggal, gázokkal, egyéb a működést biztosító anyagokkal való feltöltését értik, hanem a harcfelelathoz szükséges rakéták, felderítő, zavaró, irányító stb., berendezések felszerelését is. Az így meghatározott normaidők a repülőgép képességeit jellemző paraméterek közé tartoznak.

A Gripen típusú repülőgép egy teljes vadász harcfelelathra történő ismételt előkészítése – amely magába foglalja a tüzelőanyag feltöltést, kiszolgálást, repülés utáni és repülés előtti ellenőrzéseket, a gépágyú lőszer betöltését, stb. – minimális földi kiszolgáló berendezés felhasználásával 10 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 5 fő szerelőből álló csoport részéről egy technikus tiszt felügyelete mellett. Földi támadó harcfelelathra történő ismételt előkészítés 21 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 6 szerelőből álló csoport részéről. A kiképzési feladatra történő ismételt előkészítést – átfegyverzés nélkül – 2 szerelő képes végrehajtani 10 percnél kevesebb idő alatt [103].

3.2.6 A repülőgép ellenőrizhetősége, annak hatékonysága

A harci repülőgép típusok jelentős részénél alkalmazzák a hibamegelőző üzembentartási formát. Ennek feladata biztosítani, hogy a meghibásodások, melyek veszélyeztethetik a repülés biztonságát, vagy csökkenthetik a hadrafoghatóságot, azok ne forduljanak elő. Ez az üzembentartási módszer növeli a munka ráfordítási igényt, csökkenti a készenléti szintet, és növeli a költségeket.

Az állapot szerinti üzembentartási filozófia alkalmazza a korszerű beépített önellenőrző rendszert, és a folyamatos működésfigyelést. Ezáltal minimumra csökkenti a teljes üzembentartási tevékenységet. A repülések során az adatfigyelő és az üzembentartási paramétereket rögzítő rendszer lehetővé teszi a berendezések meghibásodásának előre jelzését. Ezáltal lehetőség van a hibamegelőző tevékenység mennyiségét minimumon tartani.

Ez a rendszer elemezhető az MSG–3-hoz tartozó Megbízhatóság Központú Üzembentartás módszerével, ami nemzetközi szabvány a kereskedelmi repülőgépipar területén [5, 14, 15, 16, 92, 93, 103, 111].

Az MSG–3 szerint a konkrét típusra történő karbantartási eljárás kidolgozásánál elsőként – a repülésbiztonsági szempontoknak megfelelően – valamennyi szerkezeti elemet és berendezést lényeges illetve nem lényeges kategóriába sorolnak. Anyagi okokból és az időmegtakarítás érdekében az elemzést csak a szerkezetileg, valamint karbantartás szempontjából jelentős egységekre végzik el. Az első csoportba a sárkányszerkezet kifáradásnak, korrózióknak és véletlenszerű sérülésnek kitett, többnyire egytagú egységei, a máso-

dikba azok a rendszerint összetett rendszerek tartoznak, amelyek a gépről leszerelhetők és meghibásodásuk hatása:

- meghatározó a repülés biztonságára (földön és levegőben);
- nem érzékelhető üzemelés közben;
- jelentősen befolyásolja az üzemeltetési költségeket;
- az üzemeltetést nem befolyásolja, de kedvezőtlenek a gazdasági következményei.

A karbantartási eljárás meghatározásához használatos, fokozatosan terebélyesedő logikai diagramot készítettek el, hogy felülről lefelé haladva „igen” vagy „nem” válaszok határozzák meg az elemzés útját.

Az elemzés a célszerűen megválasztott és megbízhatóan mérhető műszaki adatok szerinti tényleges meghibásodások és hiba okok szerinti elemzési technikán alapul, amelyben:

- kijelölik a karbantartás szempontjából jelentős egységeket;
- meghatározzák minden egység:
 - rendeltetését (normál és jellemző működését);
 - tényleges meghibásodását (működésképtelenné válásának feltételeit);
 - meghibásodásának okait.
- megállapítják a szükséges karbantartási eljárást és azok végrehajtási gyakoriságát, úgy meghatározva a gazdaságossági, illetve biztonsági hatású előírásokat, hogy teljes karbantartási előírás legyen összeállítható.

Az MSG-3 nagyszámú tapasztalatainak felhasználásával az MSG-4 rendszerben az ismétlődő analóg kérdések helyett minden kérdést csak egyszer tesznek fel. Az első szint kérdése azon szerkezeti elemek vagy rendszerek kiválasztására irányul, amelyekre karbantartást, javítást kell tervezni. Amennyiben az adott szerkezeti elem vagy berendezés meghibásodása nem csökkenti a repülés biztonságát, hatékonyságát, illetve nem késlelteti a feladat megoldását, akkor a karbantartás, javítás szempontjából nem lényeges kategóriába kell sorolni és ilyen tevékenységet nem is kell tervezni rajta.

Az egyetlen különbség a tényleges nyilvánvaló és rejtett meghibásodások alkalmával végzett munkák között az, hogy csak az utóbbiak feltárása van tervezve.

Tehát a módszer biztosítja az irányt a repülőgépek tervezésénél, és ha az elemzés esetleg elfogadhatatlan következtetést ad bizonyos meghibásodások behatárolására, a tervezés során kiterjesztik a beépített önellenőrző rendszer feladatait.

Annak érdekében, hogy csökkentsük a hibajavító üzemeltetés követelményeit, szintén a tervezés során kell elemezni a feladatokat. Az alacsony meghibásodási ráta megvalósítása a korszerű technológia és anyagok kifejlesztésével történik. Az egyik legfontosabb jellegzetesség, ami hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez az, hogy a végrehajtási funkciók nagy száma mechanikus ellenőrzések helyett szoftverek segítségével történik.

3.2.7 A beépített önellenőrző rendszer

A beépített önellenőrző rendszer tervezése során a fő célok [52]:

- a repülésbiztonság érdekében végrehajtani a biztonsági ellenőrzéseket;
- minimumra csökkenteni a földi javítások időszükségletét;
- minimumra csökkenteni a hibamegelőző javítások időtartamát;
- minimalizálni a szükséges földi kiszolgáló berendezéseket;
- minimalizálni a szükséges földi személyzet létszámát;
- felgyorsítani és egyszerűsíteni a hibák észlelését és helyük behatárolását.

Ezeket a követelményeket érvényesíteni kell minden alrendszer minden berendezésére.

3.3 AZ ANYAGELLÁTÓ RENDSZER LOGISZTIKAI ELVE

Amint a 3.1 ábrán bemutattam, a fenntarthatóság meghatározója a kialakított logisztikai rendszer elemzése, amelyet az alábbi tényezők biztosítják.

Az optimális tartalék alkatrész készlet kialakítása.

Az teljesen nyilvánvaló, hogy túl kevés tartalék alkatrész raktározása nehezíti az üzemképesség helyreállítását, csökkentheti a fenntartható üzemképesség szintjét. A tartalék-készletek túlméretezése pedig indokolatlanul növeli a fenntartási költségeket.

Az alkatrészek, berendezések egy része **saját javításközi üzemidővel rendelkezik**, ilyenek a hajtóművek, különböző fő berendezések, ezek cseréjének tervezése egyszerű. Más anyagok működési leszállási szám alapján tervezhetők. Ilyenek a futó ballonok, fékernyők, stb., Vannak **szerkezeti elemek, melyek kopás, elhasználódás alapján kerülnek cserére**, ilyenek például a fékbetétek.

Ezekre az anyagokra, alkatrészekre, berendezésekre üzemidő, vagy működési szám kimutatást kell készíteni repülőgépenként, azokat napra készen vezetni, és előre meghatározott tervezési időszakonként a pótlásukat megigényelni, beszerezni.

A többi, **üzemidővel nem rendelkező**, illetve a repülőgép üzemidejével megegyező javításközi üzemidővel rendelkező berendezésre a már említett meghibásodások gyakorisági elemzési módszerének segítségével, az állapot folyamatos figyelésével kell a tartalékkészletet kialakítani, illetve a tapasztalati adatok gyűjtése alapján módosítani.

Ha figyelembe vesszük, hogy a (2.11) egyenlet alapján, a repülőgépen csak véletlenszerű meghibásodások következnek be, tehát azok intenzitása állandó és egyenlő a közepes működési idővel, akkor felírhatjuk:

$$T_{\text{közepes}} = \frac{\sum T_{re}}{n_{\text{megh.}}} \quad (3.2)$$

ahol: $\sum T_{re}$ - repülési idő;

$n_{\text{megh.}}$ - meghibásodások száma.

Példaként építsük fel a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható (3.2 táblázat). Vegyünk alapul 1 000 000 repült órát a számlálóban, mint az összes meghibásodás teljes bekövetkezési időtartamát.

3.2. táblázat Az MTBF meghatározásának módszere [17, 32]

Sorszám	Anyag, rendszer megnevezése	MTBF	Meghibásodások viszonszáma
1	Sárkány szerkezet	59	17 056
2	Katapult és oxigén rendszer	420	2379
3	Futóművek	119	8435
4	A Repülőgép vezérlése	115	8676
5	Hidraulika rendszer	143	6977
6	Fülketápláló rendszer	194	5164
7	Tüzelőanyag rendszer	209	4791
8	Segédhajtómű	160	6243
9	Elektromos táplálás, világítás	204	4904
10	Gépágyú és fegyver rendszer	180	5548
	A repülőgép szerkezetre	14,3	70 147
1	RM-12 Hajtómű	106	9439
2	Hajtómű berendezései	3425	292
	A hajtóműre	102,8	9731
1	Számítógép rendszer	102	9797
2	Repülési és navigációs rendszer	144	6927
3	Kommunikációs rendszer	255	3923
4	IFF rendszer	418	2391
5	Célzó és felderítő rendszer	71	14 051
6	Elektronikus ellentevékenység	500	2000
7	Kijelző és vezérlő rendszer	93	10 797
8	Adatrögzítő	8224	122
9	Fegyverzet célba juttatás	1029	972
	Elektromos rendszerek	19,6	50 980
	Mindösszesen	7,62	130 885

Ez a táblázat lehetővé teszi a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében. Ezen kívül lehetővé teszi a repülőgép minősítését a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása alapján.

3.4 AZ ÜZEMKÉPESSÉG FENNTARTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TARTALÉK ALKATRÉSZ KÉSZLET

A fentiek alapján tehát az üzemidővel rendelkező berendezéseket a saját üzemidejük alapján, a kopás, paraméter eltérés alapján meghibásodó berendezéseket az időközönkénti karbantartásoknál feltárt adatoknak megfelelően kell tervezni. Végül a véletlenszerűen bekövetkező meghibásodásokat a 3.2. táblázatban bemutatott módszer alapján.

Annak érdekében, hogy az üzemképességet az előírt maximális szinten tudjuk tartani, és ezzel egy időben a készletekkel kapcsolatos költségek szintje a lehető legkisebb legyen az alábbi számítást kell elvégezni:

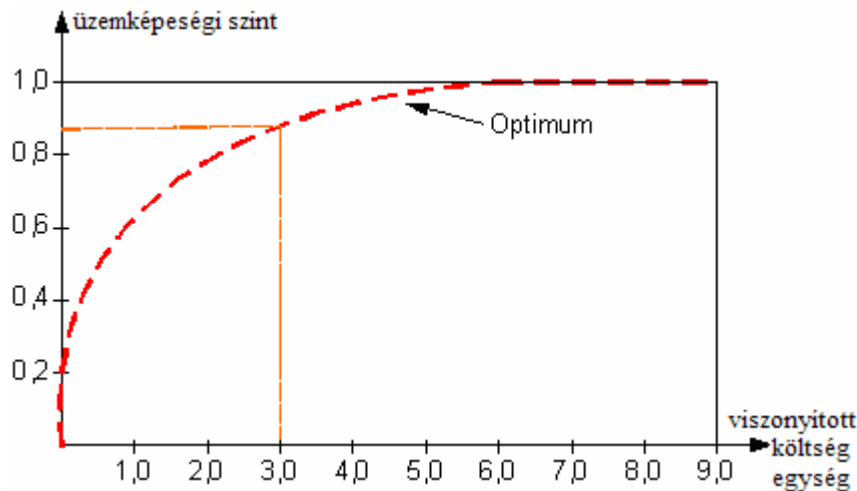
- határozzuk meg a tervezett éves repült időt az adott típusú repülőgép parkra. Pl.:
 $120 \text{ repülési óra} * 14 \text{ repülőgép} = 1680 \text{ óra}$.
- az éves repülési idő alapján meghatározható az üzemidővel ellátott berendezések, mikor kerülnek cserére. Új repülőgépeknél ez több évet is jelenthet.
- a kopás alapján cserére szoruló berendezéseknél a gyártó bizonyos irányszámot a legtöbb berendezésre megad. Pl. futóköpenyekre a leszállások számát, fékbetétekre szintén a nagy igénybevételt jelentő leszállások számát.
- a véletlenszerűen meghibásodó berendezésekre pedig az MTBF alapján szintén meghatározzuk a várható cseréket.

Ezen adatokból fel tudjuk építeni, hogy azok beszerzésének költsége, az üzemképességi szint százalékos fenntartásának növelésével milyen arányosság szerint emelkedik.

A tartalék alkatrész igények meghatározhatók a fentebb leírtak alapján. Ebből kiindulva megválasztható különböző típusú alkatrészek optimális készletgazdálkodási stratégiája, amely biztosítja a készletekkel kapcsolatos minimális költségszintet.

Mint az a 3.4. ábrán látható, ha a kötelezően fenntartott üzemképességi szint alacsony, a szükséges költségek is alacsonyak. Ha a szükséges üzemképességi szint magas a költségek is nőnek. Ezért nem mindegy, hogy milyen az előírt üzemképesség szintje. Mivel

bizonyos minimális számú (1-2) repülőgép mindig tervszerű karbantartáson van, ezért az átlagos üzem, illetve harckészültségi szintet 85-90%-ban célszerű meghatározni.



3.4. ábra. A tartalék alkatrészek optimumának meghatározása [123]

Általában a repülőgépek beszerzésekor a gyártó felajánl a vevőnek egy tartalék alkatrész készletet. Ez a beszerzett repülőgépek árának általában 20%-a, és biztosítja az üzemeltetés anyag szükségletét legalább két év időtartamra. Ezt láttuk 1993-ban, amikor a MIG-29 típus beszerzésre került, és az anyagihiányok 1998-tól kezdtek élesedni.

A Gripen esetében más a helyzet, mivel itt nem vásárlás, hanem lízingelés történt, ami azt jelenti, hogy a szerződött 10 éves időtartamra, ha nem lépjük túl a 16 000 repülési óra/14 repülőgép szerződött értéket (évi 114 repülési óra/repülőgép), akkor a tartalék alkatrészek és anyagok ára a lízing árában benne van. Csak 10 év után, a repülőgépek megvásárlásától kell az anyagbiztosítást megoldani. Ezért a fenti kimutatás, anyagigénylés elkészítésénél lehetőség lesz a számított paraméterek korrekciójára a tíz év alatt összegyűjtött adatokkal.

Az üzembentartást jellemző adatok gyűjtése során az alábbi 3.3 táblázatot⁴⁰ tudtam összeállítani, melynek alapján több paraméter figyelembe vételével a különböző repülőgép típusok egymással összehasonlíthatók. Az egyik legfontosabb paraméter, aminél a Gripen kiugróan magas értéket mutat az MTBF. Szintén fontos, az üzembentartás lehetőségeit mutató paraméter a meghibásodások helyreállításához szükséges idő.

Miután elemeztem azon repülőgépek üzembentartását, melyek tervezésénél az állapot szerinti üzembentartáshoz szükséges berendezéseket a repülőgépbe beépítették, illetve az üzembentartás elméleti és gyakorlati kérdéseit a repülőgépek dokumentációiban rögzítették, most rátérek az „üzemidő, naptári idő alapján üzemben tartott repülőgépek”

⁴⁰ lásd részletesen a 2. mellékletben

üzembentartási rendszerének korszerűsítésére, az állapot szerinti üzembentartásra történő átállás megvalósítására.

3.3. táblázat

Az üzembentartási paraméterek összehasonlítása

Üzembentartási jellemzők	F-15	F-16C Block 50	F/A-18C	Mirage 2000	MIG-29B (MIG-29M)	TORNADO	JAS-39	EFA	F-22
Ismételt felszálláshoz előkészítés közepes ideje [perc]	35	27		29	30	32	10	10	15
Üzemeltetési készenlét fok ⁴¹ ($A_0 \times 100$) [%]	85	88	85	90	90		91	87	90-92
Egy repült óra kiszolgálásához szükséges munkaerő ráfordítás MMH/FH [fő óra/rep. óra]	15	8,2	9,8	11,5	17,6 (11,6)	33	5,2	9	8,7
Egy meghibásodásra eső repült idő MTBF [rep. óra]	2,7	4,1	3,3	6	3	2,4	7,5	9	5
sárkány összüzemideje [rep. óra]	8000	7000			2500		4000	6000	
ismételt felszálláshoz történő előkészítés ideje [perc]		45			20		10	25	

3.5 EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Ebben a fejezetben megvizsgáltam az üzembentartás szintjeit, szervezeti elemeit és a tevékenységet befolyásoló tényezőket.

Ezek eredményeként megállapítom, hogy:

- a repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenlét szint és a fenntartási költségek közötti „egyensúlyt” az üzembentartó tevékenység tartja fenn.
- a maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.
- a tevékenység során fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, és ezért függ az üzembentartás szervezetétől.
- a korszerű beépített önellenőrző rendszer, és a folyamatos működésfigyelés (repülések során az adatfigyelő és az üzembentartást rögzítő rendszer) minimumra csökkenti a teljes üzembentartási tevékenységet.
- a szoftverek segítségével történő végrehajtási funkciók nagy száma hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez.

Az üzembentartáshoz szükséges személyi állományt, részben a speciális szakképzettségi igény, részben a technológiában előírt feladatok norma igénye alapján határozhatjuk meg. Repülőgépeknél a szakterületek az alábbiak:

⁴¹ A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi, hogy az adott repülőeszköz valós körülmények között milyen valószínűséggel üzemeltethető meghibásodás nélkül egy meghatározott időintervallumban [138, S.6, S.7, S.8].

- sárkányszerelő, vagy mérnök;
- hajtóműszerelő, vagy mérnök;
- elektromos berendezés szerelő, vagy mérnök;
- elektronikus berendezés szerelő, vagy mérnök;
- fegyver berendezés szerelő, vagy mérnök.

A kialakításra kerülő szervezet létszáma legyen képes a repülőtechnika ellenőrzéséhez és javításához szükséges földi berendezések működtetésére, a technológiák normaidő alatti végrehajtására. A szerelők rendelkezzenek a törvényekben előírt szakszolgálati engedélyekkel. A szervezet egészében, minden szakterületen legalább egy mérnöki képesítésű szakember szükséges.

Bemutattam az üzemképesség biztosításának összetevőit, rendszereztem és összefoglaltam a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeként megállapítom, hogy:

- a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében a bemutatott módszerrel kell tervezni;
- a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása lehetővé teszi a repülőgép minősítését.

4. AZ ÁLLAPOT SZERINTI ÜZEMBENTARTÁS KIALAKÍTÁSÁNAK ÉS BEVEZETÉSÉNEK ELVI ÉS GYAKORLATI KÉRDÉSEI

Állapot szerinti üzemeltetés: a repülőeszköz berendezéseit, elemeit az adottságok és lehetőségek figyelembevételével a 2.3 fejezetben említett üzemeltetési stratégiák szerint, csoportosítva üzemeltetjük.

Azokra a berendezésekre, csomópontokra alkalmazható, amelyekhez rendelkezünk megfelelő, hatékony ellenőrzési módszerrel azoknak a repülőgépről való leszerelése nélkül. Az állapot szerinti üzembentartási stratégia esetén a berendezéseket, csomópontokat és rendszereket három csoportra lehet osztani:

- műszaki állapot függvényében cserélhető, amelyek műszaki állapota és megbízhatósági foka matematikailag összefüggésbe hozható;
- kötött üzemidejűek maradnak továbbra is azok, amelyekre az előbbi feltétel nem teljesül;
- műszaki állapot szerint egyáltalán nem cserélhető. Olyan megbízhatósági mutatót (0,9999) követelnek meg a légi alkalmassági előírások, hogy az lehetetlenné teszi az üzemi paraméterek elfogadható toleranciájának meghatározását. Ide tartoznak azok az elemek is, amelyek kifáradási problémáinak tisztázatlan volta nem teszi lehetővé a műszaki állapot szerinti cserét.

Tehát mérési csatlakozókkal rendelkezünk, amelyre a gépből paraméterek hívhatók le, állapotok, helyzetképek a műszerekről. Az adatokat le lehet menteni számítógépre, fel lehet dolgozni. Ehhez olyan feldolgozó egység, szoftveres támogatás kell, hogy a hibabehatárolás minél rövidebb legyen. [39, 121, 126]

4.1 ÁTÁLLÁS ÉS ANNAK MÓDSZERE AZ ÁLLAPOT SZERINTI ÜZEMBENTARTÁSRA

A repülőgépek üzembentartásánál a korszerű módszerek bevezetése jelentősen elősegíti mind a harci készenlét szintjének, mind az üzembentartás gazdaságosságának növelését. Az adott nem állapot szerint üzemeltetett repülőgépre korábban alkalmazott üzemidő tervezés szerinti üzembentartás jelentősen növelte a költségeket. Ennek oka, hogy ez a módszer az előre becsült repülési, illetve naptári idők utáni ellenőrzés és karbantartás szükségességét (periódusidejét) veszi figyelembe, de nem számol a repülőgépek tényleges állapotával (környezeti, időjárási feltételek, a feladatok milyensége).

A meghatározott gyakorisággal végrehajtott ipari javítás bizonyos mértékben kompenzálta a csapatszinten elkövetett kisebb–nagyobb üzemeltetési, üzembentartási hiányosságok káros hatásait. Ugyanakkor az egyes repülőgépek valóságos igénybevétele jelentősen eltérhet a tervezési követelményekben átlagként számítottaktól, és természetesen jelentő-

sen különbözőek lehetnek az egyes repülőgépek terhelési szintjei. Ezáltal az előírt munkák, ellenőrzések, kötelező cserék végrehajtásra kerülnek a repülőeszköz és annak rendszereinek tényleges műszaki állapotától függetlenül. Azaz előfordulhat, hogy bizonyos munkákat, cseréket úgymond feleslegesen végzünk el, hiszen az adott berendezésekben, rendszerekben jelentős „üzemi tartalékok” maradhatnak. (Vagy a megemelkedett terhelési szint következtében „túl üzemeltetjük”.)

Amennyiben az elvesző „üzemi tartalékokat” számításba vesszük, akkor ez a kiszolgálási rendszer egyértelműen költségesebb az elvárt optimálisnál, továbbá felesleges munkaerő ráfordítással is jár.

További hátrány, hogy az indokolatlan ki-, beépítés a rendszerek megbontása (mint minden munkavégzés) magában hordozza a hibás munkavégzés lehetőségét és annak következményeinek kockázatát. Rosszabb esetben a felesleges munkavégzés ellenkezője is előfordulhat, miszerint az adott munkát a repülőeszköz műszaki állapota miatt (a tervezetnél fokozottabb igénybevétel, kedvezőtlen tárolási, üzemeltetési feltételek és egyéb kedvezőtlen tényezők negatív hatásainak következtében) korábban végre kellett volna hajtani (Relatív „túlüzemeltetés”) [140].

Mindez azt eredményezte, hogy többségében nőtt a feleslegesen elvégzett karbantartások, berendezés cserék száma, illetve nőtt a karbantartások költsége.

A karbantartási költségek csökkentésére, olyan program szükséges, ami a legnagyobb mértékben segíti a repülőtechnikában lévő működési potenciál felhasználását, a megfelelő megbízható működés fenntartása mellett. Ez csak az állapot szerinti üzembentartási rendszerre történő átállás útján oldható meg.

Az új üzembentartási rendszer alapja továbbra is a „tervszerű megelőző karbantartás”, de a repülőgépekre (MIG–29) nincs előírt ipari javítás, azok egész életciklusa a csapatoknál zajlik. Az új rendszer a közvetlen kiszolgálást érintetlenül hagyta, az időszakos munkák tartalmát kis mértékben redukálta. Az ipari javítás helyett új ellenőrzési munkákat írt elő 1000 óránként, melyek végrehajtása csapatkörülmények között történik. Ennek leglényegesebb eleme a repülőgép szerkezetén bekövetkezett fáradásos elváltozások feltárására irányul. Alapvetően két fő eszközcsoport áll rendelkezésre:

- az egyik a szerkezeti elemeken végbement mechanikai elváltozások feltárása (anyagfáradásból adódó repedések), roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel⁴²;
- a másik a fedélzeti adatrögzítő adatai alapján a feladatok során létrehozott, a sárkány szerkezet által elviselt túlterhelések meghatározása (nagysága és időtartama).

A továbbiakban csak ezzel a kérdéssel foglalkozom (lásd a 4.2 fejezetet).

⁴² A repülőgépek teherviselő szerkezetének, így a borításnak, a tartóknak, a bordáknak, a törzskereteknek, a szárny (a tüzelőanyag tartályok hermetikusságának vizsgálata – szivárgások, csöpögések megszüntetése), a vezérsíkok és a hajtómű bekötési csomópontjainak állapotát, repedésmentességét kell megvizsgálni. A repedések nagysága és mennyisége jól jellemzi az adott berendezés állapotát. Az ellenőrzési technológiák alapján az adott berendezésen a repedést meg kell szüntetni, vagy a berendezést ki kell cserélni.

Az elemzések és ellenőrzések minden repülőgépre vonatkozóan egyedi műszaki állapot meghatározást eredményeznek, amelyhez egyedi helyreállítási, javítási feladatsor rendelhető és rendelendő. Az előírt javítások lehetnek:

- halasztást nem tűrők (azaz a kijavításukig a repülőgépet üzemképtelennek kell tekinteni);
- vagy meghatározott kontroll alatt tartandók (egyedileg meghatározott, vagy valamely soron következő ellenőrzéshez, időszakos munkához kötöttek).

A korábbi rendszerhez viszonyítva bővül az úgynevezett „kiemelt berendezések⁴³” (korlátozott üzemidejű berendezések) köre. Ez az új rendszer természetéből fakad.

A repülőgép fedélzeti berendezéseinek jelentős része kikerült a tervezett (meghatározott gyakorisággal előírt) ipari javítás köréből, és üzemeltetésük meghibásodásukig folyik. Azaz ipari javításukra csak akkor kerül sor, ha meghibásodnak, vagy az előírt ellenőrzések során olyan paraméter-eltérést mutatnak, amelynek alapján üzemképtelennek kell minősíteni őket (a korábbi rendszerben a repülőgép ipari javításakor ezeken a berendezéseken, azok műszaki állapotától függetlenül végrehajtották az előírt javításokat) [140, 141].

4.2 A REPÜLŐGÉPRE KORÁBBAN HATOTT TERHELÉSEK VIZSGÁLATA A FEDÉLZETI ADATRÖGZÍTŐ ADATAI ALAPJÁN

Manőverező repülőgépeken alapvető a függőleges túlterhelési tényező „ n_y ”, ami jellemzi, hogy az üzembentartás során a repülőgép sárkány szerkezete mennyire volt igénybe véve. Kísérleti vizsgálatok során megállapították, hogy n_y – a függőleges irányban mért túlterhelés – ismétlődő értékei, vagyis a repülőgép szerkezete, a repülés során a repülőgépek eltérő példányainál különbözőek, valamint lényegesen eltérnek a tervezés során meghatározott paraméterektől. Ez a helyzet egyrészt azt eredményezi, hogy egyes repülőgépek a tervezett élettartam alatt nem dolgozzák le a bennük levő „fáradási tartalékot”⁴⁴, míg mások a tervezettnél korábban megrepednek, eltörnek, ami azt jelenti, hogy a tervezettnél korábban elhasználódtak.

A fenti logika alapján a repülőgép nyilvántartott adatai segítségével, gépenként meghatározhatjuk a „fáradási tartalék” maradvány értékét. Konkrétan arról van szó, hogy béke időszakban a vadászipar repülőgépek nem harci feladatokat, hanem gyakorló és bemutató repüléseket hajtanak végre. Esetenként, mivel ezek a repülési bemutatók nagyon

⁴³ Azok az eszközök, amelyek üzemideje eltér, pontosabban kevesebb, vagy más paraméter alapján meghatározott (például a futószár üzemideje nem repülési órászámmal, hanem a leszállások számával korlátozott), mint a repülőgép. Az eredeti rendszerben az ipari javítás során azon berendezések, amelyek üzemidővel rendelkeztek ugyan, de az egybeesett, vagy nem jelentős mértékben felülmúlta a repülőgépet, a repülőgép javítása során ipari javításon estek át. Így ezeket a berendezéseket az üzembentartás szintjén nem kellett „kiemelt berendezés”-ként kezelni. Az új rendszerben a státuszuk megváltozott, a repülőgép ipari javításának elhagyásával, „kiemelt berendezések” lettek.

⁴⁴ Hátralévő üzemidő.

látványosak a legkülönbözőbb ünnepi, vagy más alkalomból kerülnek megrendezésre. Ennek során a repülőgép lényegesen többször van a műrepülési figurából adódóan nagy túlterhelésnek kitéve, mint egy manőverező légi harc során. Ha ehhez még figyelembe vesszük, hogy korszerű harci alkalmazás során igyekeznek elkerülni a közvetlen légi harcot, inkább nagy távolságból, a látóhatáron túlról indítják az önvezérlésű rakétákat, akkor a légi bemutatók, mint teljesen indokolatlan terhelések jelennek meg a repülőgép alkalmazása során. Ezt a továbbiakban bizonyítani fogom.

Ha a repülőgép rendelkezik fedélzeti adatrögzítővel, ami feladatonként, időtartam szerint rögzíti a repülőgép által elszenvedett terheléseket, akkor összegyűjtjük a repülőgépre eddig hatott n_y túlterheléseket, a hozzájuk tartozó időtartamokkal és felépítjük az adott repülőgépre, az időbeni túlterhelések tényleges grafikonját $Ft_i(n_y^{tényl.})$. Ezután összehasonlítjuk a repülőgépre eredetileg tervezett terhelések tervezési normaként $Ft_{norm.}(n_y^{terv.})$ alapul vett grafikonjával⁴⁵ [7, S.2, S.5].

Az összehasonlítás alapján pontosíthatjuk, a vizsgált repülőgép túlterhelési értékeinek eltérését a tervezettől a repülőgép adott állapotában.

A **viszonyított óránkénti sérülékenységi index** $\xi_t^*(n_y^{tényl.})$, ami az adatrögzítő adatai alapján meghatározott óránkénti túlterhelésekből adódó számított felhasznált fáradási tartalék $\xi_{szám.}(n_y^{tényl.})$ és a típusra megadott grafikonon (2.4 ábra) mért adatokból meghatározott $\xi_{t\ mért.}(n_y^{terv.})$ érték hányadosa.

$$\xi_t^*(n_y^{tényl.}) = \frac{\xi_{szám.}(n_y^{tényl.})}{\xi_{t\ mért.}(n_y^{terv.})} \quad (4.1)$$

A viszonyított óránkénti sérülékenységi szint meghatározása lehetővé teszi a ténylegesen elszenvedett fáradási terhelés viszonyítását a repülőgép építése során tervezetthez. Ennek segítségével meghatározhatjuk, hogy az adott repülőgép, az óránként elszenvedett túlterhelés függvényében hol tart a fáradási tartalékok felhasználásával.

Összegyűjtjük $n_y^{tényl.}$ a tervezettet meghaladó – maximális – tényleges értékeit a hozzájuk tartozó „ Δt ” időtartamokkal együtt, majd átlagot képezünk. Kiszámítjuk a repülőgép által elért időtartamra $n_y^{terv.}$ a tervezés során számított értékeit, majd átlagoljuk.

⁴⁵ Lásd a 2.4 ábrát.

A két paraméter hányadosa $n_y^{tényl.} / n_y^{terv.}$ fogja jellemezni a meglévő fáradási tartaléknak ténylegesen megfelelő repült időt. A továbbiakban, a repült időt innen számoljuk. A 4.2.2 alfejezetben a számítás menetét mutatom be.

4.2.1 A számítási módszer elméleti megalapozásának fontosabb fordulékonyági mutatói a manőverező vadászrepülőgépekre

A manőverező repülőgépeknél a beépített sárkány üzemidő tartalék az üzemeltetés során függ a függőleges túlterhelés n_y integrált gyakorisági értékétől. Egyes repülőgépek konkrét fáradási tartalékanak – vagyis hátralevő üzemidejének – megállapítása az elviselt függőleges túlterhelés integrált értékétől függ. Ezáltal az üzemidő ledolgozás korai időszakában elszenvedett, az időarányost meghaladó nagy túlterhelések mennyisége növeli a fáradásos repedések, törések megjelenésének valószínűségét, az alkatrészek kritikus állapotának létrehozását.

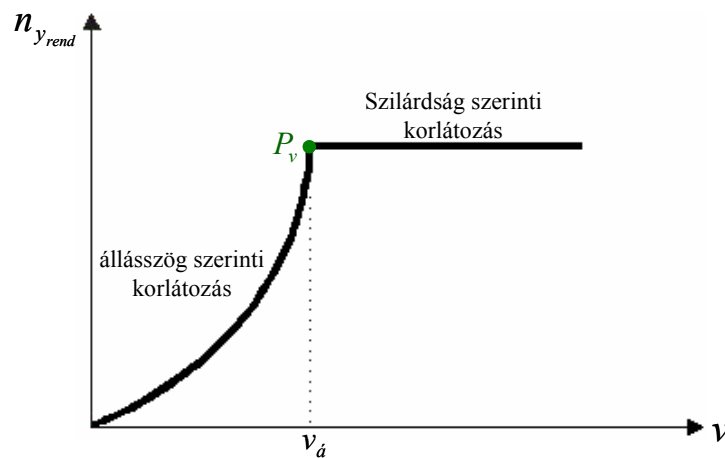
A repülőgépre a tervezés első lépésjeként elkészítik a tervezett várható igénybevétel, vagyis n_y függőleges túlterhelési grafikonját (lásd 2.4 ábra).

A számítási módszer elméleti megalapozásához vizsgáljuk meg a manőverező vadászrepülőgépekre ható, szempontunkból fontosabb tényezőket. Az aerodinamikai összefüggésekből csak a téma megalapozásával kapcsolatosakat emelem ki [2, 3, 8, 42, 43, 88, 114, 115, 133, 139].

A légi harc elemzése során a repülőgép fordulékonyága érdekében megkülönböztetjük a következő fogalmakat:

1. *Nem állandósult (pillanatnyi) túlterhelés.*

A pillanatnyi túlterhelés nagyságát a repülőgép maximális felhajtóerő tényezőjének nagysága, illetve a repülőgép szerkezeti szilárdsága korlátozza (lásd 4.1 ábra).

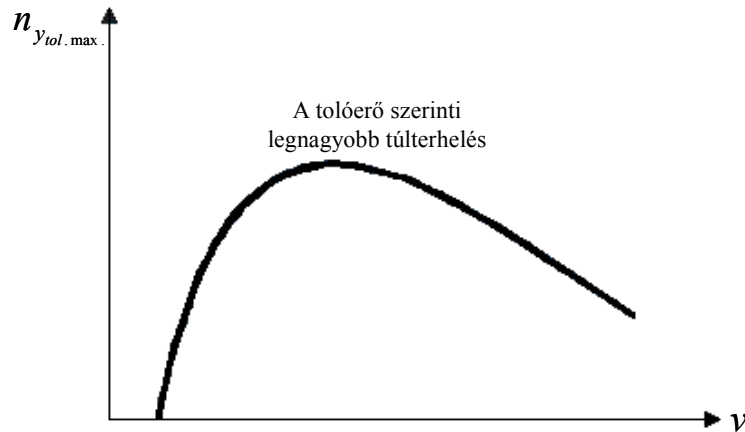


4.1. ábra. A repülőgép állásszög és szilárdság (korlátozás) szerinti túlterhelése a sebesség függvényében [36]

Azt a sebességet, ahol az egyik korlátozás vonala metszi a másikat, nevezhetjük átváltási pontnak (P_v). Ez alatti sebességeken (v_a) a repülőgép vezetőnek az állásszöget, felette a túlterhelési korlátozásokat kell szem előtt tartania.

2. *Állandósult túlterhelés* a repülőgéppel vízszintes síkban végrehajtott forduló során egyenletesen tartható túlterhelés. Az állandósult repülési paraméterek (állandósult túlterhelés⁴⁶) tartása eredményeként a repülőgép nem gyorsul, és nem fékeződik ($F_p = F_x$). Az állandósult túlterhelést másképpen tolóerő szerinti maximális túlterhelésnek is nevezik [77].

A repülőgép fordulója során a legnagyobb állandósult-, illetve a legnagyobb nem állandósult túlterhelések más és más sebességeken érhetők el (4.2. ábra). Ugyancsak eltérnek a legkisebb fordulósugarhoz, illetve a legnagyobb forduló szögsebességhez tartozó repülési sebességek v_1 és v_2 (lásd 4.3 és 4.4 ábra).



4.2. ábra. A repülőgép tolóerő szerinti túlterhelése a sebesség függvényében [77, 139]

3. *Fordulósugar:* A fordulósugar (R) görbe vonalú manőverek végrehajtása során a repülőgép oldalirányú elmozdulásának jellemzője, a manőver síkjában mérve. A forduló nagyobb túlterhelése, illetve kisebb sebessége csökkenti a fordulósugarat. [6, 9, 11, 43, 77, 85, 91]

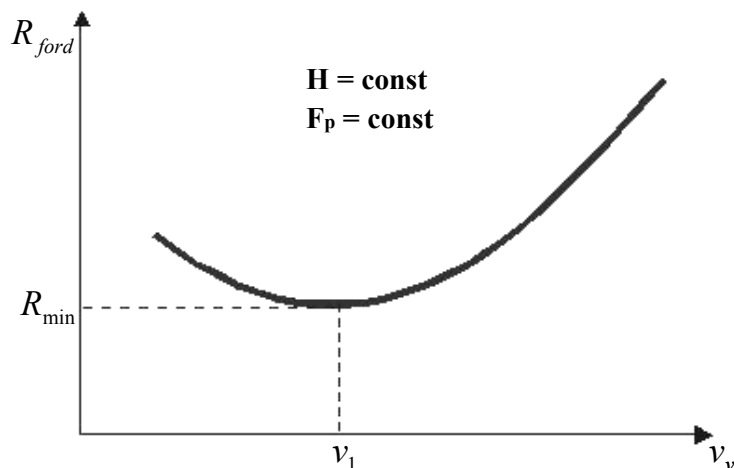
$$R = \frac{v_v^2}{g\sqrt{n_y^2 - 1}} ; [m] \quad (4.2)$$

ahol: n_y - a repülőgép függőleges túlterhelése a fordulóban;

g - a nehézségi gyorsulás;

v_v - a valós sebesség (m/s).

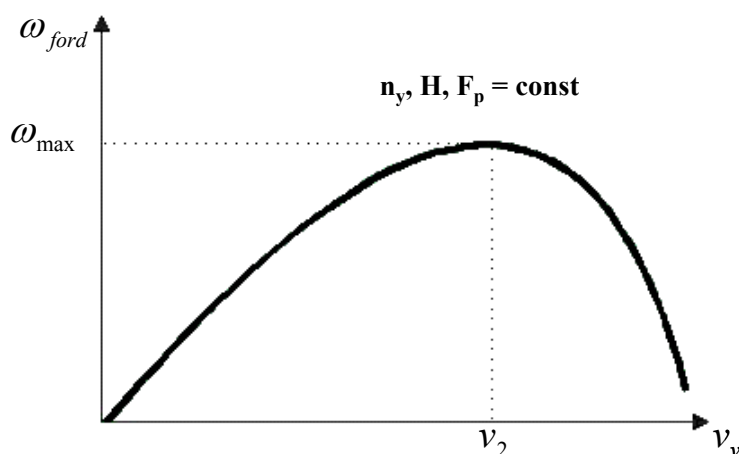
⁴⁶ Nagysága függ a repülőgép szárny ill. törzs kialakításától, a repülési magasságtól, sebességtől és a hajtómű beállított tolóerő nagyságától [$n_{y_{toloerő max}}$]. Kritériuma a hajtómű tolóerő [F_p] és homlokellenállás [F_x] kiegyenlített nagysága.



4.3. ábra. A repülőgép fordulósugara a valós repülési sebesség függvényében [77]

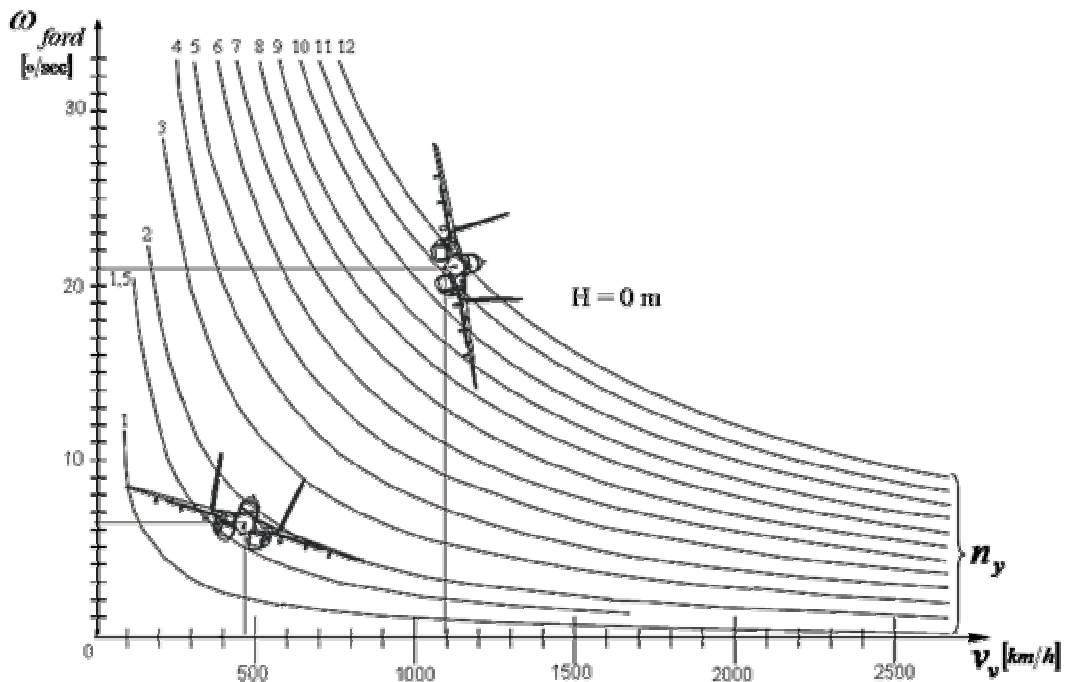
A forduló szögsebessége (fordulékonyosság): $[\bar{\omega}]$

$$\omega = \frac{v_v}{R} ; \bar{\omega} = 57,3 \frac{g}{v_v} \sqrt{n_y^2 - 1} ; (\text{o/sec}) \quad (4.3)$$



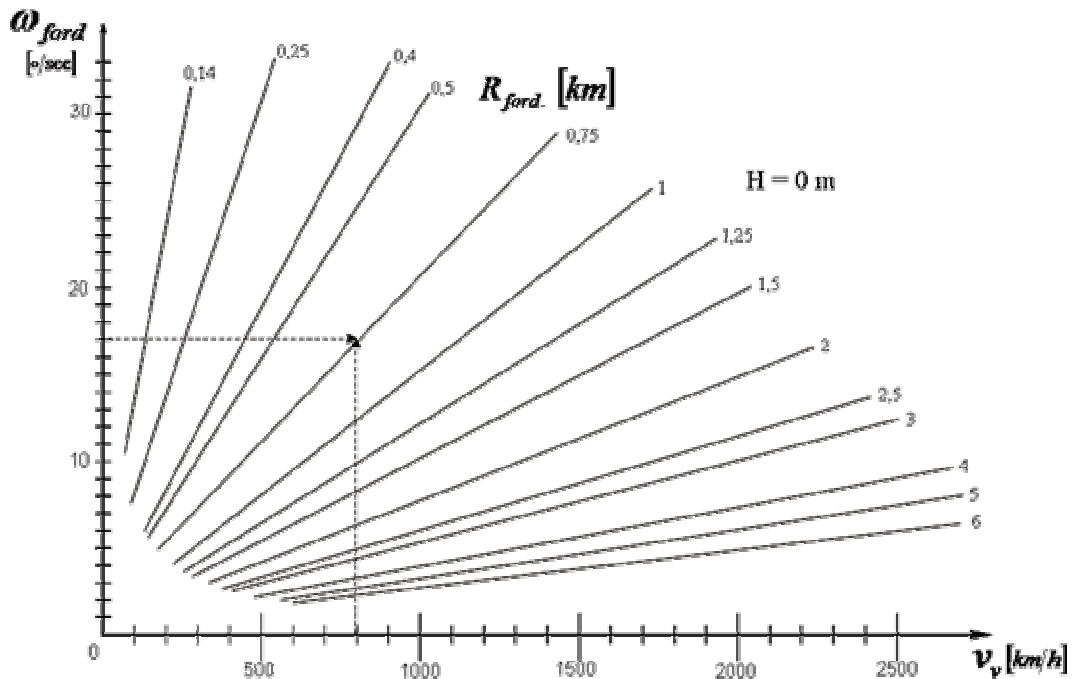
4.4. ábra. A repülőgép forduló szögsebessége a valós repülési sebesség függvényében [77]

Az $\bar{\omega} = f(M; n_y)$ összefüggés felhasználásával egy forduló szögsebesség – repülési sebesség koordináta-rendszerben megszerkeszthető a túlterhelések *állandó* görbeserege. (lásd 4.5 ábra). Hasonlóképpen az $R = f(M; \omega)$ függvény alapján *állandó* görbeseregként megszerkeszthetők a fordulósugarak jelleggörbéi is (lásd 4.6 ábra).



4.5. ábra. A forduló szögsebességének változása a repülési sebesség és túlterhelés függvényében, egy kiválasztott magasságon [139]

A két képlet felhasználásával bármilyen kitüntetett magasságra elkészíthető egy fordulékonyági diagram sablon, amin az előkészített segédgörbék minden repülőgépre alkalmazhatók – típustól és jellemzőktől függetlenül. Megkülönböztethetünk állandósult- $\omega_{all.}$ és a nem állandósult $\omega_{pill.}$ forduló szögsebességeket.

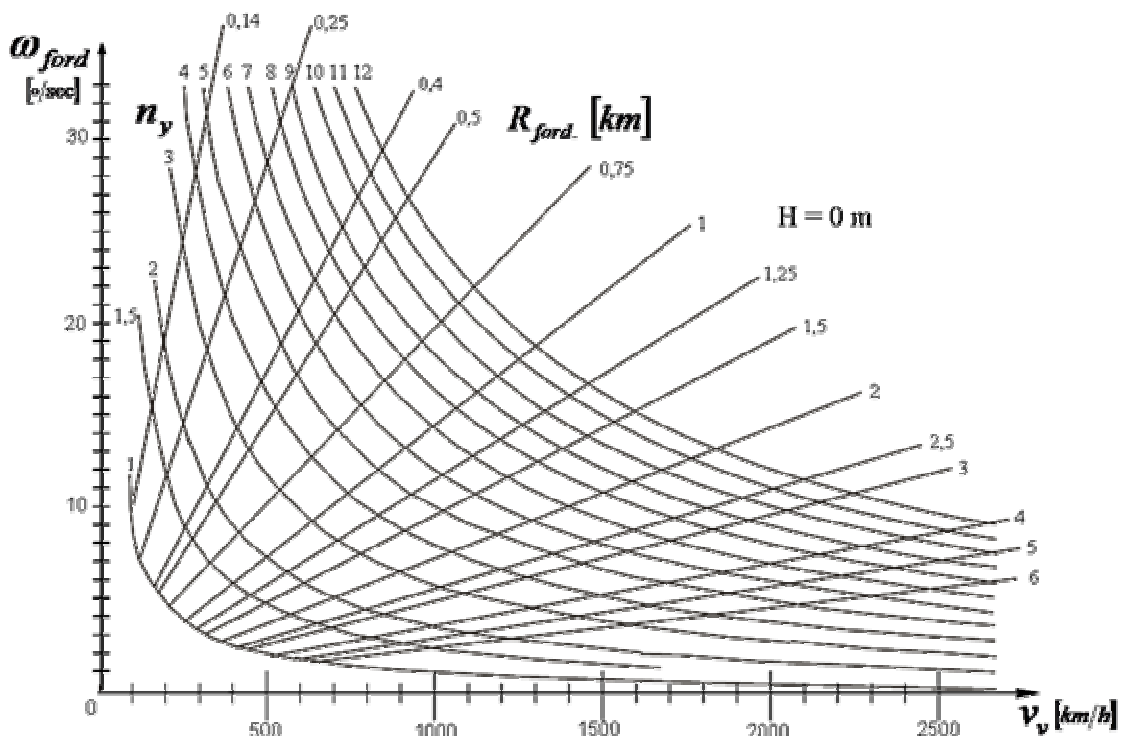


4.6. ábra. A repülőgép valós sebessége a forduló szögsebessége és fordulósugár összefüggései [139]

Minden magasságra vonatkozóan el lehet készíteni egy-egy általánosan használható (repülőgép-típustól független) sablont, ahol egy vagy több repülőgép adatai felhasználásával megrajzolhatók azok forduló szögsebességének változása a repülési sebesség és a forduló túlterhelése függvényében (lásd 4.7. ábra).

A repülőgép fordulékonyasága

A fordulékonyaságot megfogalmazhatjuk úgy is, mint a repülőgép képességét a sebességvektora irányának állandósult vagy nem állandósult sebességgel történő változtatására, a $C_{y \max}$ túllépése nélkül. A fordulékonyaság vizsgálható vízszintes-, ferde és függőleges síkú manőverek alapján. A fordulékonyaság nem azonos a repülőgép elfordulási képességével.



4.7. ábra. Sablon a repülőgépek fordulékonyasági diagramja elkészítéséhez egy adott magasságon [139]

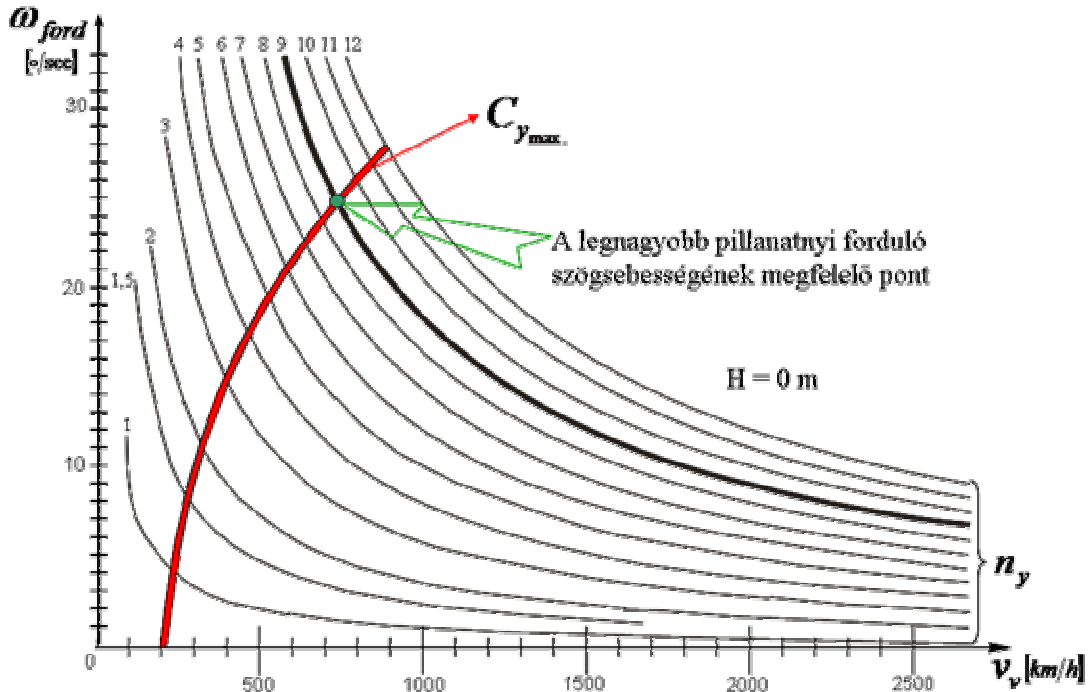
A repülőgép fordulékonyasága vízszintes síkban

A vadászrepülőgépek fordulékonyaságára ható tényezők:

- a legnagyobb felhajtóerő-tényező [$C_{y \max}$];
- a túlterhelés szerinti üzemeltetési korlátozások [$n_{y \text{üzem. max.}}$];
- a rendelkezésre álló tolóerő nagysága [$F_{P_{rend}}$];
- a megengedett sebesség (M-szám) szerinti korlátozás.

Állandó magasságon a felhajtóerő-tényező maximuma minden egyes túlterhelés értékre vonatkozóan meghatározza a repülőgép minimális sebességét.

A repülőgéppel elérhető legnagyobb pillanatnyi forduló szögsebesség nagyságát a repülési M-szám függvényében a legnagyobb felhajtóerő-tényező és a legnagyobb megengedett túlterhelés görbéinek metszéspontja határozza meg (lásd 4.8. ábra).

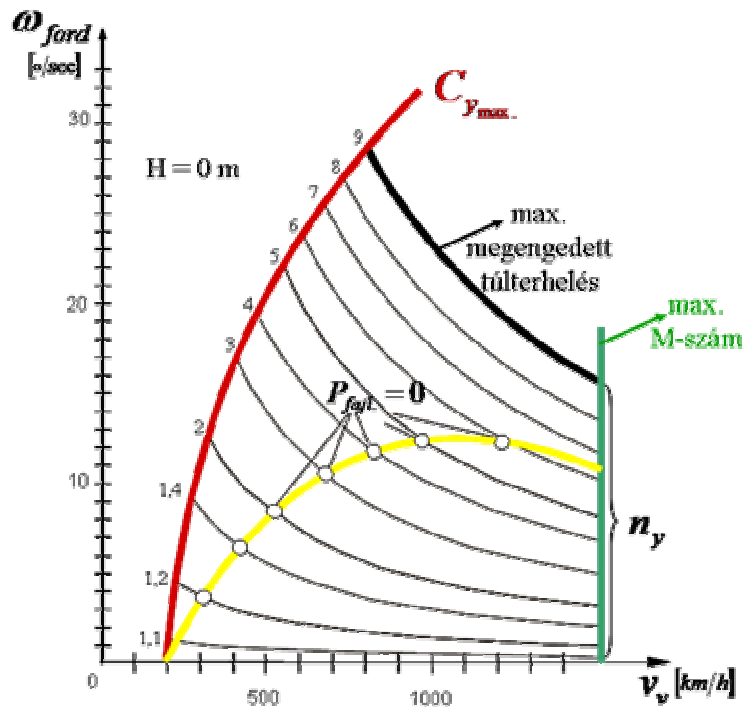


4.8. ábra. A fordulékonyági diagram felhajtóerő-maximum szerinti határoló-görbéje [139]

A fordulékonyági diagramon a rendelkezésre álló tolóerő görbéjének a túlterhelések görbéivel létrehozott metszéspontjai a repülőgép különböző túlterhelésekhez illetve sebességekhez tartozó *fajlagos teljesítményfelesleg* [$P_{fajl.}$] állapotát jellemzik (lásd 4.9. ábra).

$$P_{fajl.} = \left(\frac{F_p - F_x}{G} \right) v \quad [\text{m/s}] \quad (4.4)$$

A $P_{fajl.} = 0$ pontok által képzett görbét a hozzá tartozó sebességi és túlterhelési értékekkel az *állandósult szögsebességű forduló jelleggörbéjének* nevezik. A fajlagos teljesítményfelesleg a repülőgép olyan jellemzője, ami megmutatja, időegység alatt milyen mértékben képes megváltoztatni teljes energiája összetételét, vagyis képességét a túlterhelés szabályozás mellett a sebesség és magasság, a helyzeti és mozgási energiák gyors változtatására. A $P_{fajl.} = 0$ pontokban (egy beállított hajtómű teljesítmény mellett) a repülőgép sebessége, magassága és függőleges túlterhelése állandó. Változatlan hajtómű teljesítmény esetén bármelyik paraméter megváltozása a többi változását is maga után vonja.



4.9. ábra. A repülőgép fordulékonsági diagramjának túlterhelés és M-szám szerinti határoló vonalai [139]

A repülőgép pillanatnyi vízszintes gyorsulása a és a fajlagos teljesítményfelesleg viszonyát az alábbi összefüggéssel fejezhetjük ki:

$$a = \frac{P_{fajl} g}{V} \quad [\text{m/s}^2] \quad (4.5)$$

A fordulékonsági diagramok harcászati szempontból az egyik legfontosabb eszközök a repülőgépek manőverezési lehetőségeinek szemléltetésére, lehetőséget nyújtanak arra, hogy abban feltüntessük egy, vagy több repülőgépnek az adott magasságra érvényes fajlagos teljesítményfelesleg jelleggörbéit, és ezeket összehasonlítsuk.

Mint az ábrákból láthattuk a manőverezéshez vízszintes síkban sebesség, felhajtóerő, vagyis túlterhelés kell. Minél szűkebbre szeretnénk a fordulót annál nagyobb a túlterhelés. Hasonlóan lehetne ezt a bizonyítást bemutatni a függőleges síkra, ahol még nagyobb túlterhelésekre van szükség.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a harcászati manőverek, légi bemutatók: $4 \leq n_y \leq 7$ közötti túlterheléssel történnek [9, 77].

A repülőgép által elszenvedett túlterheléseket a még meglévő fáradási terhelhetőség meghatározása érdekében kell meghatározni.

4.2.2 Számolási metodika fedélzeti adatrögzítő adatai alapján

Kiszámítjuk a 4.1 összefüggés alapján a **viszonyított óránkénti sérülékenységet, vagy sérülékenységi indexet** $\xi_t^*(n_y^{tényl.})$.

Ezt úgy végezhetjük el, hogy a tervezés során megadott üzemidő, élettartam pl: 2400 repült óra időtartamot, mint bázist feltételezve meghatározzuk először a tervezett repült idők időarányos részét a különböző túlterheléseken.

Amint a tervezett túlterhelések 2.4. ábrájából látjuk $n_y = 6$ vagy annál nagyobb túlterhelés az élettartam során mindössze 800 esetben engedhető meg. A teljes túlterhelési spektrum százezer esetet tartalmaz. Ha ezt üzemidőben nézzük, mivel gyárilag a repülőgép élettartama adott esetben 2400 repült óra, $2400 \times 60 \times 60 = 8\,640\,000$ másodperc, vagyis egy túlterhelési esemény $8\,640\,000 / 100\,000 = 86,4$ másodperc.

Tehát össze kell gyűjtenünk a különböző $n_y \Delta t$ értékeket. Vagyis minden n_y -hoz az ábra alapján hozzá tartozó tervezett időtartamot is. Ezután az értékeket össze kell adni.

A 2.4 ábra szerint, a különböző túlterhelésekhez tartozó eredetileg tervezett túlterhelések mennyisége és idők összege (4.1 táblázat).

$$(9 \cdot 50) + (8,5 \cdot 630) + (8 \cdot 150) + (7,8 \cdot 200) + (6,8 \cdot 5600) + \\ + (5,6 \cdot 4000) + (4,6 \cdot 16000) + (4 \cdot 30000) = 262645$$

A 2.4 ábrából látható, hogy minél kisebb a túlterhelés értéke annál nagyobb repülési idők engedhetők meg ezért az $n_y = 2$ értéket terhelés szempontjából nem veszem figyelembe.

4.1 táblázat A különböző túlterhelésekhez tartozó tervezett túlterhelések mennyisége és idők összege

n_y túlterhelés	Δt időtartama [s]	Σ összeg [s]	Σ összeg órában
9	50	450	0,125
8,5	630	5355	1,4875
8	150	1200	0,3333333
7,8	200	1560	0,4333333
6,8	5600	38080	10,577778
5,6	4000	22400	6,2222222
4,6	16000	73600	20,444444
4	30000	120000	33,333333

Tételezzük fel, hogy a fenti élettartamra tervezett repülőgép eddig lerepült 800 órát és ezután óhajtjuk átállítani állapot szerinti üzembentartásra. Ennek érdekében meg kell, vizsgáljuk, hogy hol tart az $n_y > 2$ érték viszonylatában. Azért az „ $n_y = 2$ ” értéket ve-

szem alapul, mint általános terhelhetőséget, mert mint az ábrából láttuk ezen érték alatt a repülőgép az élettartamon belül tetszőleges ideig üzemeltethető. Ehhez még hozzá tenném, hogy szabályos fordulóban a bedöntés szöge „ γ ” és a túlterhelés között az alábbi összefüggés van [6, 9, 77, 130, 133, 139]:

$$\cos \gamma = \frac{1}{n_y} \quad (4.6)$$

Amiből következik, hogy általában a fordulókhoz használt maximális bedöntési szög nem nagyobb, mint 60 fok, ami alapján

$$n_y = \frac{1}{\cos 60^\circ} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (4.7)$$

A manőverező repüléssel foglalkozó szakirodalom alapján [9, 77] a szűk, gyors fordulókhoz, illetve a függőleges manőverekhez, mint a grafikonokból láttuk legalább $n_y = 4 - 7$, vagy még ennél is nagyobb túlterhelés szükséges. Ennek alapján a tényleges adatok összehasonlításához meg kell határoznunk a repülőgép eddigi 800 repült óra működési idejével arányosan az 4.1 táblázatban levő idők 1/3 át (4.2 táblázat). Mivel a repülőgép az engedélyezett üzemidőnek csak ekkora részét repülte le.

4.2 táblázat A repülőgép 800 repült óra működési idejével arányos idők 1/3-a

n_y túlterhelés	1/3-a a Δt időtartamnak mp	$\Sigma n_y \cdot \Delta t$ összeg mp	Σ összeg órában
9	16,66666667	150	0,04167
8,5	210	1785	0,49583
8	50	400	0,11111
7,8	66,66666667	520	0,14444
6,8	1866,666667	12693,3333	3,52593
5,6	1333,333333	7466,66667	2,07407
4,6	5333,333333	24533,3333	6,81481
4	10000	40000	11,1111

A lerepült 800 óra üzemidőhöz meghatározzuk időarányosan a túlterheléseket.

Ha a 4.2 táblázatból számolunk átlagot az engedélyezett időtartamokkal súlyozva az alábbi értékeket kapjuk:

$$\Sigma n_{y_i} \Delta t = 87548$$

Ezt vesszük alapul és meghatározzuk az egyes túlterhelések súlyát, a vizsgált időtartamon belül, majd a súlyok értékét összeadjuk, ami kiad egy átlagos túlterhelést a grafí-

konból vett értékek és időtartamok alapján. Ezután meghatározzuk az egyes túlterhelési értékek súlyát egy átlagos túlterheléshez.

$\Sigma \Delta n_y = \Sigma n_{y_i} \Delta t / 87548 = n_{y \text{ átlag}}$ a vizsgált tervezési grafikon időarányos adatai szerint

$$0,0017 + 0,02 + 0,00456 + 0,0059 + 0,144 + 0,085 + 0,28 + 0,456 = 0,9971$$

Ez az érték lesz tehát a nevezőben, mint időarányos, a tervezett feladatok súlyozott túlterhelése. Ha ezt az értéket elemezzük, azt látjuk, hogy a tervező úgy igyekszik meghatározni a repülőgép tervezett túlterhelését, hogy az a teljes repülési időtartamra vetítve ne nagyon térjen el a vízszintes repülés $n_y = 1$ értékétől.

Ezután, a fentiekhez hasonlóan meghatározzuk a repülőgép által ténylegesen, az addigi repült időig elszenvedett túlterheléseket.

Összegyűjtjük $n_y^{\text{tényl.}}$ a tervezettet meghaladó - maximális- tényleges értékeit a hozzájuk tartozó „ Δt ” időtartamokkal együtt, majd a fentiekhez hasonlóan átlagot képezünk.

Tételezzük fel, mivel most ilyen konkrét adattal nem rendelkezünk, hogy $n_{y \text{ átlag}}^{\text{tényl.}} = 1,7$.

Ez azt jelenti, hogy az eltelt 800 repült óra alatt a repülőgépek átlagos terhelése a tervezett közel 1,0 helyett 1,7 szerez értékkel meghaladta a tervezettet, a tényleges repült időt a tényleges terhelések figyelembe vételéhez ezzel kell korrigálni. Mivel a repült idő 800 óra volt, a tényleges terhelés miatt

$$\xi_t^* (n_y^{\text{tényl.}}) = \frac{\xi_{\text{szám.}} (n_y^{\text{tényl.}})}{\xi_{\text{mért}} (n_y^{\text{terv.}})} = \frac{1,7}{1} = 1,7$$

értéket, kell az átállásnál alapul venni.

A repülőgép adott esetben a 2400 repült órából tehát nem 800 repült órát használt fel hanem 1360 órát, ami több mint a fele az engedélyezett üzemidőnek.

A MIG–29 repülőgépek átállításánál mivel az új lényegesen nagyobb repült idők jelentősen megközelítették a korábbi 2400 repült órát, vagyis a teljes üzemidő tartalékot, ezért új teljes üzemidőt határoztak meg 4000 repült órában⁴⁷. Ennek technikai megalapozását úgy érték el, hogy az átállított repülőgépek szerkezetét fáradási repedések szempontjából átvizsgálták, és minden repedt, fáradt teherviselő elemet, tartót, csomó-

⁴⁷ Az új üzemeltetési rendszer műszaki dokumentációjának és az informatikai támogató rendszer (ARM-OK) átadása után a gyártó bejegyezte a repülőgépek formulájába az átállás tényét. A repülőgépek módosított, új, teljes műszaki üzemideje 4000 óra, 40 évben lett meghatározva [140].

pontot újakra cseréltek, valamint az üzem-bentartási munkafelsorolás korábbi munkapontjait kiegészítették a korábbi ipari felújítás főbb pontjaival.

4.3 EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Ebben a fejezetben elemeztem az „üzemidő, naptári idő alapján üzemben tartott repülőgépek” üzem-bentartási rendszerének korszerűsítésére, az állapot szerinti üzem-bentartásra történő átállás megvalósítását.

A korszerű repülőgépen a fedélzeti adatrögzítő rendszer folyamatosan méri és rögzíti a szerkezet által elszenvedett túlterheléseket, azok nagyságát és időtartamát annak érdekében, hogy az üzem-bentartás folyamán bármikor megállapítható legyen a repülőgép hátralevő fáradási tartaléka.

Vizsgálataim alapján bebizonyosodott, hogy a repülőgép eredeti repült idejét meg kell szorozni a sérülékenységi index-el, és akkor kapjuk meg az üzem-bentartási rendszer átalakítása utáni újra induláshoz az érvényes új repült időt.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeként megállapítom, hogy:

- az üzemidővel rendelkező berendezéseket a saját üzemidejük alapján, a kopás, paraméter eltérés alapján meghibásodó berendezéseket az időközönkénti karbantartásoknál feltárt adatoknak megfelelően kell tervezni;
- mivel a repülőgépben nincs önellenőrző rendszer, ami állandóan figyel és integráltan követi a berendezésekre ható túlterheléseket, így a továbbiakban a fedélzeti adatrögzítő paramétereinek felhasználásával kell figyelni, és időközönként ki kell számítani a sérülékenységi indexet, illetve a korrigált üzemidőt;
- A vadászrepülőgépek harckész állapotának tartós fenntartása, illetve a beépített fáradási tartaléknak tényleges harci felhasználáshoz történő megőrzése érdekében minimumra kell csökkenteni a légi bemutatókon a nagy túlterheléssel bemutatott légi „akrobatikát”;
- Az eredetileg nem állapot szerinti üzem-bentartásra készült repülőgépeket át lehet állítani állapot szerinti üzem-bentartásra, azonban ehhez meg kell vizsgálni annak műszaki állapotát, a feltárt meghibásodásokat ki kell javítani, meg kell határozni az átállításkor még meglévő fáradási tartalékot, és ennek figyelembe vételével a ténylegesen ledolgozott üzemidőt;

5. A MIG–29 TÍPUSÚ REPÜLŐGÉPEK MEGHIBÁSODÁSAINAK ELEMZÉSE

Az elemzés célja, feltárni az eddigi üzemelés során előfordult főbb meghibásodások okait, azokra ható tényezőket és ennek alapján a továbbiakban megelőzésük, valamint a további üzemeltetés költségeinek csökkentési lehetőségeit.

A vizsgálatot az indokolta, hogy a 27 repülőgépből álló géppark tartósan, 1997-óta nagyon alacsony üzemképességi szinten van.

A jelen elemzés elfogadja, a gyártó vállalat által 2002 első negyedévében a repülőgépek üzemidejének meghosszabbítása, és az állapot szerinti üzemeltetésre történő átállítás bevezetése érdekében végzett vizsgálatokat, melyek főleg a repülőgép sárkány szerkezet fáradási paramétereit, illetve alkalmazási kérdéseit elemezték. Azonban a sárkány szerkezet fáradásának elemzése csak egy része a problémának. Egyrészt azért, mert a repülőgépre ható túlterhelések nemcsak a sárkány szerkezetre, hanem minden beépített berendezésre hatottak. Másrészt a vizsgálat során megállapított jelenlegi túlterhelési spektrum, ami a sárkány szerkezeten repedéseket, töréseket hozott létre, a hajtómű álló és forgó részei között esetenként a rések csökkenését, a szerkezeti elemeken pedig hasonló repedéseket, az elektromos, elektronikus szerkezeteken szintén olyan repedéseket, töréseket, meghibásodásokat okozhatott, mint amelyeket a vizsgálat a sárkány szerkezeteken feltárt.

Mindezek alapján, nemcsak a sárkány szerkezet meghibásodásait, hanem a repülőgépbe beépített valamennyi berendezés meghibásodását vizsgálni kell. Az orosz tanulmány⁴⁸ azonban konkrétan nem foglalkozik a sárkányon kívül, sem a hajtómű, sem a KSZA (a repülőgép-segédberendezések háza), sem a szakág rendszerek, berendezések problémáival.

5.1 A MEGBÍZHATÓSÁG ELMÉLET FŐBB KRITÉRIUMAINAK ALKALMAZÁSA

Jelen esetben egy komplex rendszerrel állunk szemben, ahol a repülőgép több egymással együttműködő rendszerből áll, illetve a rendszereket mindenütt az elemek sokasága alkotja. Ennek alapján a vizsgálatot rendszerenként, jelen esetben fő szakterületenként, a hozzájuk tartozó elemek megbízhatósági paramétereit alapján tudjuk elvégezni. Mivel korlátozott számú elem meghibásodási adatai állnak rendelkezésre, ezért relatív gyakoriságokat tudunk számolni. Meg tudjuk határozni a leggyengébb elemeket, azoknál a két meghibásodás közötti repült időt berendezésre, rendszerre, majd a teljes repülőgépparkra, és rá tudunk mutatni nemcsak az alkalmazás, üzemeltetés, hanem a tervezés és gyártás problémáira is.

⁴⁸ Барковский, В. И. Исследования по обеспечению перевода самолётов МиГ 29 ВВС Венгрии на эксплуатацию по техническому состоянию. Технический отчёт, 2002.

5.1.1 A vizsgálat felépítése

A következtetések minél megalapozottabb alátámasztása érdekében, lehetőleg minden előfordult meghibásodást, és a hozzá tartozó repült órát össze kell gyűjteni. Amennyiben ez utólag már nem lehetséges, a vizsgált rendszerre, alkatrészre, a teljes működési szám, óraszám és a hozzá tartozó összes meghibásodás hányadosát határozzuk meg. A vizsgálatot kiemelten fontos, nagy értékű berendezésenként, pl. hajtómű, KSZA, illetve fő rendszerenként végezni, mert ez ad lehetőséget a rendszeren belül a gyenge láncszemek meghatározására, aminek oka lehet tervezés, gyártás is, nemcsak az alkalmazás, illetve üzemeltetés. Majd a rendszerek problémáinak integrálásával lehet megállapítani a teljes repülőgépparkra jellemző tényeket.

A meghatározó paraméterek felhasználhatók, mind a további problémák elhárításában, mind a költségelemzésben, vagy az anyagtervezésben.

Mivel javítható berendezések megbízhatósági mutatóit vizsgáljuk, fő paraméternek a két meghibásodás közötti repült időt tekintjük. A meghibásodott berendezés helyére új, vagy javított berendezést teszünk és itt a helyreállítás idejét a megbízhatósági paraméter számításánál nem vesszük figyelembe. A munkaidő ráfordítás növekedése jelentős megterhelést jelent az üzemeltető állományra, azonban ez külön elemzést igényel.

A berendezések működését jellemző legfontosabb paraméterek a következők:

- az első ipari javításig meghatározott működési idő, annak helytállósága;
- a két meghibásodás közötti működési idő;
- a meghibásodások jellege, pl. anyagfáradás, helytelen működés miatti roncsolódás, idő előtti tönkremenetel;
- túlzott, nem számított igénybevétel;
- alkalmazási, vagy üzemeltetési problémák;
- tervezési, vagy gyártási problémák.

Annak ellenére, hogy nem rendelkezünk a repülőgépre vonatkozó tervezési adatokkal az előfordult meghibásodások rendszerezése, elemzése lehetővé teszi a felsorolt témakörökben megfelelő következtetések levonását, javaslatok megtételét.

Az adatgyűjtés során kiderült, hogy az 1993–1995 közötti időszakban, bizonyos szakterületeken egészen 1997-ig a meghibásodási adatok nem kerültek át elektronikus adathordozókra, ezért itt most ezeket nem lehetett bevonni az elemzésbe. Ennek oka, hogy az akkor még itt levő gyári szakemberek a meghibásodásokat, vagy saját készletükből cserével elhárították, vagy a berendezést helyszínen kijavították. A meghibásodási adatok gyűjtése csak

1997-től vált az elektronikus adatgyűjtésben teljessé. Ez az adathiány a megállapítható megbízhatósági paramétereket pozitív irányban befolyásolja. Vagyis a ténylegesnél csak jobb értékeket kaphatunk, mivel a működési időszak közel felének meghibásodásai nem teljes mértékben állnak rendelkezésre. Azonban a meglévő adathalmaz még ebben a formában is alkalmas a megfelelő következtetések levonására, javaslatok megtételére.

5.1.2 Sárkány meghibásodások elemzése

A sárkányszerkezettel kapcsolatos meghibásodások közül a vizsgált időszakban 1777 db-ot rögzítettek írásos jelentésekben. Ezek egy része érinti a hajtóműveket, a KSZA berendezést és más szerkezeti elemeket is, de azok meghibásodása minden esetben érinti kijavítás, elhárítás szempontjából a sárkányszerkezetet, hiszen a meghibásodás elhárítása jelentős sárkányszerelési munkával jár.

Mielőtt rátérnénk a működés részletes vizsgálatára és elemzésére néhány alapvető számadatot, szükséges meghatározni annak előrebocsátásával, hogy mivel mind a MIG-29B, mind a MIG-29UB típusú repülőgépek egyszerre érkeztek be, és párhuzamosan vettek részt az üzemelésben az elemzésnél a repült időket és a hajtóművek, illetve más berendezések működésével kapcsolatos tapasztalatokat együtt tárgyaljuk. (Az 1998. 07. 23-án katasztrófát szenvedett repülőgépet, illetve annak adatait nem vettük be a vizsgálatba.)

Beérkezésüktől 2003. június végéig a két típus, 27 db repülőgép, összesen **9830+3760=13590** órát repült. Egy repülőgépre eső átlagos repülési idő **503,3 óra 9 év alatt, ami évi átlagban 56 órát jelent.**

Annak érdekében, hogy a számított paraméterek konkrétak legyenek a vizsgált időszakot a repülőgépek beérkezése és 2003 júniusa között, a júniusi számszerinti kimutató adatai alapján határozzuk meg. Ez lehetővé teszi az üzembentartást végző alakulat havi, éves jelentésében használt adatokra történő támaszkodást.

Először rövid statisztikai elemzést végezve a **13590** repült óra alatt tehát, a háttér anyagokban megtalálható tételes kimutató alapján, **1777 meghibásodással számolva a két egymás utáni meghibásodásra jutó repülési idő sárkány szempontból 7,64 óra.**

A meghibásodásokat 5 fő csoportba oszthatjuk. Ezek a sárkány berendezések meghibásodásai úgymint repedések, törések, deformálódás, kopás. Második csoport a szegecselési hibák. Harmadik csoport a hermetikussági hibák. Negyedik a KSZA berendezés, és ötödik a hajtómű hibái. Az utóbbi két fő berendezést külön elemezzük, ezért a sárkány szerkezetnél, mint jellegzetes problémákkal, csak az első három csoportba tartozó hibákkal foglalkozunk.

1. Szegecs problémák:

Kezdjük az egyik kirívóan nagy mennyiségű és főleg a hajtóművekre veszélyes szegecs problémákkal. Csak a levegő bevezető csatorna mellső és felső, a levegőbe emelkedésig működő redőnyökkel ellátott részéből **197 különböző szegecs meghibásodást** észleltünk, ahol részben a szegecses fellazulása, részben a szegecsfejek leszakadása és négy esetben a hajtóműbe történt beszívása okán a hajtómű megsérülését állapították meg. Ez a nagymennyiségű, ilyen kritikus helyen előforduló meghibásodás nem megengedhető. A rengeteg szegecslazulás időbeni feltárása és kijavítása, a szegecses állandó rendszeres ellenőrzése ellenére egyértelmű a szegecses miatti veszély helyzete. Az alakulat repülő műszaki szolgálatának szakemberei a nagymennyiségű azonos hiba okát elemezték és megállapították, hogy a gyártó által a szívócsatornánál és a redőnyöknél alkalmazott szegecses típusa és azok beerősítési módszere helytelen. Nem bírja az ott fellépő vibrációs terhelést ezért a probléma előfordulása nem szűnt meg.

2. Repedések, törések:

A repedések, törések előfordulásánál is a felső levegő beeresztő redőnyök és azok működtető szerkezetei szerepelnek a leggyakrabban, **73 eset** került rögzítésre. Szintén a repülő szakemberek vizsgálatai szerint, kiderült hogy a redőnyök nem csak földön működnek, hanem levegőben, nagy állásszögön, nagy bedöntéssel történő repülésnél is a szívócsatorna leárnýékolódása miatti szívóhatás következtében kinyílnak, majd becsukódnak. Ez a működés ütősszerű, változó frekvencián történik, ami mind a záró fedeleket, mind azok környezetét fokozott rongálásnak teszi ki. **A tapasztalatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a szívócsatorna idegen tárgy beszívása elleni rendszere, a meghibásodások megelőzése szempontjából nem kielégítő.** Egyrészt nem óv megfelelően az idegen tárgyak beszívásától, másrészt magának a rendszernek a kihulló alkatrészei rongálják működés közben mind a hajtóművet, mind a repülőgépet.

A meghibásodások között sok a szárny és a törzs közötti áramvonalazást biztosító ún. hónalj lemezek repedése, törése is. Ennek oka a szárny és a törzs között a gyakori és túl nagy hajlító igénybevétel, ami az orosz fél által megállapított repülés közbeni **nagy n_y** értékekkel magyarázható.

Az alakulat által feltárt repedések között nem volt egy sem azok közül, melyeket az üzemidő meghosszabbítás kapcsán az orosz gyári szakemberek a törzs hátsó részének teherhordó elemein tártak fel. Ez azt jelenti, hogy a rendszeres üzemeltetési ellenőrzések során a szerkezet belső tereiben, így a fokozott vibrációnak legjobban kitett törzs hátsó részében létrejövő fáradási repedéseket csak speciális céll ellenőrzésekkel lehet feltárni.

3. Hermetikusság:

A következő nagy számban jelentkező hiba a sárkány tüzelőanyag tartályokból történő szivárgások, folyások ez **35 esetben** következett be. A repülőgép tüzelőanyag tartályai a törzsben és a szárnyban egyaránt fém rekeszekből állnak, melyek tömítő anyaggal vannak hermetizálva. A tömítő anyagoknak általában van bizonyos időbeni öregedése, ami csökkenti a tömítési képességüket. Azonban a tömítetlenség megjelenését fokozottan előidézi, főleg a szárnytartályoknál a repülés közbeni nagy túlterhelés és vibráció, illetve az ismétlődő túlterhelésektől létrejövő fárasztó igénybevétel. A naptári idő előrehaladásával a folyási, szivárgási problémák számának növekedésére számítani kell. Ezt alátámasztja a szakemberek által ismertett tény, hogy az orosz fél szerint a hermetikussági problémák fő oka, hogy a magyar fél rendszeresen hosszabbítja a sárkány és a hajtómű, illetve más üzemidős berendezések naptári idejét, amivel túllépi a berendezések eredetileg meghatározott tárolhatósági időit.

4. Lehajtható orrész vezérlése:

Külön, gyakran jelentkező típushibaként kell megemlíteni a szárny orrészén levő lehajtható elemek mozgatását végző munkahengert tápláló csővezeték, annak **86 esetben** előfordult törését. Ez a csővezeték mereven kapcsolódik a munkahengerhez. A munkahenger azonban a belépő él lehajlítása során, egy íven elmozdul. Ezáltal a cső megfeszül és bizonyos számú ismételt igénybevétel után, eltörik. **Itt a gyártónak nem merev csövet, hanem nagynyomású hajlékony tömlőt kellett volna alkalmaznia.**

5. Üzemidő aránytalanság:

A repülőgépek repülési üzemóra összehasonlításánál feltűnő eltérések tapasztalhatók. A 14 db – gyártó vállalat által felülvizsgált és – a további üzemelésben résztvevő repülőgépek 500-600 repült óra működési idővel rendelkeznek, míg **a leállítottak között 6 db olyan repülőgép van, amelyik működési ideje nem éri el a 250 repült órát.** Ez úgy alakult ki, hogy évekkal ezelőtt, már 1995-96-ban a fennálló alkatrészhiány miatt a repülőgépek egy részét más, alkatrészhiány miatt üzemképtelen repülőgépek terhére tették üzemképesé. Ezek a viszonylag keveset repült repülőgépek jelenleg, üzemképes alkatrészek szempontjából nagy hiányokkal rendelkeznek, mivel a többi repülőgép üzemképessé tétele esetenként folyamatosan az ő terükre történik. Azonban a sárkányszerkezet fáradása szempontjából, az alkatrészek visszapótlása esetén jobb állapotban kell, hogy legyenek, mint a jelenleg üzemelők. Ezek közül később, esetleg a jelenleg üzemelő repülőgépek tartós kiesése (pl. javítás) esetén, vagy fogyás pótlására lenne lehetőség ilyen repülőgépet üzembe állítani, a gyári szakemberek által történő felülvizsgálat, naptári üzemidő hosszabbítás, illetve a hiányzó berendezések visszapótlása után.

A repülőgépek sárkány rendszerei további üzemelésének biztonságosabbá és gazdaságosabbá tétele érdekében a sárkányon előfordult meghibásodások szempontjából meg kellene vizsgálni az alábbi technikai lehetőségeket:

- **A szívócsatorna záró és felső redőny rendszerének módosítását** a típus jelenlegi változatainak alapján. A vizsgálatot az orosz gyártóval közösen kellene végezni, és ha van rá lehetőség közlőny munkaként végrehajtani. Ez a guruló és felszálló utak megfelelő tisztántartása mellett megszüntetné a repülőgép saját alkatrészeitől, a kieső szegecsektől adódó sérülések keletkezését, illetve a felső redőnyök állandósult repedéseit, rugótöréseit.
- **A lehajtható orr-részek táplálását** a jelenlegi merev csővezeték helyett megfelelő nyomást elviselő tömlővel kellene megoldani, ez megszüntetné a nagyszámú csőtörést.
- **A szívócsatornák szegecseit** 400-600 órás időszakos ellenőrzéseknél felül kellene vizsgálni, és ha szükséges kicserélni a már kialakított csere anyagok és technológiák alapján.
- Az orosz féltől **meg kellene kérni** a repülőgépek beszerzése óta **kiadott közlőnyöket**, mivel jelenleg nem rendelkeznek olyan hivatalos okmánnyal, melynek alapján megállapítható lenne az alkalmazott technikai dokumentáció naprakészége.
- Felül kellene vizsgálni a kis üzemidővel leállított repülőgépek sárkányszerkezetének állapotát és a már igényelt tartalék alkatrészek beérkezése után, az üzemidő hosszabbítás elvégzésével, a lehetőségek függvényében **tartalék üzemképes, üzemeltethető repülőgépeket létrehozni**.

5.1.3 A hajtómű meghibásodásainak elemzése

A repülőgép működését biztosító egyik legfontosabb berendezés a hajtómű. Az RD-33 típusú gázturbinás sugárhajtómű biztosítja a repülőgép részére a megfelelő tolóerőt a repülési feladatok végrehajtásához. A nagy, hangsebesség feletti repülési sebességekhez a vadászrepülőgépen a hajtómű működését szuperszónikus szívócsatorna biztosítja. Ennek rendeltetése minden üzemmódon a hajtómű levegőtáplálásának biztosítása. A típuson, a földön történő mozgás során esetleg előforduló idegen tárgyak (kövek) beszívásának megelőzésére a csatorna megfelelő lemezzel lezárásra kerül a gurulás, nekifutás és felszállás során egészen az emelkedés befejezéséig. A záró lemezek ekkor nyílnak ki és biztosítják a levegő axiális beáramlását a hajtóművekbe. A levegőben a hajtómű különböző üzemmódokon működik alapjárattól a teljes utánégetésig, biztosítva a repülőgép-vezető részére a manőverhez szükséges tolóerőt.

Mielőtt rátérnék a működés részletes vizsgálatára és elemzésére néhány alapvető számadatot szeretnék meghatározni, annak előrebocsátásával, hogy mivel mind a MIG-29B,

mind a MIG-29UB típusú repülőgépeken ugyanez a hajtómű van, itt az elemzésnél a repült időket és a hajtóművek működésével kapcsolatos tapasztalatokat együtt tárgyalom.

Beérkezésüktől, mint már bemutattam fent, 2003. június végéig a két típus, 27 db repülőgép, összesen **9830+3760=13590** órát repült. Egy repülőgépre eső átlagos repülési idő **503,3 óra 9 év alatt, vagyis évi 56 repült óra**. Ennek biztosításához a légierő rendelkezett **79 db** hajtóművel. Mivel a repülőgépen két hajtómű van, tehát mindkét hajtómű külön-külön is 13590 órát működött.

A hajtóművek javításközi ideje az első ipari javításig **350 órában** van meghatározva, melyet később bizonyos teljesítménycsökkenés és 25 óránkénti időszakos ellenőrzés mellett meg lehetett hosszabbítani **700 óráig**. Mivel a fenti repülési idő során a meghibásodások miatt **mind a 79 hajtómű** felhasználásra került, így az egy hajtómű cserét okozó meghibásodásra jutó repülési átlagidő $13590/79 = 172$ óra. **Ez azt jelenti, hogy átlagban a repültetés szempontjából a hajtóművek a javításközi idő felét sem dolgozták ki.** A hajtóművek összességükben azonban a repülési idő kétszeresét, vagyis **27180 órát repültek**, tehát **egy hajtóműre vetítve 344 órát**. Ez azonban úgy alakult ki, hogy **34** hajtómű jelentősen a 350 óra javításközi üzemidő alatt esett ki a további üzemelésből, a többi **45** db pedig jelentősen túlteljesítette az előírt javításközi működési időt. Ehhez még hozzá kell tennünk, hogy a gyári szakemberek itt tartózkodása idején a kiépítés után főleg kompresszor lapát cserével több hajtómű üzemképesé lett téve és újra tovább üzemelt.

2001 novemberétől döntés született a repülőgéppark csökkentéséről és ennek kapcsán a gyártó vállalat szakemberei felülvizsgálták a repülőgépek műszaki állapotát, majd kialakításra került 12 harci és 2 gyakorló-harci repülőgépből álló alegység, mely a továbbiakban részt vesz a légi tevékenységben.

Mivel a típus alkatrészellátása annak beérkezése óta alulfinanszírozott volt,- vagyis nem volt lehetőség a tartalék alkatrészek szükséges mennyiségének időben történő import beszerzésére, az adott pillanatban, valamilyen okból üzemképtelen repülőgépekről alkatrész cserével tettek egy másik repülőgépet üzemképesé. Ez a módszer mind a sárkány szerkezeten, mind a hajtóművön, illetve egyéb szakág rendszereken polgárjogot nyert. Ennek következtében egyes repülőgépek, hajtóművek a lecserélt üzemképes berendezések visszapotlásának elmaradása okán egyre több alkatrészhiány miatt váltak üzemképtelenné. A 2001. novemberi döntés után ez a folyamat felerősödött, mivel a fenti 12+2 repülőgép üzemképességét zömében a leállított többi repülőgép kárára oldották meg.

A hajtóművek meghibásodását az alábbi fő okok idézték elő:

- **A kompresszorlapátok sérülése.** Ez **17 esetben** volt olyan mértékű, hogy a hajtómű további üzemeltetését meg kellett állítani. Azonban ennél sokkal több **80 esetben** a kompresszorlapát sérülés vagy ki lett javítva, cserélve, vagy engedélyezett volt a sérült kompresszor további üzemeltetése. Azonban ez azt jelenti, hogy a hajtóművek több esetben egyre nagyobb számú sérülés mellett üzemeltek tovább. A kompresszorsérülések fő oka az idegen tárgyak beszívása. Ezek legtöbb esetben a földről felszívott kódarabok, de előfordult a szívócsatornából kiszakadt szegecs, és madárbeszívás is. Pl. 2003. július 25-én, a repülőgép leszállása során a földetérés után a futóballonok szétrobbantak és azok darabjait szívta be mindkét hajtómű jelentős roncsolódást okozva. A felsorolt okokból látszik, hogy ezen esetek elkerülése csak fokozott biztonsági intézkedések betartásával oldható meg. Így, fokozottan ügyelni kell a guruló utak és a felszálló mező tisztaságára, a fel és leszálló mező körzetéből el kell riasztani a madarakat, figyelni kell a szegecses állapotát a szívócsatornában, stb.
- A következő ismétlődő meghibásodás **a turbina álló terelő lapátok megégése.** Ez **10 esetben** okozta a hajtómű üzemképtelenné válását. Ennek fizikai magyarázata, hogy a turbina állólapátok a számítottnál nagyobb hő terhelésnek voltak kitéve. Ez akkor fordulhat elő, ha vagy a gázok hőmérséklete magasabb az előírtnál, vagy a hajtóművet nagy teljesítményen, azaz magas hőfokon az engedélyezettnél hosszabb ideig működtetik. Esetünkben, az üzembentartó állomány megfigyelései arra utalnak, hogy okozati összefüggés van az utánégető bekapcsolások mennyisége és a turbina első fokozat lapátjainak égése között. Az utánégető bekapcsolás a hajtóművön ugyanis úgy történik, hogy az utánégető tüzelőanyag begyűjtéséhez a láng a fő égőtérből, szűrőláng szerűen „átlövi” a két turbina fokozatot és így gyújtja meg a tüzelőanyagot. A szűrőláng mindig ugyanazon két helyen megy át a turbinán. A megfigyelések azt mutatják, hogy az álló lapátok ezeken a helyeken égnek el. Ez azt jelenti, hogy nem bírják ki az üzemidő alatti utánégető bekapcsolások mennyiségét. Ez két okra vezethető vissza. Vagy túl nagy az utánégető be, illetve kikapcsolások száma, ami a műrepülések során indokolt a manőverek kivitelezése érdekében, vagy a javítások közötti üzemidő megemelésénél a gyártó ezt a korlátozást nem kellően vette figyelembe. Az előfordult 10 eset közül 1 esetben 350 repült óra alatt, 9 esetben 400-600 óra között következett be az átégés. A javításközi üzemidő 700 órára történő emelésénél korlátozásra kerültek a maximális, illetve annál magasabb üzemmódok, azonban figyelmen kívül lett hagyva az utánégetés bekapcsolások száma. Ez azt jelenti, hogy **az utánégető bekapcsolási szám az üzemidő hosszabbításnál nem lett vizsgálva.**

- Szintén a magas gázhőmérséklet idézi elő az égőtérrel kapcsolatos elégeket, ronc-solódásokat. Különböző formában **az égőtér átégése, elmozdulása, a fúvókák csővezetékeinek törése 10 esetben** fordult elő, ami szintén a nagy hőterhelésre utal.
- Ugyanezt a problémát támasztja alá **a TDK hő-adó** viszonylag gyakori, **10 esetben** előfordult meghibásodása.
- A következő berendezés **a BPR–88**, mely a hajtómű elektromos rendszerében a belépő levegő hőmérsékletének függvényében szabályozza, határolja a maximális fordulatszámot, **32 esetben** hibásodott meg és került cserére. Ez azt jelenti, hogy a kérdéses hajtóművek fordulatszám és hőmérsékleti problémái, meghibásodásai túl gyakoriak.
- A másik kiemelkedően nagy és tűzveszéllyel együtt járó tömeges meghibásodás az **RSZF utánégetés szabályozó berendezés 53 esetben** előfordult tüzelőanyag szivárgása, folyása. Ez egyértelműen gyártási probléma, mivel az alkalmazott tömítések nem bírják ki a meghatározott működési időt. A berendezések egy részénél a hiba elhárítása helyben megoldható volt, de a mélyebb szétszerelést igénylő esetekben a hiba elhárítása gyári feltételeket igényelt. Az orosz szakemberek itt is arra hivatkoznak, hogy a naptári idő eredetileg 7 év volt, amit először 9 évre, jelenleg még tovább hosszabbítottunk. Ezeket az időket a tömítések nem bírják ki.
- A tüzelőanyag rendszer berendezéseinél a **tömítettség megszűnése** a felsoroltagon kívül sok berendezésnél előfordult, ami egyértelműen az általában nem időt álló tömítőanyag alkalmazására vezethető vissza.
- Az **NR–59 tüzelőanyag szivattyú részben meghibásodási**, de főként szintén **tömítetlenségi** problémával jelentkezett **14 esetben**. Ez is gyártási problémára vezethető vissza.
- Szintén nagy mennyiségben, **26 alkalommal** fordult elő **az SZPT–88 pompázs üzemmód jelző adó** meghibásodása. A jelenség a hajtómű instabil üzemmódja, amit gyorsan meg kell szüntetni megelőzendő súlyos sérülések bekövetkezését. Ilyen mennyiségű azonos berendezés meghibásodás tervezési, vagy gyártási problémára vezethető vissza.
- A hajtóműveknél **7 esetben** okozott üzemképtelenséget a **fokozott vibráció**, illetve az olajsűrőn fémforgács, csapágydarabok megjelenése. Ezen belül **2 esetben a forgórész beékelődött**. Ezek a legkomolyabb balesetveszélyt hordozó problémák, mivel a hajtómű működés közbeni teljes tönkremenetelét jelzik. Kivizsgálásukra eddig nem volt lehetőség, mivel a szétszereléshez gyári szerszámok szükségesek.

A fenti nagy mennyiségű, azonos berendezés meghibásodás kiemelésének célja az volt, hogy rámutassak a hajtóművek további üzemeltetése során mely berendezésekből cél-

szerű nagyobb tartalékkészletet fenntartani, illetve a gyártó, vagy ipari javító vállalatnál elérni ezen berendezések működési megbízhatóságának növelését a hibásodó részek korrekációjával. Ezen túlmenően pedig, ha lehetséges, befolyásolni a repülőgépek további alkalmazási struktúráját, csökkentve a látványos, a repülések során váltakozó intenzitással nagy teljesítményt igénylő, a hajtóműveket fokozottan rongáló alkalmazásokat, közelítve a tényleges harcászati alkalmazási profilokhoz.

A műrepülések nem csak a hajtóművek, hanem a repülőgépek alkalmazásának minden összetevője költségét jelentősen növelik.

A fenti adatokat a nyilvántartott **347 db meghibásodás** közül emeltem ki. Mivel a meghibásodások repülés közben történtek, így a két meghibásodás közötti repülési idő alapjaként a repülőgépek által végzett működési időt kell figyelembe venni. Ezért a **hajtóművek miatt $13590/347 = 39,2$ repülési óránként következett be egy a repülőgép további működését akadályozó meghibásodás.**

Összességében megállapítható, hogy meghibásodások szempontjából **a hajtómű az egyik leggyengébb láncszem.** Nagy értékű, bonyolult, nagyon erősen megterhelt berendezés, ami a nagy hő és túlterhelésekre, idegen tárgy beszívásra nagyon rosszul reagál. Ezt mutatják a fent elemzett meghibásodások. A 350 óra javításközi üzemidő megemeléskor csökkentve lett a T_3 gázhőmérséklet. A tapasztalatok azt mutatják, hogy **31 db** hajtómű ilyen csökkentett teljesítményen 500-600 órát is tudott működni.

A hajtóművek üzemelésének gazdaságosabbá tétele érdekében a T_3 maximális értékének esetleges további csökkentése komoly gazdasági eredményt adhat. Természetesen ez csökkentené a repülőgépek maximális teljesítményét. Azonban érdemes lenne megvizsgálni, hogy a harc kiképzési feladatok célirányos felülvizsgálatával, békeidőben felesleges nagy teljesítményt igénylő feladatok számának csökkentésével, a repülőgépeknél és főleg a hajtóműveknél milyen üzemképességi szintnövelési, illetve gazdasági előnyt lehetne elérni.

Az alakulat technikai szakemberei állítják, hogy a maximális feletti üzemmódokat a hasonló típust üzemeltető légierőknél csak harci, harc kiképzési esetekben alkalmazzák, ezért azok bekapcsolását lehetővé tevő kapcsolót vékony dróthuzallal biztosítják.

5.1.4 KSZA berendezés

A KSZA berendezés rendeltetése a repülőgép energia és hidraulikanyomással történő ellátása, valamint a hajtóművek indítása. A **27 db** repülőgéphez rendelkezésre állt **37 db** berendezés. A sárkány meghibásodások között **89 esetben** szerepel a KSZA berendezés, amiből nagyon sok **18** volt a GP-21, a KSZA-t meghajtó tengely törése. A KSZA berendezés nagyon fontos a repülőgép működése szempontjából. Kényes, igényes az üzemelte-

tésre. A tengelytörések mellett a fokozott vibráció a másik jellegzetesség. A KSZA berendezések közül eddig 6 db berendezés volt javításba küldve.

Az adatokat figyelembe véve a **37** eredeti berendezést és a **6 db** javítást összeadva nagyon sokszor **35** esetben hibásodott meg úgy, hogy üzemképtelenné vált. Ezen belül sok a segédberendezések javításközi, illetve naptári engedélyezett üzemidőinek hosszabbítása.

A KSZA berendezés egységet képez még más fontos, saját üzemidővel rendelkező önálló segédberendezésekkel. Ezek a szögkihajtás, melynek feladata a hajtómű indításában való részvétel, illetve annak beindulása után az elektromos energiát, tüzelőanyag betáplálást és hidraulikanyomást termelő berendezések működtetése. A következő az indító hajtómű, amely önálló naptári idővel és indítási ciklusszámmal rendelkezik, valamint a GP-21 hidraulikus meghajtó rendszer, ami a fenti berendezéseket a hajtóművel összekapcsolja.

Minden segédberendezés önállóan cserélhető, saját javításközi üzemidővel rendelkezik, ami nem mindig egyezik meg a KSZA javításközi üzemidőivel.

Nem csak az üzemidők térnek el, hanem a különböző meghibásodások is önállóan jelentkeznek és a KSZA mint egység bármely részegység miatt, üzemképtelenné válhat. Ezt mutatja az együttműködő berendezések meghibásodásainak megoszlása is.

A KSZA üzem közben együttműködik a következő berendezésekkel:

- GSZR–SZT–12/40A generátor;
- GTDE indító hajtómű;
- NP–103A búvárdugattyús szivattyú (két db);
- DCN–80 tüzelőanyag szivattyú;
- GP–21 meghajtás.

Az együttműködő berendezések nélkül a KSZA ugyancsak működésképtelen, ezért működőképessége létfontosságú a repülőgép szempontjából.

A berendezés működésében az alábbi meghibásodásokat regisztrálták:

- összességében **89** esetben hibásodott meg. Ennek alapján a két meghibásodás közötti repült idő **152 óra**;
- ebből **27** esetben túl magas, vagy túl alacsony vibrációt mértek. Az ténykérdés, hogy nem mindig behatárolható okokból rövid ideig a megengedett érték többszörösét mutatja a vibrációjelző. Jelenleg gyári közlöny alapján ez engedélyezett, ha 3 másodpercnél rövidebb ideig tart a magas vibráció;
- **31** esetben volt probléma a GP–21 meghajtó berendezéssel, ahol legtöbb esetben a meghajtó tengely törött el. A tengelytörések oka nagyrészt az indítás során történt helytelen tevékenységből adódott. Ezt megfelelő oktatással kiküszöbölték, azonban a KSZA berendezés működtetésének legérzékenyebb eleme továbbra is a GP–21;

- **22** esetben volt probléma az olajellátással, ahol szivárgás és a szűrők eltömődése egyaránt előfordult. Ez azonban nem okozott tartós üzemképtelenséget;
- **5** esetben fordult elő a szögkihajtás meghibásodása, ami szoros összefüggésben van a GP–21-el, ezért komoly üzemképtelenséget okoz;
- **3** esetben egyedi meghibásodás fordult elő de ezek közül egy esetben a berendezés beékelődött. Az okot csak nagyjavítás keretei között lehet megállapítani.

Fentiek alapján egyértelmű, hogy a KSZA és a rajta levő berendezések üzemképessége alapvetően meghatározza a teljes repülőgéppark üzemképességét. A berendezés állapota pedig jelentősen függ az alkalmazók és az üzembentartók helyes tevékenységétől. Ezen kívül célszerű lenne a gyártóval konzultálni a berendezésre kiadott eddigi, az üzembentartást segítő közlönyökről.

5.1.5 Szakág meghibásodások

Elektromos, műszer, oxigén berendezések terén

A nyilvántartott meghibásodások mennyisége 690 db. Ez azt jelenti, hogy a két meghibásodás közötti repült idő $13590 : 690 = 19,7$ óra. Mint a meghibásodások háttér anyagban mellékelt táblázatából látható, azok gyűjtése itt a kezdetektől, repülőgépenként folyamatos.

Itt berendezés csoportonként az összegezett következtetések a meghibásodások létrejöttével kapcsolatban, az üzembentartó szakember részéről az alábbiak:

- ok lehet a berendezés túlzott mechanikai igénybevétele, ami azt jelenti, hogy nem bírta a nagy túlterheléseket. Ez az ok leginkább a pörgettyűs műszerekre, illetve azokkal együttműködő berendezésekre vonatkozik;
- a következő ok-csoport, amit úgy fejeztek ki, hogy a hiba a műszer túlzott precizitásából adódik. Ez azt jelenti, hogy a berendezés nem bírta a szabad ég alatti tárolást, illetve az időjárás és a környezeti sajátosságokból adódó igénybevételt. Ez a probléma a továbbiakban más szakterületen, így a rádió és lokátor berendezéseknél is felmerült;
- a még használt meghatározás, hogy a hiba a berendezés érzékenységeivel magyarázható. Ez ugyanazt jelenti, vagyis, hogy sem a túlterheléseket, sem a szabadtéri tárolás miatti időjárási problémákat a berendezés nem viseli el.

Fentiek alapján a megoldás a repülőgépek zárt helyen történő tárolása, illetve a nagy túlterheléssel végrehajtott feladatok számának a szükségesre történő csökkentése lenne.

Lokátor berendezések terén

A nyilvántartott meghibásodások mennyisége (1997-től) 604 db. Ez azt jelenti, hogy a két meghibásodás közötti repült idő $13590/604 = 22,5$ óra.

A lokátorhoz tartozó berendezések meghibásodásainál a szakemberek a szabadtéri tárolásból adódó zárlatokat, valamint a berendezések érzékenységét emelték ki. Itt a blokkok javíthatóságánál az a probléma merült fel, hogy a blokkokon belüli kártyák javítására ellenőrző, hibabehatároló berendezések nem lettek beszerezve, valamint egyes blokkok szerkezetiileg sem voltak javíthatók, mivel a rezgésből adódó terhelések kivédésére ki voltak öntve műanyag masszával. Ezek a tények a hibás blokkoknak csak a cseréjét tették lehetővé.

A nagy mennyiségű meghibásodás és az alkatrészek elfogyása miatt a szakemberek kénytelenek voltak megkísérelni a hibák elhárítását kereskedelmi alkatrészekkel, megfelelő technológiák nélkül olyan blokkokon belül, melyek csak gyári javításnál voltak megbonthatók. Ez mind számukra, mind a berendezések szakszerű javítására komoly problémát jelentett.

Rádió berendezések terén

A nyilvántartott rádió meghibásodások mennyisége (1995-től) 204 db. Ez azt jelenti, hogy a két meghibásodás közötti repült idő $13590/204=66,6$ óra.

A rádió berendezéseknél nem lettek kiemelve a meghibásodások speciális csoportjai, azonban a hibák okaiként ugyanazokat az időjárási, szabadtéri tárolási problémákat vették fel, mint a lokátornál. A hibaelhárítás itt is zömében blokk cserével történt, ami jelentősen hozzájárult az alkatrészhiány kialakulásához.

Fegyver berendezések terén

A nyilvántartott fegyver berendezés meghibásodások mennyisége (1995-től) 85 db. Ennek alapján a két meghibásodás közötti idő $13590/85=159,8$ óra.

Speciális berendezéscsoportok meghibásodásánál a PUSZ-36, a BK blokk, és a KOLSZ berendezés lett kiemelve. A hibák kis számát az is befolyásolja, hogy fegyveralkalmazási feladat a vizsgált időszakban nagyon kevés volt. A hibaelhárítás az előzőekhez hasonlóan blokk, vagy alkatrészcserevel folyt.

A KOLSZ berendezésnél felmerült a repülőtér specifikuma, hogy a homok, esetenként, mint homokfúvó berendezés koptatja, homályossá teszi a felderítő blokk üvegét, ezáltal csökkenti a kimenő teljesítményt, vagyis a felderítési távolságot. Mindezt figyelembe kell venni az alkatrészellátásnál.

5.2 EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

1. A repülőgépek 1993 óta, a repülőgép-vezető hibájából bekövetkezett eseményt leszámítva, balesetmentesen üzemeltek, aminek fő oka egyrészt a két hajtóműves megoldás, másrészt a technikai kiszolgáló állomány áldozatkész, szakszerű munkája volt.
2. Az előfordult meghibásodások döntő többsége, beleértve az időjárási problémák hatását is, tervezési és gyártási okra vezethető vissza.

3. Jelentősen hozzájárult a sárkány, a hajtómű és minden szakág berendezés idő előtti meghibásodásához a repülőgépek alkalmazásánál a nagy túlterhelésekkel végrehajtott manőverező légi-harc, illetve a légi akrobatika (műrepülések) túlsúlyba kerülése. Ezek a feladatok minden repülőgép fáradási struktúrájának tervezésénél nem túl nagy hányadot képeznek, mivel a korszerű harci alkalmazás eltolódott az ellenséges légi célok látóhatáron túli felderítésére és megsemmisítésére. A MIG-29 kiváló aerodinamikai tulajdonságokkal rendelkezik, de nagy önsúlya, valamint jelentős terheknek a szárnykonzolokra helyezése miatt, a szerkezeti elemek kifáradása, repedések megjelenése, a gyakori, nagy túlterhelések következtében felgyorsult (lásd 4. melléklet).
4. A repülőgép hajtóműve a nagy teljesítmény-igény miatt több szempontból is gyorsan használódik. A teljesítményhez szükséges tolóerő magas turbina előtti hőmérsékletet igényel. A nagy teljesítményű üzemmódok időbeni korlátozás alá esnek. A javításközi üzemidő meghosszabbításánál a gyártó nem korlátozta a nagy teljesítményű üzemmódok kapcsolási számát valószínűleg azért, mert az üzemidő hosszabbítás érdekében történt turbina előtti hőmérséklet-csökkentés eleve a műrepülési üzemmódok ellen hat. Nálunk azonban ennek ellenére a műrepülés került az alkalmazásnál túlsúlyba. Ennek hatása kimutatható mind a sárkány, mind a hajtómű meghibásodások alakulásában.
5. A műrepüléssel kapcsolatos üzemmódok fokozott alkalmazása rontja a repülőgép gazdaságossági mutatóit is, mert egyszerre növeli az alkatrész, a javítási és a tüzelőanyag igényt.
6. Az üzembentartás folyamatossága csak a jelenlegi nagy alkatrészhiány megszüntetése és megfelelő, legalább egy évre elegendő tartalék alkatrész biztosítása után oldható meg.
7. Az összeállított alábbi táblázat a korai adatok hiánya mellett is hiteles képet ad a repülőgép megbízhatósági paramétereiről:

5.1 táblázat

A MIG-29 típusú repülőgép megbízhatósági táblázata

Ssz.	A repülőgép fő berendezése, rendszere	Meghibásodások száma (db)	Két meghibásodás közötti közepes idő (óra)	Meghibásodási ráta $\lambda=1/T$
1.	Sárkány szerkezet berendezései	1777	7,64	0,13
2.	Hajtómű	347	39,2	0,025
3.	KSZA berendezés	89	152	0,00654
4.	Elektromos, műszer, oxigén berendezések	690	19,7	0,05
5.	Rádió berendezések	204	66,6	0,015
6.	Lokátor berendezések	604	22,5	0,044
7.	Fegyver berendezések	85	159,8	0,00625
8.	Teljes összeg	3793	3,58	0,279

A táblázat azért torzítja felfelé az adatokat, mert nem minden területről tartalmazza az adatokat 1993-tól, hanem esetenként csak 1995, illetve 1997-től.

AZ ÉRTEKEZÉS KUTATÁSI EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE

A légi erő részére csak olyan harcászati vadászpilóta nélküli repülőgépet szabad rendszerbe állítani, amely képes mindhárom feladat a légi harc, légi csapás illetve a harcászati légi feldeparitítás végrehajtására. Ezen kívül az 1.1 ábrán feltüntetett sebességi, magassági paraméterek határértékeit képes minél nagyobb mértékben teljesíteni, rendelkezik fedélzeti önellenőrző rendszerrel a túlterhelés és a repülési, valamint működési paraméterek rögzítésére, kijelzésére, képes a legkorszerűbb légi és földi célok elleni fegyverek működtetésére. A repülőgépeknél ellenőrzöttten biztosítható kell, hogy legyen az üzemben tarthatóság, megbízhatóság és a fenntarthatóság.

A kiválasztott repülőgépre meghatározzák a célszerű üzembentartási stratégiát, amelynek alapja a megbízhatóság elmélet által meghatározott főbb paraméterek alapján a repülőgépek működési paramétereinek folyamatos figyelése, gyűjtése, elemzése. Biztosítani kell az üzembentartás maximális szinten tartása mellett a lehető minimális pénzügyi ráfordítást, a tartalék alkatrészek optimális tervezését az MTBF értékének magas szinten tartásával.

A rendszerbe állítandó repülőgépnél az üzembentartás feltételei megteremtésénél, figyelembe vesszük a repülőgépek mennyiségét, az „O” illetve „I” szintű javító szervezetek kialakítását. Lehetővé kell tenni a hibák javítását blokk cserével, lehetőleg minimális szerszám, földi ellenőrző berendezés igényével, a fedélzeti berendezésekhez történő könnyű hozzáférés feltételei megteremtésével. A fedélzeti önellenőrző rendszer, automatikusan behatárolja, és a fedélzeten kijelzi a cserélendő, javítandó blokkot, annak helyét. Biztosítani kell leszállás után a fedélzeti adatrögzítő adatainak gyors letöltési lehetőségét.

A korszerű repülőgépen a fedélzeti adatrögzítő rendszer folyamatosan méri és rögzíti a szerkezet által elszenvedett túlterheléseket, azok nagyságát és időtartamát annak érdekében, hogy az üzembentartás folyamán bármikor megállapítható legyen a repülőgép hátralevő fáradási tartaléka.

A vadászpilóta nélküli repülőgépek harckész állapotának tartós fenntartása, illetve a beépített fáradási tartaléknak tényleges harci felhasználáshoz történő megőrzése érdekében minimumra kell csökkenteni a légi bemutatókon a nagy túlterheléssel bemutatott légi „akrobatikát”, ami ugyan látványos, de feleslegesen használja fel a beépített fáradási tartalékot.

Az eredetileg nem állapot szerinti üzembentartásra készült repülőgépeket át lehet állítani állapot szerinti üzembentartásra, azonban ehhez meg kell vizsgálni annak műszaki állapotát, a feltárt meghibásodásokat ki kell javítani, meg kell határozni az átállításkor még meglevő fáradási tartalékot, és ennek figyelembe vételével a ténylegesen ledolgozott üzemidőt. A további üzemidő számítás a fáradási tartalékot figyelembevevő üzemidő értéktől folytatódhat.

Az értekezés során végig elemeztem az üzembentartás folyamatát, a rá ható tényezőket. Alapvetően a repülőtechnika műszaki, gazdasági és fenntartási kérdéseit elemeztem. Nem tértem ki az üzembentartást végző személyi állomány alap és speciális képzettségi kérdéseire, bár ezek is nagyon fontosak a szakszerű üzembentartás szempontjából, azonban ez jelentősen növelte volna a terjedelmet.

A dolgozatban kimunkált az üzembentartó rendszer főbb követelményeit meghatározó értékelő, minősítő módszer, illetve paraméter rendszer a megbízhatósági jellemzők figyelembe vételével és az elérhető maximális üzemképességi szint egyidejű teljesülése mellett, az ország védelmi koncepciójának megfelelő üzembentartási szervezet és tevékenysége.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezésben bemutatott kutató munkám új tudományos eredményeit a következő tézisekbe foglalom össze:

1. Tézis A vadászrepülőgépek harcászati technikai szerkezeti és működtetési, valamint üzemeltetési adatainak és tulajdonságainak elemzésével kidolgoztam és a következtetésekben meghatároztam megbízhatósági alapon a repülőgépekkel szembeni műszaki gazdasági követelményeket, melyek betartása biztosítja a maximális harci hatékonyságot és a minimális gazdasági ráfordítást [S.6, S.7, S.8, S.10, S.11, S.12, S.14, S.15, S.17, S.18, S.20].
 - Kidolgoztam az üzemképesség és a hadrafoghatóság összefüggését, valamint az optimális tartalék alkatrész meghatározását.
 - Meghatároztam a tartalék alkatrész szükséglet számításának módszerét.
2. Tézis A repülőgépre ható túlterhelések elemzésével bizonyítottam, hogy a békekiépítés során is be kell tartani a szilárdsági tartalékok maximális megőrzését a harci feladatok végrehajthatósága érdekében [S.2, S.5].
 - Bizonyítottam, hogy a teljesen fölösleges légi bemutatók felhasználják a repülőgépek hasznos fáradási tartalékait.
 - Bizonyítottam, hogy a repülőgépek maximális élettartamának felhasználása érdekében kerülni kell a nem rendeltetésszerű felhasználást.
3. Tézis A megbízhatóság elméleten alapuló követelményrendszert fogalmaztam meg a műszaki, gazdasági paraméterek figyelésére, elemzésére és az üzemeltetési stratégia kialakítására [S.1, S.3, S.4, S.9, S.13, S.16, S.19].
 - Meghatároztam az üzemeltetési rendszer főbb elemeit, illetve az üzemeltetés végrehajtásában résztvevő főbb humán-politikai kritériumokat (létszám, képzettség).
 - Bemutattam a repülőtechnika megbízhatósági paraméterei és a szükséges ráfordítások közötti összefüggéseket.

AZ ÉRTEKEZÉS FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Az értekezés egésze és egyes fejezetei külön-külön is felhasználhatók a repülőtechnikát üzemeltető mérnökök, valamint a MH Légierő repülőcsapatainál az üzemeltetésben résztvevő állomány képzésében és továbbképzésében.

Az eredmények alapján a vizsgálatok kiterjeszthetők azokra a repülőgépekre, amelyek üzemeltetési rendszere nem állapot szerinti.

A kidolgozott megbízhatósági rendszer alapján kialakítható az optimális tartalék alkatrészellátás rendszere.

A dolgozatban kimunkált üzemeltető rendszer főbb követelményeit meghatározó értékelő, minősítő módszer felhasználható – a harcászati-műszaki jellemzők figyelembevételével és a többszemponos döntésmélet alkalmazásával – a repülőeszközök kiválasztásában.

Szolnok, 2006. 09. 28.

Békési Bertold

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásaimat, melynek eredményeit a dolgozat tartalmazza, a PhD. fokozat elérése érdekében 2000-től a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszékén végeztem.

Mindenekelőtt köszönetemet fejezem ki, és őszinte hálával tartozom témavezetőmnek, *Dr. Peták György nyá. okleveles mérnök ezredes Úrnak*, aki tanulmányaim és kutatásaim során rengeteg segítséget, sok hasznos tanácsot adott, türelmesen, nagy hozzáértéssel irányította munkámat.

Köszönetet mondok a ZMNE BJKMK Repülőműszaki Intézet igazgatójának *Prof. Dr. Óvári Gyula okleveles mérnök ezredes Úrnak* segítőkészségéért és jó tanácsaiért.

Ezúton is köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik hasznos javaslataikkal, észrevételeikkel érdemben hozzájárultak e dolgozat elkészítéséhez.

Végül, de nem utolsó sorban, hálás vagyok családomnak, hogy az elmúlt években segítettek, támogattak és nyugodt légkört biztosítottak számomra.

HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE

- 1 21/1998. (XII. 21.) HM rendelet Az állami légi járművek nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus- és légi alkalmasságáról.
- 2 A repülési elmélet alapjai, tankönyv, Honvédelmi Minisztérium, 1962.
- 3 A repülő szerkezetek repülésének és harci manőverezésének dinamikája, módszertani segédlet, A Magyar Néphadsereg Repülőfőnökség Kiadványa, 1989.
- 4 **Ábrahám, I. – Badovszky, Gy. – Goda, R.** Repülőgép üzemeltetése és üzemeltetése. KPM Légügyi Főosztálya, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1981. pp. 133-137.
- 5 Airline/Manufacturer Maintenance program development document MSG-3, ATA, revision 2, September 12, 1993.
- 6 **Alekszandrov, V. G. – Mircimov, V. V. – Ivlev, Sz. P. – Majorov, A. V. – Borscskov, K. V. – Hajmovics, I. A.** Repülőmérnökök kézikönyve. Transzport könyvkiadó, Moszkva, 1973. pp. 65-72, 81-83, 94-95, 127-129, 157-165, 171-183.
- 7 **Барковский, В. И.** Исследования по обеспечению перевода самолётов МиГ 29 ВВС Венгрии на эксплуатацию по техническому состоянию. Технический отчёт, 2002.
- 8 **Barner, W. McCormick** Aerodynamics aeronautics, and flight mechanics. John Wiley & Sons, Inc. 1995.
- 9 **Берзин, Г. С.** Летательные аппараты. Основы аэродинамики динамики полёта и Конструкции. ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1972. pp. 110-121, 132-139, 210-216.
- 10 **Bill Sweetman:** Lockheed F-22: Stelth with Aility. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 6 1991. pp. 34-45.
- 11 **Бюшгенс, Г. С. – Студнев, Р. В.** Динамика самолёта пространственное движение, Машиностроение, Москва, 1983.
- 12 **Csőke, Z. – Pogácsás, I.** Új technológia – új elvek az üzemeltetésben. Repülés-tudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).
- 13 **Czövek, L.** Repülési adatok alkalmazása valós repülési szituációk elemzésében, Doktori (PhD) értekezés, BME Közlekedésmérnöki Kar, 2005. pp. 1-7, 25-28.
- 14 **Dag Hemberg:** Gripen Reliability. Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02.
- 15 **Dag Hemberg:** System Safety and Reliability, Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02
- 16 **Dag Hemberg:** Gripen System Safety Program, Saab Military Aircraft. 1998. 06. 02

- 17 **Dag Hemberg:** EBS Gripen. Assumptions for Prediction of Mean Time Between Failures, MTBF. Saab Military Aircraft. 1998. 04. 21.
- 18 **David Learmount:** Preparing for safety. Flight International 25. 01. 2000. pp. 56-59.
- 19 **Денисов, В. Г. – Козарук, В. В. – Кураев, А. С. – Пальчих, М. И. – Синдеев, И. М.** Эксплуатация авиационного оборудования и безопасность полётов. Транспорт, Москва, 1979. pp. 37-42.
- 20 **Doug Richardson** Aviation Fact File. Modern Fighting Aircraft F-16 Fighting Falcon, Published by Salamander Books Limited, London, 1983. pp. 22-28, 58-64.
- 21 **Doug Richardson** Aviation Fact File. Modern Fighting Aircraft TORNADO, Published by Salamander Books Limited, London, 1986. pp. 22-28, 64.
- 22 **Doug Richardson** Combat Aircraft F-16, Published by Salamander Books Limited, London, 1992. pp. 22-28, 58-64.
- 23 **Doug Richardson:** Modern Fighting Aircraft F-16 Salamander Books, London, 1983.
- 24 **Doug Richardson:** Modern Fighting Aircraft Tornado Salamander Books, London, 1986.
- 25 Focus on the mission, Volvo RM12, A Volvo reklámkiadványa.
- 26 **Gaál, Z. – Kovács, Z.** Megbízhatóság, karbantartás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1998. p. 11.
- 27 Dr. Gazda, P – Tóth, J. Védelemgazdaságtan, Egyetemi jegyzet, Budapest, 2002. pp. 59-62.
- 28 **Gál, J.** Panavia Tornado. Top Gun magazin, 1996/2., pp. 30-35.
- 29 **Gnyegyenko – Beljajev – Szolovjev** A megbízhatóságelmélet matematikai módszerei. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1976.
- 30 **Голего, Н. Л.** Ремонт летательных аппаратов. Транспорт, Москва, 1974. pp. 9-37, 156-167.
- 31 **Гордон, Е. – Фомин, А. – Михеев, А.** МиГ-29 Polygon, Авиационная серия.
- 32 **GRIPEN VS F-16** A Comparision SAAB gyári kiadvány, 1996.
- 33 Gripen Fatigue and Damage Tolerance Management. Saab Military Aircraft, 39AA09Bis:001 IssueB. pp. 3-10.
- 34 Gripen News, The magazine of Saab-BAE Systems Gripen AB, June 2001.
- 35 Gripen-iroda nyílik Budapesten: <http://www.honvedelem.hu/cikk.php?cikk=8249>
- 36 **Гудков, А. И. Лешаков, П. С.** Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов. Машиностроение, Москва, 1968. pp. 60-72, 89-118.

- 37 **Dr. Hadnagy, I. – Dr. Kurta, G. – Dr. Lükő, D. – Dr. Ruttai, L. – Krajnc, Z. – Tatorján, I.** Légierő hadművelet-elmélet I. kötet. Egyetemi tankönyv, Budapest, 2000. pp. 69-73, 294.
- 38 **Hadtudományi Lexikon.** Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémia Kiadó, Bp., 1995. Főszerkesztő: Dr. Szabó József, ISBN 963 045 226 X, pp. 8
- 39 **Ilyés, I. – Svehlik, J.** Repülő-mérnök műszaki biztosítás Főiskolai jegyzet, Szolnok, 1989. pp. 4-26, 44-46, 51-54,
- 40 **International Air Power Review.** Dassault Rafale. AIRTime Publishing Inc., Volume 4. 2002.
- 41 **International Air Power Review.** F-22 Raptor. AIRTime Publishing Inc., Volume 5. 2002.
- 42 **Jereb, G.** Aerodinamika és repüléselmélet II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- 43 **Jobbik, I.** A korszerű repülőgépek aerodinamikai jellemzői. Budapest, 1982. pp. 769-778, 802-815, 848-857.
- 44 **John A. Tirpak** Air Force Magazine. The Joint Strike Fighter, January 2002. pp. 24-31.
- 45 **Jon Lake:** European Fighter Aircraft. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 4 1990/91. pp. 34-43.
- 46 **Jon Lake:** Mikoyan MiG-29 'Fulcrum'. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 4 1990/91. pp. 44-91.
- 47 **Jon Lake:** Sukhoi Su-27 'Flanker'. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Airtime Publishing Inc., Volume 15 1993. pp. 36-89.
- 48 **Kavas, L.** A költség - hatékonyság mérés elvén alapuló összehasonlítás lényege, módszere. Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciája, ZMNE BJKMFK Repülőműszaki Intézet, Szolnok, 2002. nov. 08. (CD-ROM).
- 49 **Kavas, L.** Beszerzendő repülőgép kiválasztása hatékonysági mutató alapján. Szolnoki Tudományos Közlemények V., Szolnok, 2001, (174-182). o.
- 50 **Keszthelyi, Gy. – Buzai, L.** Az MH repülőcsapatai logisztikai biztosításának lehetőségei, különös tekintettel a szakember utánpótlás kérdésére. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2. (125–140) o.
- 51 **Kinnison, Harry A.** Aviation maintenance management McGraw-Hill, New York, 2004.
- 52 **Knezevic, J.** Systems Maintainability Analysis, Engineering and Management Chapman & Hall, London, 1997. pp. 22-38, 88-95, 151-159, 165-172, 181-193.
- 53 **Коваленко, И. Н. – Филиппова, А. А.:** Теория вероятностей и математическая статистика. Высшая школа, Москва, 1973.

- 54 Dr. Kövesi, J. Kockázat és megbízhatóság, oktatási segédanyag, BME, 1999. pp. 3-21.
- 55 Dr. Kövesi, J. – Erdei, J. Kockázat és megbízhatóság, Termékmegbízhatóság, oktatási segédanyag, BMGE, Budapest, 2004. pp. 3-13.
- 56 **Kővári, L.** Fulcrum vagy Falcon?, Top Gun magazin, 1995/6., pp. 3-7, 36.
- 57 **Kővári, L.** Gripenre, Magyar!, Top Gun magazin, 1995/11, pp. 3-7.
- 58 **Kővári, L.** Háztűznézőben ... Aranysas, 2002/10. pp. 26-28.
- 59 **Kővári, L.** Rafale, az utolsó „Gall kakas”. Top Gun, 2000/4. pp. 4-9.
- 60 **Kővári, L.** Saab JAS-39 C/D „Super Gripen”, Top Gun magazin, 2001/4. pp. 18-23.
- 61 **Kővári, L.** Sólyom vagy Griffmadár?, Top Gun magazin, 1996/2. pp. 14-20.
- 62 **Kővári, L.** Typhoon Eurofighter 2000. Aranysas, 2002/3. pp. 32-40.
- 63 **Kővári, L.** Várakozási légtér I. Top Gun, 1998. pp. 5-11.
- 64 **Kővári, L.** Várakozási légtér II. Top Gun, 1998. pp. 8-11.
- 65 **Kővári, L.** Várakozási légtér III. Top Gun, 1998. pp. 5-11.
- 66 **Kővári, L.** Várakozási légtér IV. Top Gun, 1998. pp. 24-27.
- 67 **Kővári, L.** Várakozási légtér IX. Top Gun, 1999/3. pp. 12-15.
- 68 **Kővári, L.** Várakozási légtér V. Top Gun, 1998. pp. 24-27.
- 69 **Kővári, L.** Várakozási légtér VI. Top Gun, 1998. pp. 10-11.
- 70 **Kővári, L.** Várakozási légtér VII. Top Gun, 1999/1. pp. 8-11.
- 71 **Kővári, L.** Várakozási légtér VIII. Top Gun, 1999/2. pp. 12-15.
- 72 **Dr. Krajnc, Z. – Dr. Ruttai, L.** Légierő doktrína (tervezet), MH Légierő Parancsnokság, 2002.
- 73 **Dr. Kun, I. – Dr. Szász, G. – Dr. Zsigmond, Gy.** Minőség és megbízhatóság, LSI Informatikai Oktató Központ, Budapest, 2002.
- 74 **Dr. Lendvay, M. – Dr. Zsigmond, Gy.** Komplex villamos rendszerek megbízhatóság-elemzési módszerei, Hadtudomány, 2004 /2. pp. 110-116.
- 75 **Dr. Lendvay, M.** Megbízhatóság-elemzési eljárások haditechnikai eszközök és rendszerek minőségbiztosítására. Doktori (PhD) értekezés tervezet, Budapest, 2005. pp. 19-23, 57-62.
- 76 Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon, Jane’s All the Worlds Aircraft 2000-2001, 2000 By Jane’s Information Group Limited, Sentinel House, 163 Brighton Road, Coulsdon, Surrey CR5 2YH, UK. ISBN 07106 2011 X, pp. 702-710.

- 77 **Лысенко, Н. М.** Практическая аэродинамика манёвренных самолётов. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1977. pp. 99-115, 238-266, 339-354.
- 78 Lockheed Martin F-16 International Multirole Fighter System Description, Lockheed Martin Proprietary Information / Competition Sensitive, July 1999.
- 79 Lockheed Martin F-16 International Multirole Fighter System Description-The fourth-generation fighter today, 1999.
- 80 Magyar Honvédség Légierő Doktrína. A Magyar Honvédség Légierő Parancsnokság kiadványa, 2004. pp. 14-25.
- 81 **Michael J. Gething – Paul Crickmore:** Combat Aircraft F-15. Salamander Books, New York, 1992. pp. 22-27, 64.
- 82 **Michael J. Gething – Paul Crickmore:** Combat Aircraft F-15. Crescent Books, New York, 1992.
- 83 **Michael J. H. Taylor:** Brassey's World Aircraft & Systems Directory. Gecko Ltd, Bicester, Italy, 1999/2000. pp. 22-27, 56-60, 70-72, 92-95, 110-124, 137-143, 661-714,
- 84 MH Összhaderőnemi doktrína. Honvédelmi Minisztérium, Honvéd Vezérkar hadműveleti csoportfőnökség kiadványa, 2002. p. 54-55, 153-154.
- 85 **Под ред. Мхитаряна, А. М.** Динамика полёта, Машиностроение, Москва, 1971.
- 86 MSZ IEC 50(191), Megbízhatóság és szolgáltatás minősége, 1992. pp. 37-38.
- 87 **Nagy, E.** Megbízhatóság a technikában. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1967. pp. 5-53, 95-116.
- 88 **Nagy, Sz.** Repülőtechnika szerkezetana I. Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, Szolnok, 1974.
- 89 NATO harcászati repülő doktrína ATP-33(B.). Honvéd Vezérkar Euro-atlanti integrációs munkacsoport, Budapest, 1996. p. 64.
- 90 **Новиков, В. С.** Техническая эксплуатация и надёжность авиационного радиооборудования. Транспорт, Москва, 1970. pp. 43-65.
- 91 **Остославский, И. В. – Стражева, И. В.** Динамика полёта. Машиностроение, Москва, 1969. pp. 280-281.
- 92 **Dr. Óvári, Gy.** A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok, valamint NATO csatlakozásunk figyelembevételével. A légierő fejlesztése tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1997. (9-117) o.

- 93 **Dr. Óvári, Gy.** Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdasági-hatékonysági kérdései. A harcászati repülőgépek fejlesztésének szükségessége és lehetősége. Konferencia előadás gyűjtemény, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1998. (33–70) o.
- 94 **Dr. Óvári, Gy.** Régi gondok új közelítésben: vadászipülőgép-beszerzés 2000 után. Hadtudomány, Budapest, 1999, IX. évfolyam, 3-4. szám. pp. 126-141.
- 95 **Óvári, Gy.** A légijárművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások. Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, Szolnok, 1990. pp. 112-113, 278-292
- 96 **Óvári, Gy.** Nyugati és szovjet gyártmányú légi járművek együttes üzemeltetésének, valamint repülő mérnök-műszaki biztosításának lehetőségei az MH repülőalakulatainál. Egyetemi doktori értekezés, 1994.
- 97 **Papp, D.** Gripen ügyek. <http://www.armedia.hu/cikk.php?cikk=10233>
- 98 **Paul Jackson** Dassault Mirage 2000. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 10 1992. pp. 52-97.
- 99 **Paul Jackson** Dassault Rafale. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Airtime Publishing Inc., Volume 18 1994. pp. 36-49.
- 100 **Paul Jackson** Jane's All the World's Aircraft 1998-1999.
- 101 **Paul Jackson** Jane's All the World's Aircraft 2000-2001. pp. 116-125, 247-252, 400-408, 445-448, 590-601, 838-845.
- 102 **Paul Jackson** Panavia Tornado. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 3 1990. pp 38-89.
- 103 **Peták, Gy. – Szabó, J.** A Gripen. Petit Real könyvkiadó, Budapest, 2003. pp. 30-45, 67- 72, 76- 85, 88-92.
- 104 **Dr. Peták, Gy.** A MIG–29 típusú repülőgépek korszerűsítése. Hadtudomány, Budapest, 1999/1. pp. 73-79.
- 105 **Dr. Peták, Gy.** A repülőtechnika üzemeltetése és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMF, Szolnok, 1981. pp. 8-12, 35-64, 116-125,
- 106 **Dr. Peták, Gy.** A vadászipülőgépek korszerűsítése, harci hatékonyságuk, túlélőképességük és fenntartási költségeik néhány összefüggése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/1, pp. 105-120.
- 107 **Dr. Peták, Gy.** Repülőgépek bonyolult repülési helyzetben. Magyar Szárnyak, Budapest, 1998. pp. 230-235.

- 108 **Dr. Peták, Gy. – Amaczi, V.** JAS 39 Gripen, Militair magazin I. évfolyam/1. szám, 1996. pp. 17-24.
- 109 **Dr. Pokorádi, L.** Haditechnikai eszközök megbízhatóság-központú karbantartása. Új honvédségi szemle, Budapest, 2000/11. pp. 111-124.
- 110 **Dr. Pokorádi, L.** Haditechnikai eszközök üzemeltetési megbízhatósága. Új honvédségi szemle, Budapest, 2002/5. pp. 146-153.
- 111 **Dr. Pokorádi, L.** Karbantartás elmélet. Elektronikus tansegédlet. <http://infosrv.tech.klte.hu/~pokoradi>, pp. 1-2, 5-11, 32-36, 96.
- 112 **Pokorádi, L.** Repülőgépek üzemeltetési folyamatainak markovi modellje, Kandidátusi értekezés, MTA DT., Budapest, 1996. pp. 12-14, 61-71.
- 113 Pratt & Whitney F100 Engines. Dependable Power for the World's Air Forces
- 114 **Rácz, E.** A repülés mechanikája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1953.
- 115 **Rácz, E.** Repülőgépek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- 116 Repülési Lexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991. p. 566.
- 117 Repülőgépek enciklopédiája. Látvány és technika, Aerospace Publishing, 1992.
- 118 **Robert F. Dorr** F-15 Eagle. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 9 1992. pp. 36-99.
- 119 **Robert F. Dorr** F-16 Fighting Falcon. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Volume 5 1991. pp. 50-111.
- 120 **Robert Hewson** Saab JAS 39 Gripen. World Air Power Journal, Aerospace Publishing Ltd., Airtime Publishing Inc., Volume 20 1995. pp. 30-51.
- 121 **Rohács, J. – Simon, I.** Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989. pp. 13-18, 21-25, 87-92, 98-110, 345-347.
- 122 Saab JAS 39 Gripen. Jane's All the Worlds Aircraft 2000-2001, 2000 By Jane's Information Group Limited, Sentinel House, 163 Brighton Road, Coulsdon, Surrey CR5 2YH, UK. ISBN 07106 2011 X. pp. 492-495.
- 123 SAAB 39 HU Gripen. A new Generation Fighter Aircraft. Proposed logistics and training concept. Saab Military Aircraft. 1996.03.20.
- 124 **Шпилева, К. М.** Инженерно авиационная служба, эксплуатация и ремонт авиационной техники часть I. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1979. pp. 105-124, 222-229.
- 125 **Шустов, И. Г.** Двигатели 1944-2000 авиационные, ракетные, морские, промышленные. АКС-Конверсалт, Москва, 2000.

- 126 **Svehlik, J.** A repülőgépek korszerű üzemeltetési módszerei és azok elméleti alapjai. I. rész Tansegédlet, Szolnok, 1986. pp. 3-6, 11-14, 18-40, 83-97.
- 127 **Szabó, J.** A magyar légierő és a típusváltás. Hadtudomány, Budapest, 2004/1. pp.39-52.
- 128 **Szilágyi, T.** A légvédelmi és repülőcsapatok hadműveleti művészetének alapjai. Budapest, 1994. p. 109.
- 129 **Смирнов, Н. Н. – Андронов, А. М. – Владимиров, Н. И. – Лемин, Ю. И.** Эксплуатационная надёжность и режимы технического обслуживания самолётов. Транспорт, Москва, 1974. pp. 5-23,
- 130 **Тарасенков, А. М. – Брага, В. Г. – Тараненко, В. Т.** Динамика полёта и боевого маневрирования летательных аппаратов. 1984.
- 131 **Dr. Turcsányi, K.** A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései, ZMNE, Budapest, 1999.
- 132 **Dr. Turcsányi, K.** Az üzemfenntartás elmélet és módszertan, ZMNE, Budapest, 1999. p. 16.
- 133 **Туркина, К. Д.** Конструкция летательных аппаратов. ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1972. p. 9-19, 36-40, 455-459.
- 134 Technical Description Overview, JAS-39 Gripen, Saab AB Gripen and British Aerospace Military Aircraft & Aerostructures, August 1998, JJS071-00-MD:00013 F/ISC
- 135 The Jet Engine, Rolls-Royce plc. 1986.
- 136 Utasítás a repülőcsapatok mérnök-műszaki szolgálata részére I. rész. (Re/664), HM, Budapest, 1974.
- 137 Újabb esély a duplasvancúaknak. Aeromagazin, IV. évf., 2002/9. szeptember, pp. 34-35.
- 138 USA MIL–STD 478/778B/882 szabványgyűjtemények
- 139 **Varga, F.** A légi harc változása az I. világháborútól napjainkig különös tekintettel a repülőgépek manőverezése művészetének és tudományának gazdagodására, a repülőgépek fegyverzete és repülési tulajdonságai fejlődése figyelembevételével. PhD értekezés, Budapest, 2002. pp. 4, 102-109.
- 140 **Vonnák, I. P.** A katonai repülőgépek „állapot szerinti” üzemeltetése és annak szükségessége. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).
- 141 **Veres, I.** A MIG–29 típusú repülőgépek „állapot szerinti” üzemeltetése. Katonai Logisztika, Budapest, 2006/1. pp. 126-145.
- 142 **Zord, G.** NATO-Panoráma Égi SAABásminta. Aranysas, 2002/10. pp. 29-31.

A JELÖLT ÉRTEKEZÉSSSEL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓI

- S.1 **Békési, B.** A megbízhatóság főbb mennyiségi mutatói. ZMNE Tudományos Közlemények, Budapest, 2006/3. (megjelenés alatt)
- S.2 **Békési, B.** A függőleges túlterhelési tényező n_y vizsgálata a fedélzeti adatrögzítő adatai alapján. DAB Műszaki Szakbizottság Műszaki Füzetek c. elektronikus kiadványban, 2006. (megjelenés alatt)
- S.3 **Békési, B.** Az üzembentartás szintjei, szervezeti elemei és a tevékenységet befolyásoló tényezők. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2006/1. (megjelenés alatt)
- S.4 **Békési, B.** Az üzembentartó szervezet megalapozásának elvi kérdései. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).
- S.5 **Békési, B.** A repülőgépre korábban hatott terhelések vizsgálata a fedélzeti adatrögzítő adatai alapján. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).
- S.6 **Békési, B.** Követelményrendszer új harcászati repülőgép kiválasztásához Szolnoki Tudományos Közlemények IX. A tudomány napja, Szolnok, 2005. nov. 10. (CD-ROM).
- S.7 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Új repülőgépek kiválasztásának néhány szempontja. Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciája, ZMNE BJKMFK Repülőműszaki Intézet, Szolnok, 2002. nov. 08. (CD-ROM).
- S.8 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Harcászati repülőeszközök modernizációjának kritériumai. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2002. nov. 04.
- S.9 **Peták, Gy. – Békési, B.** Gripen for Hungary. Why the Gripen is the Best Solution. 1ST International Symposium on „Future Aviation Technologies”, Különszám 2., Budapest-Szolnok, Hungary, 04. 12-14. 2002. pp. 203-208.
- S.10 **Békési, B.** A vadászrepülőgépekkel szemben támasztható követelmények és azok gazdaságossági összefüggései. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2001, nov. 07. pp. 139-149.
- S.11 **Békési, B.** A vadászrepülőgépek gazdaságossági problémáinak meghatározó területei. Szolnoki Tudományos Közlemények V. A tudomány napja, Szolnok, 2001. nov. 06. pp. 162-168.
- S.12 **Békési, B.** Az üzembentartó tevékenység személyi, ergonómiai, munkalélektani összefüggéseinek tanulmányozása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001/2. pp. 145-154.
- S.13 **Békési, B.** A megbízhatósági elmélet és annak gyakorlati alkalmazása a meghibásodások valószínűségére. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001/1. pp. 133-144.

- S.14 **Szilvássy, L. – Békési, B.** Üzemeltethetőség. A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001 különszám I. pp. 115-122.
- S.15 **Békési, B.** A vadászrepülőgépek alkalmazási tevékenységének, gazdaságossági problémáinak meghatározó területei. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2001/2. pp. 5-18.
- S.16 **Békési, B.** A rendszerbiztonsági-program követelményei. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/3. pp. 83-90.
- S.17 **Békési, B. – Szegedi, P.** A légi járművek műszaki karbantartása. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2000/4. pp. 41-56.
- S.18 **Békési, B. – Szegedi, P.** A vadászrepülőgépek harcászati technikai paramétereinek függése az üzemeltetés gazdaságosságától. Szolnoki Tudományos Közlemények IV. A tudomány napja, Szolnok, 2000. nov. 03. pp. 172-176.
- S.19 **Békési, B.** System Safety Program Requirements. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1. pp. 41-50.
- S.20 **Békési, B.** A repülő szerkezetek műszaki karbantartása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/3. pp. 93-105.

A JELÖLT EGYÉB PUBLIKÁCIÓI

- S.21 **Békési, B. – Kavas, L. – Prof. Dr. Óvári, Gy.** Harcászati repülőgépek összehasonlítására használható matematikai módszerek. Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben tudományos konferencia, Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2005. április 15. (CD-ROM).
- S.22 **Békési, B.** Harcászati repülőgépek összehasonlítására használható Analytic Hierarchy Process. Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben tudományos konferencia, Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2005. április 15. (CD-ROM).
- S.23 **Békési, B. – Kavas, L.** A Légierő átalakítás technikai megközelítése. Szolnoki Tudományos Közlemények VII. A tudomány napja, Szolnok, 2003. nov. 06. (CD-ROM).
- S.24 **Békési, B. – Szilvássy, L.** Repülőfedélzeti rakéták hajtóművei. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2002. nov. 04.
- S.25 **Békési, B.** Első nemzetközi szimpózium „Future Aviation Technologies” FAT 2002 A jövő repülésének technológiái. Nemzetvédelmi egyetemi fórum, Budapest, 2002. pp. 9-10.

- S.26 **Békési, B. – Szegedi, P.** Az új generációs vadászrepülőgép nemzetközi fejlesztése. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2001. nov. 07. pp. 151-162.
- S.27 **Békési, B. – Szegedi, P.** Az ötödik generációs vadászrepülőgép tender. Szolnoki Tudományos Közlemények V. A tudomány napja, Szolnok, 2001. nov. 06. pp. 194-198.
- S.28 **Békési, B.** A vadászrepülőgépek harcászati-technikai paramétereinek hatása az alkalmazás és üzemeltetés gazdaságosságára. XIII. Repüléstudományi Napok, Budapest, 2001. szeptember 07. (előadás)
- S.29 **Békési, B. – Szegedi, P.** A JSF (Joint Strike Fighter) program. XIII. Repüléstudományi Napok, Budapest, 2001. szeptember 07. (előadás)
- S.30 **Békési, B. – Szegedi, P.** Changed by Joint Strike Fighter possibilities in the military forces, Modern Technologies in the XXI Century, Military Technical Academy, Bucharest, November 15–16., 2001 (Available on CD-ROM).
- S.31 **Békési, B. – Szegedi, P. – Szilvássy, L.** Changed by the Aircraft of New Generation Possibilities in Airforces, Third International Conference On Unconventional Flight, Budapest, September 12–14, 2001 (in print).
- S.32 **Békési, L. – Békési, B.** Использование мультимедии в течении преподавания аэродинамики вертолѐта. ZMNE Szolnoki Repülőtiszti Intézet könyvtára, Szolnok, 2001. (Kézirat, nyt. sz.: 3201.)
- S.33 **Békési, L. – Békési, B.** A multimédia, mint lehetőség a repülő-sárkány hajtómű tanszéken folyó oktatásban. A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001 különszám II. pp. 49-54.
- S.34 **Szegedi, P. – Békési, B.** Az egységesített csapásmérő vadászrepülőgép (JSF) fejlesztésének jelenlegi helyzete. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2001/1. pp. 9-18.
- S.35 **Békési, B.** Megújuló magyar repülőszakember képzés. Hadtudomány, Budapest, 2000/3. p. 134.
- S.36 **Szegedi, P. – Békési, B.** A Hiper X program. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/3. pp. 127-133.
- S.37 **Szegedi, P. – Békési, B.** Kísérleti repülő – és űrrepülőgépek történeti áttekintése. Szolnoki Tudományos Közlemények IV. A tudomány napja, Szolnok, 2000. nov. 03. pp. 164-171.
- S.38 **Szilvássy, L. – Békési, B.** Helikopterfedélzeti lőszimulátor. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2000. nov. 02. pp. 7-15.
- S.39 **Szegedi, P. – Békési, B.** A XXI. századi vadász és űrrepülőgépek fejlesztésének jelenlegi helyzete. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2000. nov. 02. pp. 69-88.

- S.40 **Szegedi, P. – Békési, B.** A XXI. század egységes csapásmérő vadászrepülőgé-
 nének (JSF) várható megvalósításai. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok,
 2000/2. pp. 117-124.
- S.41 **Békési, B.** A légierő repülőcsapatainak feladatai, helyük és szerepük a béketerem-
 tő tevékenységben és a terrorizmus elleni harcban. Repüléstudományi Közlemé-
 nyek, Szolnok, 2000/2. pp. 73-82.
- S.42 **Békési, B.** A légierő alkalmazásának lehetőségei a válságkezelésben, a nemzetközi
 béketeremtő és fenntartó tevékenységben. ZMNE Szolnoki Repülőtishti Intézet
 könyvtára, Szolnok, 2000. (Kézirat, nyt. sz.: 3134.)
- S.43 **Békési, B.** A vadászrepülőgépek fő feladatainak gazdasági vetületei. ZMNE Szolnoki
 Repülőtishti Intézet könyvtára, Szolnok, 2000. (Kézirat, nyt. sz.: 3133.)
- S.44 **Békési, B. – Szegedi, P.** History of the Active X-Flyers Programe. 7th Mini
 conference on Vehicles System Dynamics, Identification and Anomalies, Buda-
 pest, November 6–8, 2000. pp. 481-489.
- S.45 **Békési, B. – Szegedi, P. – Szilvássy, L. – Békési, L.** History of NASA's X-planes.
 Second International Conference On Unconventional Flight, Budapest, June 14–16,
 2000 (In Print).
- S.46 **Békési, B.** Lézergiroszkópok elméleti alapjai. Szolnoki Tudományos Közlemé-
 nyek II. A tudomány napja, Szolnok, 1999. nov. 03. pp. 190-194.
- S.47 **Békési, B.** A Magyar Honvédség középfokú szakképzésének a kapcsolata a szak-
 képzési törvénnyel. ZMNE Szolnoki Repülőtishti Intézet könyvtára, Szolnok,
 2000. (Kézirat, 3132)
- S.48 **Békési, B.** Lézergiroszkópok működési elve, egyenletei és átviteli karakterisztikái.
 Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/3. pp. 61-75.
- S.49 **Békési, B. – Békési, L.** A földön futó kerekek hosszirányú stabilitása és kormányozha-
 tósága. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/2. pp. 239-247.
- S.50 **Szilvássy, L. – Békési, B.** A Katonai repülőgép fedélzeti rakéták hajtóművei. 12th
 Hungarian Days of Aeronautical Sciences Conference Budapest, Nyíregyháza June 2-4,
 1999. pp. 124-131.
- S.51 **Békési, B.** Construction of Laser Gyros. 12th Hungarian Days of Aeronautical
 Sciences Conference Budapest, Nyíregyháza June 2-4, 1999. pp. 132-141.
- S.52 **Békési, B.** Mechanical and Optical Ring Laser Gyros. Repüléstudományi Közle-
 mények, Szolnok, 1999/1. pp. 285-290.
- S.53 **Szilvássy, L. – Békési, B.** Rakéta hajtóművek. Repüléstudományi Közlemények,
 Szolnok, 1999/1. pp. 263-272.

- S.54 **Békési, B.** Theoretical Background of the Ring Laser Gyros. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1999/1. pp. 253-262.
- S.55 **Békési, B. – Békési, L.** A repülőgép hosszirányú stabilitásának és kormányozhatóságának sajátosságai nekifutás és kifutás közben. ZMNE Szolnoki Repülőtiszi Intézet könyvtára, Szolnok, 1999. (Kézirat, 2905)
- S.56 **Békési, B. – Békési, L.** A repülőgép bólintási szögét stabilizáló robotpilóta analízise. ZMNE Szolnoki Repülőtiszi Intézet könyvtára, Szolnok, 1999. (Kézirat, 2904)
- S.57 **Békési, B.** A repülőgép leszállási úthosszának meghatározása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1997/1. pp. 45-60.
- S.58 **Békési, B.** A repülőgép siklása homogén közegben. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1997/1. pp. 19-26.
- S.59 **Békési, B.** A navigációs feladatok megoldási lehetőségei az ortodrómikus koordináta rendszerben. Repüléstudományi és Kiképzési Közlemények, Szolnok, 1996/3. pp. 23-52.
- S.60 **Békési, B.** A repülőgép irányításának automatizálása leszálláskor. Repüléstudományi és Kiképzési Közlemények, Szolnok, 1996/2. pp. 13-24.
- S.61 **Békési, B.** „A repülőgép hosszirányú mozgásának matematikai modellje. Repüléstudományi és Kiképzési Közlemények, Szolnok, 1996/1. pp. 75-88.

MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet

Vadász, vadászbombázó és bombázó repülőgépek listaára

Típus	Ár (millió USD)	Megjegyzés
F-15A→C→E	30→35→55	Modifikáció függvényében
F-16 A/B	7-12 +(4-9)	Használt repülőgép ár szériától (Block) függően, amely szükségszerűen kiegészül az MLU korszerűsítési programmal (zárójelben opciótól függően)
F-16C/D	22,6-28	szériától (Block) és felszereltségtől függően;
F/A-18A	28-32	92-es ár
F/A-18C→F	28-42	szériától, felújítási programtól függően
Tornado	20-23	87-es ár
Mirage 2000-5	+36	opciótól függően (becsült ár)
MiG-29	20	
SZU-27	35	98-as ár
JAS 39	32-34	'99-es ár opciótól függően;
Rafale (B)	35,8	
EFA	58 (62,8)	'96 as ár (600-700 db gyártása esetén) módosulhat a német rendelés nagysága és a beépített elektronika függvényében;
F-22	105	2001-es ár, (438 helyett) 295 gép építése esetén (fedélzeti elektronika a teljes vételár 40-50%-a !);
Rafale C	51,4 66.8	'96-as ár, tartalék-alkatrészekkel, (az első 100 gép átlagára, mely export esetén csökkenhet); '99-es ár 294 db. gyártását alapul véve (AW és ST 99.01.11.)
F-2	80-100	'98-as ár, az F-16 C bázisán japán minőségi továbbfejlesztés (évi 8-10 repülőgépet gyártva 2008-ig);
Lavi	+ 35	F-16 C bázisán izraeli minőségi továbbfejlesztés, a program befagyasztva, tervek szerint 2001-től Kínával közösen gyártva (becsült ár);
Ching-Kuo	+ 35	F-16 C bázisán taiwani, kéthajtóműves, minőségileg (lényegesen) különböző változat;
SZU-35	85 45	'97-es teljes program-csomag (repülőgép + fegyverzet + infrastruktúra + kiképzés). Egy repülőgép ára '99-ben;
F-117	43	'97-es ár;
JSF - STVOL - hadíteng. vált. F-35	28-32 35 38 40-50	'97-es limitált ár, 3000 db-os rendelés esetén; 2002-ben, a Lockheed győzelme után bejelentett tervezett lista ár (CTOL→STVOL)
B-2	900	'97-es ár;

2. sz. melléklet

3-5. generációs vadászpilóta nélküli repülőgépek harcászati, repülési és technikai paraméterei

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	hajtómű típusa	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P ₂₇	P ₂₈	P ₂₉	P ₃₀	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	
Etalon repülőgép		9	8500	4500	18500	4500	300	130000		1	2,2	16000	300	1,1	1,8	450		550		9	13000	550	6000	4000	5			15	20	15	0,9			43	
F-15C	1978	9	14515	5952	36741	11113	357,26	258800	(F100-PW-229)	1,308	2,5		275		2,5	274		762		9	20185	1270	8000	4000			15							56,5	
F-16C/D	1984	9	8809	3249	19187	6800	463,83	160000	(F110-GE-129 EFE)	1,263	2,05	15240	274	1,2	2,05	350	900	760	235	9	12927	1252	7000	4000	4,1	3,4	8,2		45		0,88	6500	3977	27,87	
F/A-18A	1982	7,5	10810	4926	23541	7031	447,61	156600		0,96	1,8	15240	194	1	1,8	520		810	240	9	16651	537			3,3	11,1	9,8					8400	4860	37,2	
F/A-18C		7,5	10810	4709	23500	7000	396,59	161000	General Electric F-404-402	1,114	1,8	15240	240	1	1,8	430		780	240	9	14753	1037			1,3	11,1	9,8				0,85			37,2	
F/A-18E/F	1996	7,5	13387	6559	29937	8051	428,95	195800		1,002	1,8	15240			1,8					11	19946	720												46,5	
Tornado	1974	7,5	13890	4660	27215	9000	676,69	149453	Turbo-Union RB 118-34 R Mk 103 (2 db)	0,847	2,2			1,2	2,2	900		370	213	7	18000														26,6
Mirage 2000-5	1995	9	7500	3160	17500	6300	264,88	95100	Snecma M-53P-2	0,894	2,2	18290	280	1,2	1,8	590	1200	690	232	9	10860	925			6		11,5				0,9			41	
MiG-29	1982	11	10900	4640	18500	3000	401,05	162800	Klimov/Sarkisov RD-33	1,09	2,3	18000	330	1,22	2,3	600		750	250	7	15240	750	2500	1200	3		17,6		20		0,9	17200	4860	38	
SZU-27	1982	9	16380	6600	33000	6000	370,97	245200	Saturn/Lyulka AL-31F	1,088	2,35	18000	310	1,09	2,35	450		620	235	11	23000	1380													62
JAS 39	1993	9	6622	2268	12800	3500	303,57	80500	Volvo RM-12	0,966	1,8		220		1,8	470	800	500	235	6	8500	1100			7,6	2,5	5,2		10		0,91	4600	2430	30	
Rafale (B)	1998	9	9410	5700	24500	9500	317,29	145800	SNECMA M88-2	1,026	1,8	16765	300	1,13	1,8	400	600	450	223	13	14500	650					10		15					45,7	
EFA	2000	9	10995	4500	21000	6500	309,9	180000	Eurojet EJ200	1,185	2	18300	400	1,13	2	300		700	240	13	15495	601	6000				9	15	25	45	0,87			50	

P₁ — szériagyártás tervezett kezdete	P₁₂ — V _v — emelkedőképesség (H = 1 km-en; M = 0,8) [m/s]	P₂₃ — hajtómű összüzemideje [rep. óra]
P₂ — Max. megengedett függőleges túlterhelés $n_{y,max,meg.}$	P₁₃ — M-szám H=0 m esetén	P₂₄ — MTBF (Mean Operating Time Between Failure) két egymást követő meghibásodás közötti működési idő várható értéke
P₃ — Üres tömeg m_0 [kg]	P₁₄ — M-szám H=11 km esetén	P₂₅ — MTTR (Mean time to repair) a helyreállítás közepes ideje
P₄ — Belső tartályokban tárolt üzemanyag tömege [kg]	P₁₅ — Neki futási úthossz Starthossz 4 db légi harc rakétával: [m]	P₂₆ — MMH/FH (Maintenance man hours per flight hour) munkaráfördítés
P₅ — Max. felsz. tömeg	P₁₆ — Starthossz maximális felszálló tömeggel:	P₂₇ — repülés előtti előkészítés [perc]
P₆ — Max. fegyvertöltés	P₁₇ — Leszállási úthossza [m]	P₂₈ — ismételt előkészítés [perc]
P₇ — Szárny felületi terhelés $p = G_{norm.felsz} / A_{szárny}$ [kg/m ²]	P₁₈ — Leszálló sebesség [km/h]	P₂₉ — repülés utáni előkészítés [perc]
P₈ — tolóerő	P₁₉ — Külső függesztési pontok száma	P₃₀ — A ₀ üzemeltetési készenléti fok
P₉ — Tolóerő-súlyviszony $\mu = F_{p,max} / G_{norm.felsz}$	P₂₀ — Normál felszálló tömeg [kg]	P₃₁ — A repülőgépek repült óránkénti alkatrész és fenntartás igénye [USD/rep.óra]
P₁₀ — M-szám	P₂₁ — Hatósugár [km]	P₃₂ — A repülőgépek repült óránkénti átlagos üzemanyag fogyasztása [kg/óra]
P₁₁ — statikus csúcsmagasság	P₂₂ — sárkány összüzemideje [rep. óra]	P₃₃ — a szárny felülete [m ²]

3. sz. melléklet

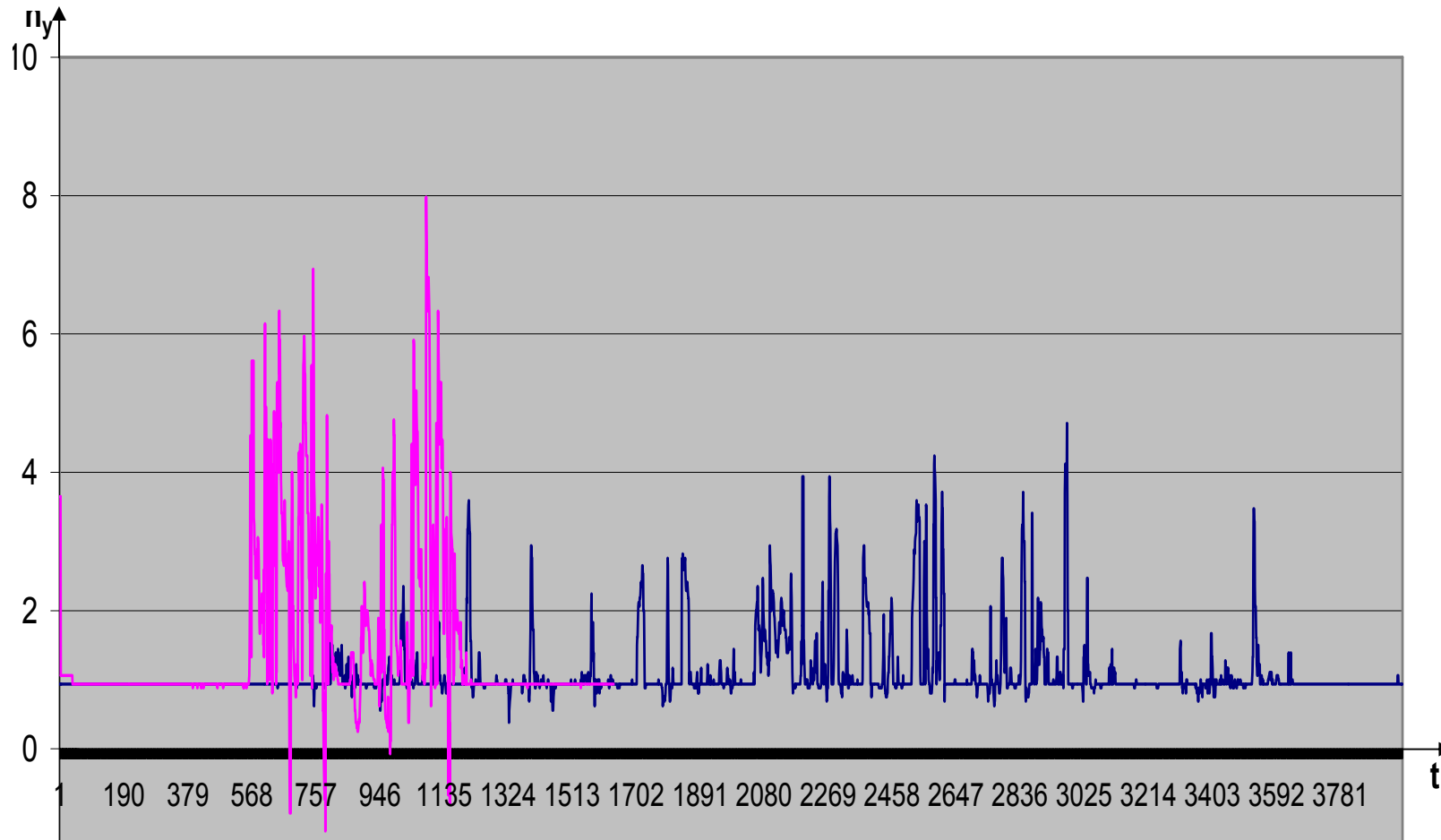
3-5. generációs vadászpilóta nélküli repülőgépek hajtómű paraméterei

	hajt. típus	P ₈	P ₉	P ₂₀	Levegőfogyasztás [kg/s]	teljes hossza [m]	Maximális átmérője [m]	Száraz tömege [kg]	Sűrítési viszonya	Tolóerő teljes utánégetéssel [kN]	Tolóerő maximál üzemmódon [kN]	Tüzelőanyag fogyasztás utánégetéssel	Tüzelőanyag fogyasztás utánégetés nélkül	tolóerő/hajtómű száraz tömeg arány
F-15C	F100-PW-229 (2 db)	258800	1,308	20185	113	4,855	1,181	1681	0,36	129,5	79,2	2,05 lb/h/lb 58,07 g/kNs		7,85
F-16C/D	F100-PW-229	129400	1,021	12927	113	4,855	1,181	1681	0,36	129,5	79,2			7,85
	F-110-129	134210	1,059		122	4,62	1,181	1791	0,76	129	75,7			7,36
F/A-18A	F404-GE-400	156600	0,96	16651	64,4	4,03	0,88	989	0,34	71,2	48,9			7,75
F/A-18C	general electric F-404-402 (2 db)	161000	1,114	14753	66,2	4,03	0,88	1035	0,27	78,7	53,2			7,75
Tornado	Turbo-Union RB 199-34 R Mk 103 (2 db)	149400			74,6	3,2	0,94	954		71,2	40,5		0,649 lb/h/lb 18,38 g/kNs	7,77
Mirage 2000-5	Snecma M-53P-2	95100	0,894	10860	86	5,07	1,055	1500	0,35	95	64,3	2,08 lb/h/lb 58,92 g/kNs	0,9 lb/h/lb 25,49 g/kNs	6,45
MiG-29	Klimov/Sarkisov RD-33 (2 db)	162800	1,09	15240	75,5	4,229	1,04	1055	0,49	81,4	49,4	2,1 lb/h/lb 59,48 g/kNs	0,77 lb/h/lb 21,81 g/kNs	7,86
SZU-27	Saturn/Ilyuka AL-31FM (2 db)	245200	1,088	23000	110	4,95	1,277	1570	0,57	122,6	79,3		0,67 lb/h/lb 18,98 g/kNs	8,22
JAS 39	Volvo RM-12	80500	0,966	8500	68	4,1	0,884	1055	0,28	80,5	54	50,6 mg/Ns	23,9 mg/Ns	7,81
Rafale (B)	SNECMA M88-2	145800	1,026	14500	65	3,54	0,696	897	0,3	75	50	1,8 lb/h/lb 51 g/kNs	0,8 lb/h/lb 22,66 g/kNs	8,42
EFA	Eurojet EJ200	180000	1,185	15495	77,1	4	0,74	990	0,4	89	60	1,66 lb/h/lb 47 g/kNs	0,74 lb/h/lb 20,96 g/kNs	9,16

P₈ — tolóerő

P₉ — Tolóerő-súlyviszony $\mu = F_{p,max} / G_{norm.felsz}$

P₂₀ — Normál felszálló tömeg [kg]



— n_y (elfogás); — n_y (műrepülés)