

## A katonai repülőgépek „állapot szerinti” üzembentartása és annak szükségessége

A MiG-29 típusú repülőgép az elmúlt években gyakran állt az érdeklődés központjában és viták kereszttüzeiben. Sokan, sokféle módon nyilatkoztak, nyilatkoznak róla, egyesek igazi hozzáértéssel, mások hiányos információk birtokában, esetenként amatőr módon. A megnyilvánulások igen gyakran érzelmi telítettséűek. Sokan dicsőítik, kiváló manőverező képességéről, hajtóműveinek óriási erejéről, a gép harmonikus formájáról, eleganciájáról, lendületes repüléséről beszélnek, míg mások lenézik elektronikájának relatív elmaradottsága miatt, és a fenntartás költségeinek horribilis voltát hangsúlyozzák. Szakmai berkekben és azon kívül is az utóbbi néhány évben széles körben esik szó a repülőgépek állapot szerinti üzembentartásáról. Gyakran úgy, hogy ismert lenne annak valóságos tartalma. **Jelen előadás célja bemutatni, hogy mit is jelent a katonai repülőgépek állapot szerinti üzembentartási stratégiája a MiG-29 típusú vadászgép konkrét példáján keresztül.**

### Előzmények:

A repülőgépek 1993. őszén kerültek a Magyar Honvédséghez. Az orosz gyártóval megkötött szerződés értelmében a repülőgépeket, mint komplett rendszert kaptuk meg.

Azaz a szerződés részét képezték a 28 db repülőgép (22 db harci és 6 db kétüléses harci-gyakorló) és készleteik leszállításán kívül az üzembentartáshoz, az időszakos munkákhoz, a javítások végrehajtásához szükséges műszerek, ellenőrző berendezések, automatizált ellenőrző komplexumok, etalon állomások, a szükséges mennyiségű földi kiszolgáló gépjárművek, 2 évi üzemeltetéshez elégséges alkatrész-készlet, a teljes légi üzemeltetési és az üzembentartási műszaki dokumentáció átadása.

A megállapodás értelmében az orosz fél leszállította a repülőgéphez rendszeresített pusztító eszközöket (alapvetően L – L osztályú rakétákat) és a kezelésükhöz szükséges rakétaellenőrző állomásokat.

A szerződés tartalmazta továbbá a repülés szimulátor szállítását, valamint a hajózó és műszaki állomány kiképzését (több mint 100 fő vett részt a típusátképzésen), és az egy éves garanciát, mely időszakban 15 fős orosz gyári brigád segítette a gépek üzembentartását.

Ahhoz, hogy a későbbi gondolatok érthetőbbek legyenek, tekintsük át röviden a MiG-29 típusú repülőgépek eredeti üzembentartási rendszerét.

A gépek üzembentartási stratégiája a tervszerű megelőző karbantartás, amely 3 szinten folyik:

- **az üzembentartó századnál:** a repülés kiszolgálásával összefüggő előkészítő munkák, kisebb mélységű, de nagyobb gyakoriságú karbantartási, ellenőrzési munkák (a nyugati terminológiában ezt „O” – „operational level”-nek nevezik);

- **a repülőeszköz javító századnál:** mélyebb ellenőrzések, karbantartási munkák és csapat szintű javítások („I” – „intermedial level”);

- **ipari szinten:** a repülőgépek, az üzemidős -, és a meghibásodott berendezések ipari javítása („D” – „depot level”).

A csapat szinten végrehajtandó munkák felsorolását és azok gyakoriságát egy „Egységes Műszaki Kiszolgálási Szakutasítás” tartalmazza. A végrehajtás módja „Technológiai lapokon” van részletesen leírva, ahol a munkák során használandó eszközök is feltüntetésre kerültek. A „Technológiai lap”-ok tartalmazzák a mérendő paraméterek névleges értékét és tűrésmezejét, ezek alapján történik az ellenőrzött rendszer, berendezés, szerkezeti elem műszaki állapotának minősítése.

A bonyolultabb ellenőrző berendezések saját kezelési utasítással is el vannak látva, ezeket az ellenőrzések során a technológiai lapokkal együtt kell használni, mintegy azok kiegészítéseként.

Az üzemeltető szintjén végrehajtandó ellenőrzések, karbantartások és kiszolgálási munkák az alábbiak:

- **heti előkészítés** (az eredeti orosz előírásokban nem szerepel), célja meggyőződni a repülőgép és rendszereinek működőképességéről, előkészíteni a repülőgépet az adott hét repülési feladataira;
- **repülés előtti** (napi) előkészítés, célja a repülőgép előkészítése az adott nap repülési feladataira, meggyőződni a repülőgép rendszereinek működőképességéről (A fedélzeti rendszerek földi működtetésének optimalizálására kellett törekedni, ezért az eredeti előírásokhoz viszonyítva csökkentésre kerültek a végrehajtandó munkák mennyisége, ugyanis a rendszerek ellenőrzése automatikusan végrehajtásra kerülnek a repülési feladatok előtt, a hajtóművek indítását követően);
- **ismételt feladatra történő előkészítés**, célja a repülőgép előkészítése a következő repülési feladatra, alapvetően kiszolgálási tevékenység;
- **repülés utáni előkészítés**, célja a repülés közben bekövetkezett meghibásodások kijavítása, és a repülőgép előkészítése egy következő repülési feladatra, melynek időpontja és sajátosságai még nem ismertek, alapvetően kiszolgálási tevékenység;
- **tárolási munkák**, célja a valamilyen ok miatt (anyaghiány, időszakos munkára, javításra vár, hadrenden felüli, stb.) repülésre tartósan nem tervezett repülőgép állagmegóvása;
- **karbantartási munkák**.

A javító század szintjén kerülnek végrehajtásra a 200 órás időszakos munkák, mint a legjellemzőbb feladat (a rendszerek egy részénél a munkákat azonban csak 400, illetve 600 óránként szükséges végrehajtani, és néhány, nem jelentős mennyiségű munka 100 óránként esedékes).

A hajtóművek ellenőrzése 25, bizonyos közlőmunkák elvégzése után 50 óránként kerül végrehajtásra.

A következő adatokra különösen figyelni érdemes. **A repülőgép üzemideje az első ipari javításig 800 repült óra / 9 év, a javításközi üzemideje 800 óra 8 év, a teljes műszaki üzemideje 2500 óra / 20 év VOLT.** A fedélzeti rendszerek döntő többsége a repülőgéppel azonos üzemidővel rendelkezett. Néhány kulcsfontosságú berendezés üzemideje az első javításig eltér a repülőgéptől:

- az **RD-33** típusú hajtóművek üzemideje a hajtómű sorozatától függ, saját törzskönyvében rögzített, az első javításig jellemzően **350 óra / 8 év**;
- a **KSzA-2** berendezés üzemideje a berendezés gyártási sorozatától függ, saját törzskönyvében rögzített, jellemzően **500 óra / 9 év**;
- a futószárak esetében jellemzően **800-1200 leszállás / 10 év**;
- a **kormánygépek** üzemideje ugyancsak a gyártási sorozattól függően változó, a mi repülőgépeinkre jellemzően **1000 óra / 10 év** a javításközi üzemidő.

Mint látható, a hajtómű és a KSzA-2 berendezések a repülőgép javításközi üzemidejénél rövidebb üzemidővel rendelkeznek. Az eredeti (hagyományos) üzemeltetési rendszerben a repülőgéptől eltérő, annál hosszabb üzemidejű berendezést is megjavítják a repülőgép ipari javítása alkalmával.

Az ipari javítás a tervező intézet, illetve a gyártó által meghatározott mélységben, szigorú technológia szerint folyik. A technológia tartalmazza mindazon szerkezeti elemek, berendezések ellenőrzését és javítását, egyes elemek, részegységek kötelező cseréjét, amelyek a repülőeszköz tervezésekor figyelembe vett várható igénybevétel esetén olyan mértékben elhasználódnak (kopás, szerkezeti elemek fáradása, korrózió, kristályközi korrózió stb.), hogy a következő ipari javításig az adott szerkezeti elem meghibásodása nagy valószínűséggel bekövetkezhet.

Az eredeti üzemeltetési rendszer („tervszerű megelőző karbantartás”) jellemzői közismertek, de azért röviden tekintsük át legfontosabb előnyeit – hátrányait:

A rendszer a műszaki kiszolgálásban, üzemeltetésben meglehetősen elterjedt, jól bevált módszer, az üzemeltető állomány ismeri, több évtizede ebben a rendszerben folyik a repülőeszközök fenntartása. A rendszer alkalmazása nagy megbízhatóságot eredményez, amely a repülőeszközök vonatkozásában a hadrafoghatóság magas szintjén túl a repülés biztonságára is pozitív hatást gyakorol. Nem elhanyagolható tény, hogy a meghatározott gyakorisággal végrehajtásra kerülő ipari javítás bizonyos mértékben képes kompenzálni a csapatszinten elkövetett kisebb – nagyobb üzemeltetési, üzemeltetési hiányosságok káros hatásait.

Ugyanakkor, nem nehéz belátni, hogy az egyes egyedek (repülőgépek) valóságos igénybevétele jelentősen eltérhet a tervezési követelményekben átlagként számítottaktól, és természetesen jelentősen különbözöek lehetnek az egyes repülőgépek terhelési szintjei. Ezáltal az előirt 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, hisz az adott berendezésekben, rendszerekben jelentős „üzemi tartalékok” maradhatnak. (Vagy a megemelkedett terhelési szint következtében „túl üzemeltetjük”).

Amennyiben a relatíve 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, 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 tervezettnél fokozottabb igénybevétel, kedvezőtlen tárolási, üzemeltetési feltételek és egyéb kedvezőtlen tényezők negatív hatásainak következtében) korábban végre kellett volna hajtani. (Relatív „túlüzemeltetés”)

Ezen eset hatása a repülés biztonságára súlyosabb következményekkel is járhat. Az előfordulás valószínűsége azonban igen csekély, mivel az ellenőrzési, javítási munkák gyakorisága kellő nagyságú műszaki tartalék figyelembevételével került meghatározásra. (Általában a repülőgépek kiszolgálásának „Minőségirányítási” színvonala jóval meghaladja az egyéb területek színvonalát.)

Összességében az eredeti üzembentartási stratégia az optimálisnál - nagy valószínűséggel - költségesebb, ugyanakkor megbízható, a hadrafoghatóságra és a repülés biztonságára alapvetően pozitív hatással.

### **Az üzembentartási rendszer változtatását kikényszerítő tényezők:**

A fent gondolatok után felvetődik a kérdés: mi indította a szolgálati ágat arra, hogy megváltoztasson egy megbízható, bevált üzembentartási stratégiát, és ezzel felvállalja az új rendszer bevezetésével járó kockázatot. Tekintsük át ezeket az okokat és az áttéréshez vezető egyéb tényezőket.

Elvi szinten az **állapot szerinti üzembentartási rendszer**, annak előnyei és alkalmazásának általános feltételei, hátrányai nem voltak teljesen ismeretlenek. A „nyugati világ”-ban a 70 – 80-as évektől kezdve fokozatosan elkezdődött ezen (vagy legalábbis annak nevezett, vagy ezen irányba fejlődő, leginkább ügyes „marketing” fogásnak tekinthető) üzembentartási rendszer terjedése, mindenekelőtt azoknál az új típusoknál, amelyek tervezésekor már ezt követelményként is előírták. Tehát más feltételek között ugyan, de működött már ilyen rendszer, melynek pontos részletei persze ismeretlenek voltak számunkra.

Azt viszont ismeretes volt, hogy a MiG-29-es típus sok tekintetben különbözik a korábbi, nálunk rendszerben lévő repülőgépektől. Erre a gépre jellemző a digitális technika széles körű alkalmazása, a korábbiaknál sokkal fejlettebb beépített önellenőrző rendszer, a rendszereket figyelő felügyeleti rendszer és a korszerűnek mondható fedélzeti adatrögzítő, amely meglehetősen nagy mennyiségű adatot tárol.

**A repülés közben tárolt adatokból elvileg jól meghatározható a repülőgép sárkányszerkezete és a hajtóművek által az üzemeltetés során elszenvedett terhelés (túlterhelések, hőterhelés, stb.), amiből következtetni lehet a repülőgép műszaki állapotára.** Az ehhez szükséges kiinduló (tervezési követelmények) és összehasonlító adatok azonban csak a gyártónak állnak rendelkezésre.

Kezdetől fogva világos volt, hogy a MiG-29-es más módon is üzemeltethető, nem csak a hagyományos rendszerben, de az is, hogy sikerrel ezt csak a gyártóval szoros együttműködésben lehet megvalósítani.

Az indítékok közül a legerősebb tényező természetesen a pénz volt, jobban mondva annak hiánya.

Ahhoz, hogy a MiG-29-es fenntartásának gazdaságossági (pontosabban a költségek minimalizálásának) problematikáját jobban megértsük tekintsük át röviden a típus rendszerbeállításának körülményeit (jelen előadásnak nem témája a MiG-29-es típus rendszerbeállításának elemzése, az kimerítené egy

önálló munka terjedelmét – a téma egyébként, annak összetettsége és az abból fakadó tanulságok kívánnak is egy részletes elemzést).

A megkötött szerződés értelmében komplett rendszert kaptunk a 2 századnyi: 22 harci + 6 kétüléses harci-kiképző repülőgéppel. A repülőgépekkel együtt átadásra került a gépek üzemeltetéséhez szükséges minden földi kiszolgáló eszköz, ellenőrző berendezés, két készlet automatizált ellenőrző komplexum. A szerződés részét képezték az alkalmazáshoz szükséges tisztító eszközök (a Légierő által meghatározott arányban és mennyiségben, alapvetően levegő – levegő osztályú rakéták), és 2 készlet GURT komplexum, a rakéták ellenőrzéséhez, továbbá a repülőgép szimulátora, annak teljes készletezettségében. Átadásra került a repülőgépek kiszolgálásához szükséges 2 évi készlet javítóanyag, tartalék alkatrész készlet és berendezés. A szerződésnek része volt az üzemeltetési és üzemeltetési dokumentáció átadása, továbbá a repülőgépvezetők és a földi (repülőműszaki és vadászirányító) állomány típusátképzése is.

A MiG-29-es típus rendszerbeállítása lényegében normális módon indult, még a Kecskeméten elengedhetetlen infrastrukturális beruházások is zöld utat kaptak. Nem úgy a folytatás.

Emlékeztetek, a dátum 1993. A Magyar Honvédség 2 – 3 éve forráshiánnyal küzd, és a tartalékok feléléséből tartja fent a rendszer. Vonatkozik ez a repülőműszaki szakterületre is. A MiG-29 esetében azonban nincsenek tartalékok, azokat most kellene létrehozni, de ehhez nem áll rendelkezésre forrás. Mindössze arra volt mód, hogy a garanciális brigád „műszaki patikáját”, pontosabban annak fel nem használt maradványát megvásároljuk, illetve 1996-ban ugyancsak államadósság fejében tartalék hajtóművek, lokátor, és egyéb rendszerek legkurrensebb berendezéseiből került beszerzésre néhány darab.

Végső soron a MiG-29-es rendszerbeállítása csak elkezdődött, de a normális rendszerbeállítás (a fenntartáshoz szükséges készletek képzése, a javításhoz szükséges forgóalapot létrehozása) a mai napig sem fejeződött be.

Mint említettem, a forráshiány ebben az időszakban az egész Magyar Honvédséget sújtotta. Így az a sajátos helyzet alakult ki, hogy a kezdeti időszakban, amikor a repülőgépek hadrafoghatósága részben a garancia, részben a minimális tartalék alkatrész készlet rendelkezésre állása következtében jó szinten volt, a repülőgépek repülési óraszámát a rendelkezésre álló üzemanyag mennyisége korlátozta. Később ezt tovább súlyosbította a már jelentkező krónikus anyagihiány.

Összességében a normális üzemmenet kezdettől fogva sérült. A korlátozott repülési óraszám ugyanis azt eredményezte, hogy a repülőgépek üzemidő felhasználásának mértéke, fenntartási szempontból, az elvárt szint alatt maradt (az alkalmazói elvárásokról most nem beszélünk), azaz a naptári üzemidő lejártáig nem lehetett lerepülni a javításig biztosított üzemidőket. **Ennek kettős hátránya van:**

- Egyrészt a naptári üzemidő lejártja miatt javításba küldött berendezésekben (repülőgépben) felhasználatlan üzemidő „marad”, ami veszteséget jelent.

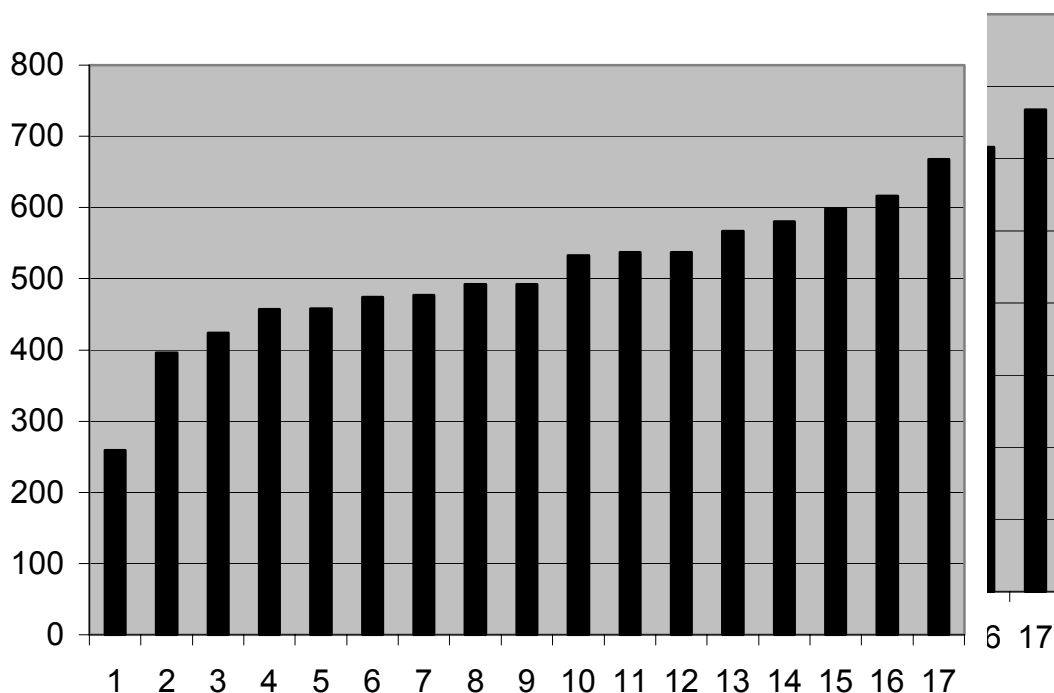
- Másrészt, mivel a repülőgépeink és berendezéseink gyakorlatilag azonos gyártásúak, a naptári üzemidő szerinti javítási igény egyszerre, egy időben jelentkezik az összes gépen. Ez azzal a következménnyel jár, hogy a gépek közel azonos időben esnek ki a kiképzésből (vannak, vagy várnak javításra), ezáltal rohamosan csökken a géppark hadrafoghatósága, és ez kiugróan hatalmas, egyidejű költségvetési igénnyel jár.

Vizsgáljuk meg kissé részletesebben és konkrétan, hogy mit is jelentenek a gyakorlatban a fenti állítások:

A repülőgépek üzemideje az eredeti előírások szerint az első ipari javításig 800 repült óra volt 9 év alatt.

Az alábbi diagram azt mutatja, hogy 8 évvel a gépek rendszerbeállítása után (tehát mindössze 1 évvel a naptári üzemidő lejártja előtt) az egyes repülőgépek mennyi repült időt teljesítettek. (A hiányzó repülőgépek tartósan, anyagihiány miatt estek ki)

A 2001. novemberében vizsgált 17 db repülőgép  
 A 2001. novemberében vizsgált 17 db repülőgép  
 repült óráinak eloszlása



A diagramból jól látható, hogy az üzemeltetők követték azt az általános előírást, miszerint a gépek üzemidejét szét kell húzni, mivel csak így kerülhető el az időszakos munkák feltorlódása, az üzemidős berendezések cseréjének, javításának egyidejűsége, stb. A széthúzás mértéke is megfelel az általános elveknek, a vizsgált gépek üzemidő adatai 259 és 668 óra közötti értékekre esnek. Az eloszlás csaknem lineárisnak tekinthető (a 259 repült órával rendelkező repülőgép kiesik a linearitásból, ugyanis ez a gép tartósan, anyaghiány miatt állt).

A korábban említett okok miatt ugyanakkor (kevés évenkénti repült idő) ennek a tervezett igénybevételnek nem volt érdemi hatása a repülőgépek ipari javításának egyidejűségére, hiszen még a legtöbbet repült gépek üzemideje is jelentősen alatta marad a lehetséges 800 órának.

A költségvetési források alakulása, a rendszerváltás utáni években már 1993-ban, a típus rendszerbeállításakor, világosan mutatta, hogy a MiG-29 ipari javításának fedezete nem lesz biztosítható még akkor sem, ha az ipari javításokat 3 – 4 évre szét lehetne húzni.

A gyártó 5 millió USD áron vállalta volna a repülőgép ipari nagyjavítását, melynek nem volt része a hajtómű javítása. A teljes javítási ár repülőgépenként (hajtóművek és egyéb üzemidős berendezések javításával együtt) meghaladja a 7 millió USD-t.

Ez gyakorlatilag egybeesik azzal az általános tapasztalattal, hogy a katonai repülőgépek, helikopterek javítási ára a beszerzési értékük 30%-a körül van. (50%-t nem haladhatja meg)

A teljes géppark javítási költsége így mintegy 196 millió USD-t, mai árfolyamon számolva mintegy 38 - 39 milliárd Ft-ot emésztett volna fel legjobb esetben is 3 – 4 éves időszakban (ez természetesen az 1993-ban végiggondolt számvetés, amikor még 28 db repülőgépről beszéltünk).

**A következtetés egyértelmű volt, valamit tenni kell, mert ez a forrás valószínűtlen, hogy bármikor is rendelkezésre állna.**

Ez volt a legerősebb tényező, ami kikényszerítette egy költségtakarékosabb üzembentartási rendszer keresését, majd a bevezetését.

Mit tettek, hogyan gondolkoztak ugyanakkor mások?

A környező országok mindegyikének korábban volt MiG-29-e, de az ukránokat (és természetesen az oroszokat) nem számolva 1993-ban még senkinek sem volt olyan korú gépe, melynek ipari javítása esedékes lett volna. Konkrét elgondolásuk nem volt (vagy nem lett nyilvánosságra hozva), de érzékelhető volt, hogy a saját iparukkal kívánják a javítást megoldani. A javításra való felkészülés azonban egy kivétellel el sem kezdődött.

Ukrajna felkészült az ipari javításra (a korlátozott sorozatjavításra azonban az ő esetükben is csak a 2000-es évek elején került sor).

Szlovákia a 90-es évek végén önállóan (gyakorlatilag felkészületlenül, javítási technológiák nélkül, a korábban üzemeltetett repülőgéptípusok javításában szerzett általános tapasztalatokra támaszkodva) nekiállt a repülőgép ipari javításának.

Ismereteink szerint a lengyelek saját bázisukon, kooperációban a beloruszokkal kísérelték meg az ipari javítást.

**Tehát jól, rosszul, de mindenki a hagyományos módon próbálta meg fenntartani gépparkját, érintetlenül hagyva a repülőgépek eredeti üzembentartási rendszerét.**

Egyedül a Luftwaffe indult el más úton:

Azzal egy időben, hogy az újra egyesült Németországban megszületett a döntés a volt NDK MiG-29-eseinek rendszerbeállításáról, kormányzati szinten megjelent az a követelmény is, hogy a gépek fenntartási költségeit lejjebb kell szorítani, és el kell érni, hogy az ne haladja meg a Tornádó fenntartásának költség szintjét.

A németek saját ipari bázisukon az orosz gyártóval és tervezőintézettel szoros együttműködésben alakították ki az üzembentartás új rendszerét, ami nagyban megőrizte az eredeti rendszer elemeit, de jelentősen redukálta az ipari javítás során elvégzendő munkák mennyiségét, illetve a csapatnál végrehajtandó munkák gyakoriságát is csökkentette. Az újonnan kialakított rendszer működőképességének alapfeltétele volt az orosz partnerrel való állandó kapcsolattartás és szoros együttműködés. Egyéb módszerrel nem volt biztosítható az elvárt megbízhatóság.

Részben a pozitív németországi tapasztalatok alapján (lehet másképpen is, olcsóbban és biztonságosan), részben más országok által az új gépek beszerzésekor támasztott követelmények miatt, részben, mert olyan új szakemberek jelentek meg a tervezőintézetnek az üzembentartási rendszerért felelős részlegénél, akik korábban a saját bőrükön érezték mit jelent korlátozott források mellett fenntartani a gépparkot a régi rendben, és a saját vizsgálataink eredménye képen a gyártó 2001 táján már hajlandóságot mutatott arra, hogy elvárásunknak megfelelő üzembentartási rendszer kidolgozásába fogjon, velünk szoros együttműködésben.

## **Az új üzembentartási rendszer alapelvei:**

Az új üzembentartási rendszer alapja továbbra is a „**tervszerű megelőző karbantartás**”, de a repülőgépekre **nincs előírt ipari javítás**, azok egész életciklusuk a csapatoknál zajlik le. 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 eszközcsoporthoz áll rendelkezésre:

- egyrészt a **fedélzeti adatrögzítő** által tárolt adatok analízise az elszennvedett integrált terhelés meghatározására,

- másrészt **roncsolásmentes anyagvizsgáló** módszerekkel a szerkezeti elemeken végbe ment mechanikai elváltozások feltárása.

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 javítások végrehajtása csapat (katonai javítóüzem) körülményei között - a helyi erők jelentős közreműködésével lehetséges. A korábbi rendszerhez viszonyítva bővült az úgynevezett „kiemelt berendezések” (korlátozott üzemidejű berendezések) köre. Ez az új rendszer természetéből fakad.

Kiemelt berendezés alatt értjük:

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 repülőgépe.

Az eredeti rendszerben az ipari javítás során azon berendezések, amelyek üzemidővel rendelkeztek ugyan, de az egybeesett, vagy nem jelentős mértékben felülmúlta a repülőgépét, 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.

A repülőgép fedélzeti berendezésinek 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).

### **Az áttérés menete az állapot szerinti üzemeltetés rendszerébe:**

A kényszerítő tényezők és az elvi elgondolás áttekintése után térjünk át a megvalósítás legfontosabb lépéseire.

Az áttérés az alábbi főbb elemeket tartalmazta:

- naptári üzemidőhosszabbítás 9-ről **12 évre**, és üzemidőhosszabbítás 800 órától **1100 órára** 14 repülőgépen (12 harci + 2 kétüléses gépre szolt az engedélyünk); ennek célja az állapot szerinti üzemeltetési rendre történő átálláshoz időt nyerni;
- naptári üzemidő hosszabbítás hajtóműveken, egyéb fődarabokon a szükséges darabszámban;
- kidolgozni az állapot szerinti üzembentartás rendszerét, és átállítani a kiválasztott 14 repülőgépet erre a rendre;
- a kijelölt 14 repülőgép üzemképességének helyreállításához szükséges berendezések javítása, a fenntartáshoz elengedhetetlen alkatrészek szállítása;
- egy készlet automatizált ellenőrző komplexum és egyéb ellenőrző berendezések kalibrálása, szükség esetén javítása.

A követelményrendszer szerves része volt az a kitétel, hogy a repülőgépeken a munkákat a kecskeméti repülőtér bázisán (a Légijármű Javítóüzemnél erre a célra kiürített szerelőcsarnokban) kell végrehajtani, az ezred és a Légijármű Javítóüzem szakembereinek közreműködésével (15 – 15 fő kijelölését vállaltuk, az üzem részéről szükség esetén további szakemberek bevonásával is lett számolva).

- A repülőgépek műszaki állapotának értékelése. (A vizsgálatnak részét képezte)

- A repülőgépek szerkezeti elemeinek átvizsgálása roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel a gépek részleges (egyébként elég jelentős) szétszerelése mellett.

- Meghatározásra kell, hogy kerüljön - minden vizsgált repülőgép esetében - az üzemeltetés kezdete óta kapott terhelés. ( a repülésenkénti legnagyobb túlterhelési értékek átlaga alapján) Az adatokat a repülőgépek fedélzeti adatrögzítője („TESZTER”) biztosítja. (A TESZTER adatokat a repülőgépek megérkezésétől kezdődően folyamatosan archiválva lettek éppen azzal a szándékkal, hogy a későbbi vizsgálatokhoz, elemzésekhez rendelkezésre álljanak.)
- Minden repülőgépre vonatkozóan elemzésre kerültek a meghibásodások az üzemeltetés kezdete óta (az erről szóló adatokat az üzemeltető folyamatosan gyűjti és megőrzi).

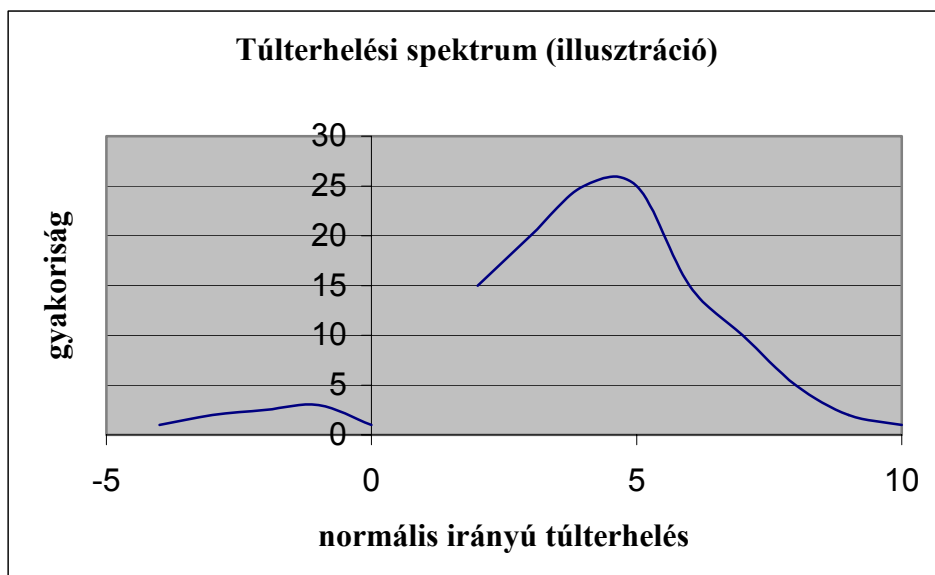
A műszaki állapot meghatározása után minden repülőgépre összeállításra került a saját „hibalistája”. Minden egyes hibára meghatározásra kerültek azok elhárításának technológiája és ideje. Egyes hibák kijavítása az üzemidőhosszabbítás feltétele volt, mások elhárítását a soron következő időszakos munkákhoz, vagy például bizonyos repedések esetében azok tovaterjedésének, fejlődésének mértékéhez lett kötve, meghatározott gyakorisággal végrehajtandó ismételt ellenőrzések mellett.

A meghibásodások kijavítását döntő többségben az üzemeltető és a javító üzem szakemberei hajtották végre. Néhány kritikus repedés, meghibásodás javítási technológiáját a gyártó nem bocsátja rendelkezésre, ezeket a munkákat külön megrendelésre lehet elvégeztetni, de ugyancsak jelentős saját munkaerő közreműködésével.

A műszaki állapot meghatározása során megerősítést nyer egy korábbi feltételezés, miszerint a gépeink igénybevétele intenzívebb, mint a tervezett (mint amire az eredeti alkalmazó követelményei alapján tervezték):

Tervezéskor a várható alkalmazás átlagos igénybevételét veszik alapul, ami a különböző értékű normális irányú túlterhelések gyakoriságával van kifejezve (a normális irányú túlterhelési ciklusok felelősek leginkább a szerkezet „fáradásos” elváltozásáért).

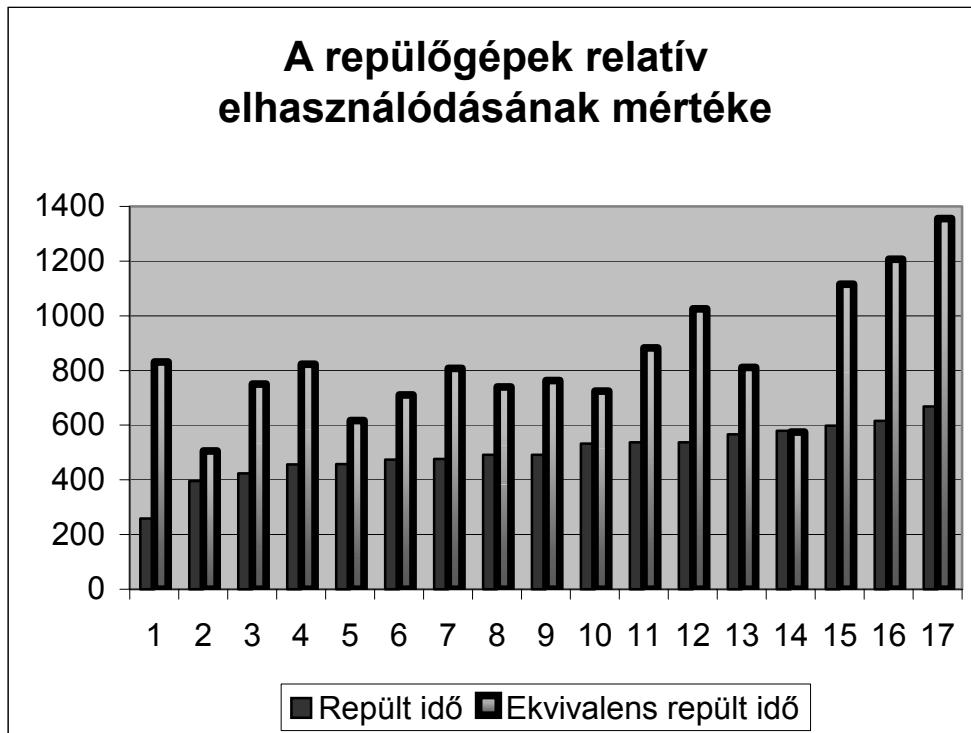
Példaképpen a következő diagram egy ilyen túlterhelési spektrumot ábrázol (nem valódi adat, csak illusztráció!).



A „TESZTER” adatokból, gépenként meg lett határozva a repülőgép által elszenvedett terhelések, és ennek alapján az úgynevezett „**ekvivalens repült idő**”, ami azt jelenti, hogy a tervezési követelmények alapján, az adott repülőgépre kapott integrált terhelési ciklusszám meghatározása alapján, mekkora repült idő tartozna. Ez jól jellemzi a repülőgépek relatív elhasználódásának mértékét.



A következő diagram azt mutatja, hogy a gépek valóságos és ekvivalens repült ideje hogyan alakult (2001-es adat).



A diagrammból jól látható, hogy igazán mindössze 1 repülőgép előregedése arányos a lerepült idővel, a többinél a relatív elhasználódás jelentősen nagyobb (átlagosan 1,7), azaz a repülőgépek igénybevétele intenzívebb a tervezettnél (gyártói normatívák).

Ennek a kérdésnek nyilvánvalóan vannak alkalmazói vonatkozásai. A jelenség nem ismeretlen a hasonló nagyságú országokban (például Portugáliában az F-16-osoknál hasonló jelenség tapasztalható, ahol a relatív elhasználódás közel kétszerese a tervezettnék).

A dolog legfőbb magyarázata az ország kis légtere, a kiképzésre igénybe vehető elkülönített légterek közelsége a repülőtérhez. Ennek következtében a repülési feladatok viszonylag rövidek (az egy felszállásra jutó repült idő átlagosan 35 perc körül van), de annál intenzívebbek.

(A téma megérne egy önálló elemzést, sokan vitatják ugyanis az ilyen alkalmazói gyakorlatnak a helyességét. A probléma ugyanis annak az optimumnak a megtalálása, ami a kiképzés hatékonyságát, a felmerülő - ennek részeként a repülőgépek intenzívebb előregedéséből fakadó - költségek minimalizálását egyszerre biztosítja.)

Jelen előadás szempontjából ennek a korábbi feltételezésnek a visszaigazolása - elsősorban annak a fenntartással összefüggő vonatkozásai miatt - érdekesek. Azaz a repült idővel nem feltétlenül arányos módon lehet számolni bizonyos meghibásodások bekövetkezésével, fáradásos repedések, törések megjelenésével és az ezek felmerülő javítási igényeivel.

A repülőgépek műszaki állapotfelmérésével, üzemidőhosszabbításával párhuzamosan a elkészült egy tanulmány, amely egyfajta állapot szerinti üzembentartási rendszer elméleti alapját képezheti, és amely egyben az áttérés teendőit is meghatározza. (A tanulmány egyben kutatási témát is képez).

Ebben a munkában egy részletes elemzés található amely a repülőgép szerkezeti elemeire és fedélzeti rendszereire vonatkoznak.

Ennek során vizsgálat tárgyát képezi:

- milyen elváltozások, meghibásodások fordulhatnak elő;
- azok bekövetkezésének mekkora a valószínűsége;

- továbbá, hogy milyen mértékben veszélyezteti a repülés és a feladat végrehajtásának biztonságát, amennyiben a meghibásodás repülés közben következik be.
- az egyes rendszerek, szerkezeti elemek javításának gazdaságossági vonatkozásai;
- a „feleslegesen” elvégzett (azaz a műszaki állapottól független, repült órához, naptári időhöz, vagy egyéb ciklushoz kötött) javítás költségei;
- a javítás elhagyása esetén, a következő meghibásodás okozta közvetlen és járulékos költségeket.

Az elemzés eredményeképpen a fedélzeti berendezéseket, a repülőgép szerkezeti elemeit 3 kategóriába lehet sorolni, mindegyikhez saját üzemeltetési módszert rendelve:

- **Műszaki paraméterek ellenőrzése alapján:** nincs meghatározott üzemidő, a berendezés, vagy rendszer műszaki állapotára jellemző paraméterek ellenőrzése - meghatározott periódusonként az előírt. Amennyiben a paraméterek valamelyike a tűrésmezőn kívülre kerül, a berendezést, rendszert üzemképtelenné kell minősíteni. Helyreállítása beszabályozással, vagy javítással történhet. Végeredményben ez a módszer biztosítja, hogy az ilyen módon fenntartott eszköz a meghibásodás előtti, de ahhoz már közeli műszaki állapotában kerül csak javításra. Ebbe a kategóriába kerültek jellemző módon azok a berendezések, amelyek a repülés biztonságát érdemben nem veszélyeztetik, és jól ellenőrizhetők (azaz műszaki állapotuk paraméteres ellenőrzéssel, egyéb diagnosztikai módszerrel jól meghatározható).
- **Megbízhatóság alapján:** nincs meghatározott üzemidő. A gyakorlati megvalósítás szintjén ez a módszer a meghibásodásig tartó üzemeltetést jelenti. Ebbe a kategóriába kerülnek azok a berendezések, amelyek a repülés biztonságára nincsenek hatással, vagy hatásuk jelentéktelen. Műszaki paraméterek alapján nem, vagy csak jelentős munkával, költséggel, megbontással stb. határozható meg műszaki állapotuk.
- **Üzemidő szerint:** azok a rendszerek tartoznak ebbe a kategóriába, melyek meghibásodása a repülés biztonságára közvetlen veszélyt jelentenek, nincs a fedélzeten tartalék rendszere, műszaki állapota hatékonyan nem állapítható meg.

Az elméleti vonatkozású kérdések tisztázása után el kellett végezni a repülőgépeken a végrehajtott állapotfelmérés elemzését, melynek végső megállapításai az alábbiak voltak:

- A repülőgépek terhelése nagyobb, mint a tervezésnél számított és a repülési tesztekkel vizsgált terhelés, amely alapján az üzemidők megállapításra kerültek;
- ugyanakkor a feltárt hibák, a repülőszerkezeten talált elváltozások nem érintik a teherviselő elemeket, azok csak helyi jellegűek, és így nincsenek hatással a repülés biztonságára,
- mindebből az következik, hogy a feltárt hibák kijavítása után a repülőgépek korlátozás nélkül üzemeltethetők a soron következő műszaki állapotfelmérésig.

Ez a tanulmány és elemzés az üzemidőhosszabbítás és egyben a műszaki állapot szerinti üzemeltetési rendszerre történő áttérés elméleti alapja. Ugyanis ennek alapján meghatározásra kerültek az előzőeken túl mindazok a munkák is, amelyek végrehajtása az állapot szerinti üzemeltetésre való áttérés feltétele volt.

A tanulmány alapján kidolgozásra kerülhettek az ipari javítás nélküli rendszer műszaki dokumentációja, annak új elemeként az 1000 órás felülvizsgálatok. ( A pontosítás és a menetközben felmerült kidolgozási igények munkálatai napjainkban is folynak). Meghatározásra kerültek a kötelezően cserélendő alkatrészek és üzemidős berendezések listája.

Kijavításra kerültek - az üzemidőhosszabbítás érdekében - a műszaki állapot meghatározása során feltárt hibák, továbbá végrehajtásra kerültek az állapot szerinti üzemeltetési rendszerre történő átláshoz előírt munkák.

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.

## Ezzel az állapot szerinti üzemeltetési rendszer keretei megvalósultak.

### **További feladatok:**

A keretek adottá váltak, a konkrét megvalósítás azonban még sok feladattal jár. Csak felsorolás jelleggel álljanak itt azok legfontosabb elemei:

- a műszaki dokumentáció fordítása, kiadása, hatályba léptetése;
- a műszaki dokumentáció, már utólag, feltárt hibáinak, ellentmondásainak kijavíttatása a gyártóval, a módosítások átvezetése a saját dokumentációnkon;
- az üzemidős intézkedés egyeztetése a gyártóval, az ellentmondások feloldása;
- az ARM-OK informatikai támogató rendszer alkalmazásának beindítása;
- felkészülés az 1000 óránál esedékes munkák végrehajtására (2006 elején esedékes), ennek részeként az előírt roncsolás-mentes vizsgálatok előkészítése próbavizsgálatok egy leállított repülőgépen, műszerigény, érzékelő fejek, stb. meghatározása és azok beszerzése;
- a műszaki állapot értékelés módszertanát finomítani, elsajátítani (ARM-OK használata is!);
- kialakítani azt a rendszert, amely képes az új üzemeltetési rendszerben a fenntartási anyag-, alkatrész-, javítási igényeinek kielégítésére. (Mint az előzőkből kiderült a rendszer nem tervezhető a hagyományos módon. A berendezések javítása, cseréje nagymértékben azok műszaki állapotától függ és így pontosan előre nem látható a jövőben felmerülhető igény. Tehát dinamikus rendszerre, a tervezőintézzettel és a szállítóval szoros rugalmas együttműködésre van szükség, mint ahogyan azt a Luftvaffe és a GRIPEN példája világosan megmutatja

### **Epilógus**

Miért? Mi haszna? Mi értelme mindennek?

Mint az már a bevezetőben elhangzott a legfőbb indíték az anyagi források hiányában keresendő. A fent leírt útkeresés nélkül, a hagyományos megoldáshoz ragaszkodva a típus 2002. novemberében leállt volna. A gépek ipari javításához szükséges források töredéke sem állt rendelkezésre. Ebben az időszakban a MiG-29-esen kívül más harcászati repülőgép a Magyar Honvédség rendszerében már nem volt, azaz az ország légtere védtelenné vált volna.

Hogyan alakul az új rendszerben a fenntartás költségigénye?

Nagy kérdés. Várhatóan - a repülőgép teljes élettartamára vonatkozóan. - 40%-os költségcsökkenés érhető el.

A mi viszonylatunkban ez nyilván másképpen néz ki. Mi eddig is alig költöttünk rá, ezt nyilván nem lehet következmények nélkül tovább csökkenteni.

Ez a megoldás komoly hozzáértést, speciális szakmai felkészültséget és igényességet vár el, és feltételez a csapat, javító üzem és minden közreműködő szakembereitől.

A szakemberek előtt azonban - a típus feladásán kívül - csak az állapot szerinti üzemeltetésre történő áttérés volt az egyetlen járhatónak tűnő út.

Talán másoknak is az úgy mellé kellene állnia, hátha ez nem csak a MiG-29-es esetében, lesz elvárás!

Ez a munka igazi, élményt adó mérnöki (és persze nem csak mérnöki, hanem kutatói) munka volt és a továbbvitele ma is az. A munka során szerzett tapasztalatok, a kezünkbe kapott tanulmány elméleti vonatkozásai messze túlmutatnak egy közönsége üzemidőhosszabbítási procedúra keretein. Módszertan, szabványok alkotó alkalmazása, a biztonság és a költségek összhangjának megteremtése és még sok egyéb kérdés tárgya ennek a folyamatnak.

Meggyőződésünk, hogy a megközelítés más szakterület számára is értékes lehet, és az is, hogy a hazai adaptáció további elemzést kíván.