

Vonnák Iván Péter¹

A REPÜLŐESZKÖZÖK DIAGNOSZTIKÁJA, ÜZEMBENTARTÁSA ÉS A GAZDASÁGOSSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI²

*Cikkemben bemutatom a horizontálisan összefüggő üzemeltetési elv gazdasági előnyeit összehasonlítva a vertikálisan behatárolt hagyományos üzemeltetési elvvel, a kizárólagosan a repülőgépipar által meghatározottak szerinti üzemeltetéssel. Ez a repülőgépipar és az üzemeltető szervezetek új együttműködési elve, amely lehetővé teszi repülőtechnika teljes üzemidő tartalékainak, lehetőségeinek kidolgozását és az üzemeltető szempontjából is értékelhető gazdaságossági eredményekhez vezet. Erre a legalkalmasabb a **tényleges műszaki állapot szerinti üzemeltetés**, ahol meghatározó az üzemeltető szervezetek diagnosztikai képessége, fejlettsége, megbízhatósága és kiértékelésre való alkalmassága.*

THE DIAGNOSTICS, MAINTENANCE OF AVIATION TECHNICAL DEVICES IN RELATION TO ECONOMIC

*In my article I wish to demonstrate the economic advantage of horizontally determined principle as compared with the vertically determined traditional that exclusively determined by the aircraft industry. The horizontally determined principle is a new principle in the cooperation of the aircraft industry with maintenance organizations, which make completely to develop aircraft life reserves possible with economic results for maintenance organization. The best suitable for this is **the maintenance of aviation technical devices on effective condition**, based on the perfection diagnostics suitability of the maintenance organizations and ability to do accurate data and aircraft condition evaluation.*

I. ÁLTALÁNOS ÜZEMBENTARTÁSI ELVEK

1. Vertikálisan behatárolt üzemeltetési elv



1. ábra Tervszerű megelőző karbantartás szerinti üzemeltetés egy szigorúan hierarchikus elv

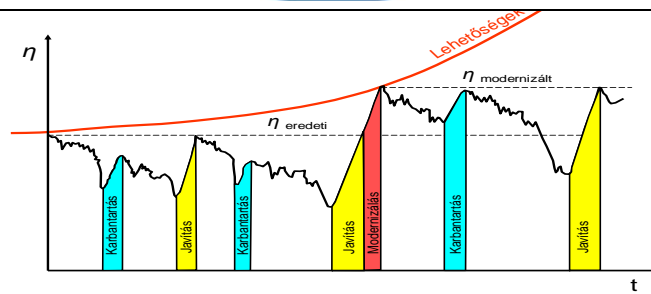
A tervszerű megelőző karbantartás elemei általánosságban:

- karbantartás (a megbízhatósági szint tartása);
- javítás, felújítás (a megbízhatósági szint helyreállítása);
- modernizáció (a tudományos-technikai haladás eredményeinek megfelelően a műszaki jellemzők kedvezőbb szintre való emelése).[8]³

¹ ny. alezredes; vonivpeter@gmail.com

² Lektorálta: Dr. Békési Bertold okl. mk. alezredes, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, bekesi.bertold@uni-nke.hu

³ 22. oldal



2. ábra A karbantartás, felújítás, javítás és modernizáció hatása a repülőtechnika műszaki állapotára [8]⁴

ahol:

- η - műszaki állapot jellemzői;
- η_{eredeti} - vagy tervezett rendszer műszaki megbízhatóság szintje,
- $\eta_{\text{modernizált}}$ - a modernizált rendszer megbízhatósági szintje,
- η_{min} - a típus műszaki megbízhatósági minimuma,
- η_{tq} - a típus teljes megbízhatósági szintje,
- t – a típus erkölcsi elévülési ideje

Az 2. ábrából látható, hogy az általános elemek hogyan befolyásolják a repülőgép műszaki állapotát, de kiolvasható az is, hogy az üzemeltető költségei akkor csökkennek, ha a repülőgép üzemeltetése során a karbantartások és a javítások száma kevesebb, a közöttük eltelt idő, pedig nagyobb. Tekintettel arra, hogy a tervszerű megelőző karbantartás technológiáját a gyártók határozzák meg, az üzemeltetők ettől eltérni nem tudnak, következésképp **az üzemeltetési költségeiket alapvetően a repülőgép gyártója és javítóvállalata határozza meg**. Ugyan az üzemeltetés során kezelt paraméterek a repülőeszköz magas repülés biztonsági szintjét garantálják, de a gyártó a gazdaságos üzemeltetés peremfeltételeit csak a saját szempontjai szerint vizsgálja és határozza meg – sokszor önkényesen és igen nagy biztonsági rátartással – és egyben ezt az üzemeltetőkre kötelező érvényűen rákényszeríti.

A gyakorlatban a gyártóval megkötött szerződés értelmében a repülőgéppark, mint komplett logisztikai rendszeregység kerül átadásra, amelynek kiemelten fontos részét képezi a repülőgépekre előírt „**Tervszerű Megelőző Karbantartás**” üzemeltetési stratégiája.

Nagy általánosságban a repülőeszközök rendszerbeállítása és üzemeltetése három szinten valósul meg:

1. „O” – „operational level” szint: az üzemeltető századnál. A repülés kiszolgálásával összefüggő előkészítő kisebb mélységű, de nagyobb gyakoriságú karbantartási, ellenőrzési munkák.
2. „I” – „intermedial level” szint: a repülőeszköz javító századnál. Nagyobb mélységű ellenőrzések, karbantartási munkák és csapat szintű javítások.
3. „D” – „depot level” szint: ipari javítás. A repülőgépek, valamint az üzemidős és a meghibásodott berendezések ipari javítása.

⁴ 23. oldal

2. Horizontálisan összefüggő üzemben tartási elv

A tudomány és a technika rohamos fejlődése az anyagvizsgálati és a diagnosztikai eszközök, módszerek fejlődését is eredményezte. Ez a repülőgép üzemben tartók számára már megteremtette az érvényben lévő üzemben tartási stratégia megváltoztatásának, ezzel a költségeik csökkentésének lehetőségét.

Ez az **élettartam-költség menedzsment**, az ellátási-lánc menedzsment, azaz a gazdaságossági és a terméktulajdonlási viszonyok megváltoztatását jelenti [7], amely már a felhasználó részére aktív tevékenységre, hatékony beavatkozásra biztosít lehetőséget.

A költségeket a felhasználó vagy vásárló szempontjából három nagy csoportra oszthatjuk:

- beszerzési költségek;
- tulajdonlási költségek;
- modernizálás, nagyjavítás, megsemmisítés vagy ártalmatlanítás költségei.

Az üzemben tartók szempontjából a **tulajdonlási** költségek a meghatározók, mivel ezek a repülőeszközök teljes élettartamát átfogják és működtetési, valamint fenntartási összetevőkből állnak össze. (A repülési szakirodalomban inkább az **üzemeltetési** és **üzembentartási** kifejezéseket használják ezért a továbbiakban én is ezeket fogom alkalmazni.

A repülőtechnikai eszközök **üzemeltetési** ráfordításai jól tervezhetők, mivel azok *a szükséges szerszámok, infrastruktúra, felhasznált fogyóanyagok, a közvetlen élőmunka, a repülőeszközön végrehajtott szerkezeti módosítások, valamint a működtetés során keletkezett hulladék kezelésének költségeiből keletkeznek* [7]⁵. A repülőtechnikai eszközöknél a működtetéshez szükséges fogyóanyagok és üzemanyagok, felhasználása képezi a legnagyobb tételt, amely nagysága az éves használat intenzitásától, vagyis az üzemeltetési (kiképzési) tervekben meghatározott céloktól függ. Az adott peremfeltételek teljesülése esetén ez a költség viszonylag állandó és jól tervezhető.

Az **üzembentartási** költségek alapvetően a megelőző karbantartás, a meghibásodások kijavítása és az alkalmazott műszerek, szerszámok és a működtetés során keletkezett hulladék kezelésének ráfordításaiból tevődnek össze [7]⁶. A megelőző karbantartás és a meghibásodások kijavítása további költségelemekre bonthatók: A munkaerőre, az állásidőre és a tartalék alkatrészek beszerzésére. A megelőző karbantartás technológiáját általában a repülőeszköz gyártója határozza meg, így ennek összege megfelelő pontossággal tervezhető. A meghibásodások kijavításának kiadásai több tényezőtől is függhet. Ezek jellemzésére használható mutatók a két meghibásodás közötti átlagos működési idő (MTBF [8])⁷, a javításokra fordított idő stb., azonban ezek nagymértékben függenek az üzemeltetés feltételeitől, ezért például a repülőeszközök beszerzésekor csak iránymutató, összehasonlító adatként vehetők figyelembe [7].

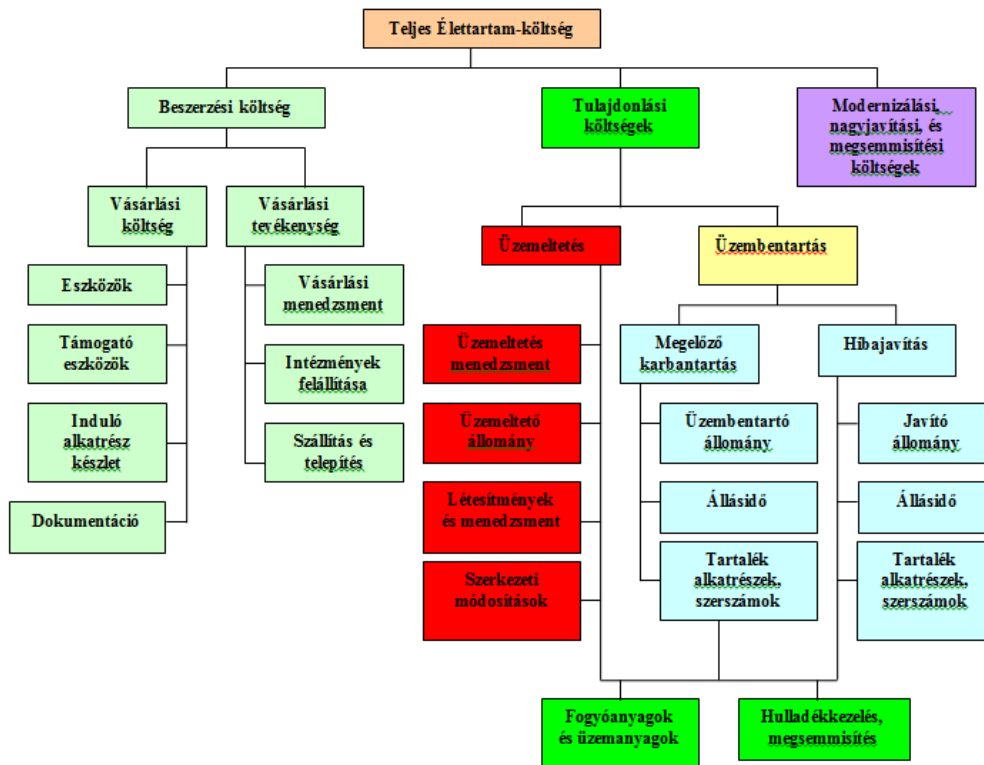
A **modernizálási, nagyjavítási, illetőleg a megsemmisítési költségek**, amelyek közül az első kettő akkor, ha az adott termék használata, üzemben tartása hosszútávon is folytatódik, *jelentősek*

⁵ III. fejezet. [31]

⁶ III. fejezet

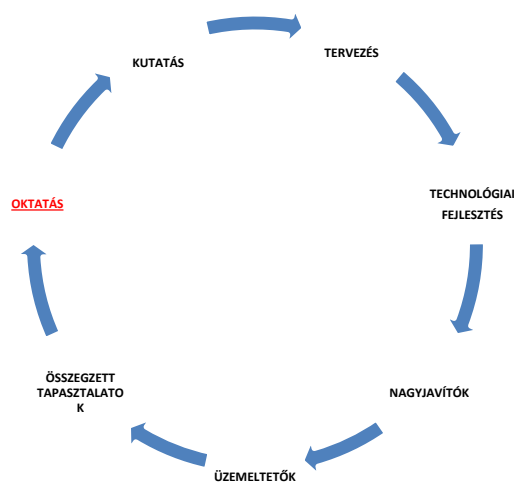
⁷ 322. oldal: MTBF - Mean Time Between Failures

lehetnek⁸, a megsemmisítésé pedig a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások miatt egyre jobban növekedik. A fentiekben részletezett költségösszetevőket az 3. ábrán mutatom be. [7]



3. ábra Az élettartam költségek alapvető összetevői

Az értékelhető eredmények eléréséhez azonban a „szereplőknek” egy új együttműködési kapcsolat rendszert kell felépíteniük (4. ábra):



4. ábra A repülőeszközök életciklusának „főszereplői” „horizontális” kapcsolatrendszere

A gyártó(javító)vállalatok és az üzembentartó szervezetek együttműködése ezen elv alkalmazása esetében is nélkülözhetetlen, de ez a kapcsolatrendszer minőségileg egészen más köve-

⁸ Ez a repülőgépiparban az új eszközök beszerzési költségének 30 - 60%-át, mint a rentabilitás határértékét is elérhetik.

telményeken alapszik és nagyon felértékelődik az üzemeltető szervezetek egymás közötti együttműködése, a kutatás-fejlesztés, diagnosztika és az oktatás. Itt a kezelt paraméterek valós értékeit és a peremfeltételekhez való viszonyát az üzemeltető saját maga vizsgálja(hatja) és elemzi, amely a repülőtechnika teljes üzemidő tartalékainak, lehetőségeinek kidolgozásához és az üzemeltető szempontjából is értékelhető gazdaságossági eredményekhez vezet. Ezt meg csak úgy lehet elérni, ha az üzemeltetés, üzemeltetés folyamatában sikerül szellemi hozzáadott értéket teremteni, hozzáadni, mert manapság a saját repülőgépi iparral nem rendelkező országok üzemeltetőit a gyártók csak primitív bérmunkára kényszerítik. Ebből a helyzetből kitörni pedig a diagnosztikai képességek fejlesztésével lehet csak, ami meg nem lehetséges a képzés, oktatás megfelelő színvonalával. A gyártók nagyon tévednek, amikor az állapot szerinti üzemeltetés látszatával végtelenségig „lebutítják” az üzemeltetővel szembeni követelményeket. **El akarják felejtetni, hogy a repülőeszközök életciklusának biztosítása egy zárt lánc-folyamat, amiben ha van egy gyenge láncszem, akkor az egész lánc lesz olyan gyenge, mint az egyetlen láncszem!** A gyenge üzemeltetési láncolat a gyártó szempontjából bizonyos pontig gazdasági hasznot hoz, de a repülés biztonságát pedig veszélyezteti. Ez olyan ár, amikor már meg kell gondolniuk, hogy nem jobb-e osztozni a hasznon az üzemeltetővel, ami a saját létük meghosszabbítását, fejlődési lehetőségeinek kihasználását is jelentheti.

II. AZ ÜZEMELTETŐ DIAGNOSZTIKAI KÉPESSÉGEINEK HATÁSA AZ ÜZEMELTETÉS GAZDASÁGOSSÁGÁRA

1. A repülőgépi különböző szerkezeti elemeinél használható roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek (NON-DESTRUCTIVE EVALUATIONS):

A Magyar Honvédség Légijármű Javítóüzemében alapvetően az üzem laboratóriumainak szakemberei, a repülőgéppark állapotfelmérésére és állapotváltozásának rögzítésére az alábbi roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereket alkalmazzák [13][14]:

- vizuális ellenőrzések;
- festékpenetráció;
- mágnes-poros;
- röntgen;
- ultrahangos;
- akusztikus-impedanciás;
- endoszkópia;
- örvényáramos.

Az 1. számú táblázatban mutatom be például a MiG-29 típusú repülőgépi sárkányszerkezetének teherviselő elemeinél – a jelenlegi lehetőségek figyelembevételével általam megfelelőnek és alkalmazhatónak ítélt – roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereket. [1][2][6]

Repülőgép szerkezeti eleme:	Roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer (NDE)					
	Optikai (vizuális)	Mágneses	Festék-penetrációs	Röntgen	Ultra-hangos	Örvény-áramos
Monolitikus panelek borítása	☀	⊗	◇	◇	◇	☀
Hosszanti tartóelem készletek	☀	⊗	◇	☀	◇	☀
Hossztartók övlemezei	☀	⊗	◇	☀	☀	☀
Hossztartó gerinc	☀	⊗	◇	⊗	◇	☀
Bordák övlemezei	☀	⊗	◇	☀	☀	☀
Törzskeretek övlemezei	☀	⊗	◇	◇	◇	☀
Törzskeretek gerincelemei	☀	⊗	◇	⊗	◇	☀
Keresztirányú csatlakozó „fittingek”	◇	⊗	⊗	◇	☀	◇
Csatlakozások átkötő elemei	◇	⊗	⊗	☀	◇	◇
Ellenőrzőnyílások megerősített fedelei	☀	⊗	◇	◇	◇	☀
Kivágások rálapoló szegélyei	☀	⊗	☀	◇	◇	☀
Monolit elemek kivágásai rálapoló szegélyei	☀	⊗	☀	◇	◇	☀
Berendezések beerősítési csomópontjai	☀	☀	☀	⊗	☀	◇
Rögzítő-csapok, (tő)csavarok	◇	☀	☀	⊗	☀	⊗
Szegecsek	☀	⊗	☀	⊗	◇	⊗

1. táblázat

Jelmagyarázat: ☀ - széles körben alkalmazható; ◇ - korlátozottan alkalmazható; ⊗ - nem alkalmazható.

Perspektivikus eszközök:

- rezgésdiagnosztika;
- tribológia;
- termográfia;
- radiográfia;
- nyúlásmérő bélyegek [16];
- ultrahangos szivárgásdetektáció;
- nanotechnológia.

A diagnosztikai lehetőségek bővülésére alapozottan a repülőszerkezeteket és hajtóműveiket, közlőműveiket a **ténylegesen állapot szerinti üzemmentartási stratégiának** megfelelően, komplex diagnosztikai egységként, napjainkig csak kevesen vizsgálják. Az eddig közismertté vált állapot szerinti üzemmentartásnak nevezett, de inkább marketing célzatú módszerek egy

fajta költségmegtakarítást eredményeznek. Az ilyen üzemeltetési stratégiákban a repülés biztonságát döntően befolyásoló komplex kockázatelemzés, a sárkányszerkezet, a hajtóművek és közlőművek - helikopterek esetében a forgószárnylapátok - hatékony, minden repülőgéptípusra, hajtóműre és közlőművére egyaránt alkalmazható vizsgálati módszerek nincsenek kidolgozva, csak az adott repülőgépre, a gyártó hosszú távú gazdasági érdekeit kiszolgáló megoldások léteznek. A javítási költségek az új berendezés árának 60%-át is elérhetik, de a gyártók által előírt kötelező javításokat meghatározó üzemidők, működési számok, ciklusok vagy a műszaki-technikai állapotokat meghatározó peremfeltételek jelentős működési tartalékokat hagynak a berendezésekben és a repülőgépben. Ez a javítást végző vállalatok ténylegesen szükséges humán és pénzügyi erőforrás ráfordításait jelentősen lecsökkentik, ami a javítónak nagy nyereséget, a fenntartónak, megrendelőnek pedig fölösleges kiadást, veszteséget jelent. Megítélésem szerint ezért az általuk használt megnevezésével ellentétben és valószínűleg tartalmát tekintve ez nem nevezhető tényleges állapot szerinti üzemeltetésnek. Éppen ezért nagy jelentőséggel bír az, hogy a **tervszerű megelőző karbantartásra épült üzemeltetési stratégia szerint üzemeltetett MiG-29 típusú repülőgéppel rendelkező országok közül elsőnek a világon a Magyar Honvédségnél sikerült gyakorlatban is bevezetni a tényleges állapot szerinti üzemeltetés stratégiáját**, ami jó esélyt ad a Magyar Honvédségnél ma még meglévő magas szintű üzemeltetési kultúra, szellemi kapacitások megőrzésére. Ennek révén úrrá tudunk lenni a kialakult negatív folyamatokon, ami napjainkban sajnálatosan arra irányul, hogy az importból beszerezhető repülőgépeinket, egyre inkább „importált” szakemberek is üzemeltessék. A hazai szakemberekre egyre inkább csak a kevésbé kvalifikált munkálatok jutnak. A magas és állandóan növekvő üzemeltetési költségek mellett élnünk kell a saját szellemi és humán erőforrásainkból adódó előnyökkel, a tényleges állapot szerinti üzemeltetés adta lehetőségekkel, ami jelentős költségmegtakarítást eredményez (ez 30-40%-ot is kitehet, lásd 2. táblázat). E mellett szól az is, hogy a bevezetésével elérhető pozitív eredmények, **repülőgép típustól függetlenül**, bármely jelenleg vagy jövőben rendszerbe állítandó repülőeszközöknél is realizálhatók. Ehhez a diagnosztikai módszereket folyamatosan gyarapítani, modernizálni és egy komplex rendszerbe szükséges integrálni. Az értékelésekhez szükséges adatbázisokat, szoftvereket folyamatosan bővíteni, fejleszteni kell, és így az új üzemeltetési stratégia a gyakorlatban is hatékony, költségta-
karékos megoldást fog eredményezni.

A Magyar Honvédségnél a tényleges állapot szerinti üzemeltetésre történő áttérés csak úgy válhatott lehetővé, hogy az üzemeltető állományunk - ezen belül kiemelten a MH Légijármű Javítóüzem és a Kecskeméti Repülőbázis szakembergárdája - már hosszú ideje nem csak képes alkalmazni a korszerű roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereket, technológiákat, egyéb diagnosztikai eszközöket, hanem az auditált laboratóriumaikban fejlesztik is azokat. Így képesek megalapozott, kellő mélységű, nagy pontosságú és megbízhatóságú műszaki-technikai állapotfelméréseket végezni, amit a repülőgép sárkányszerkezetein magas szintű javítási-helyreállítási tevékenységgel be is tudnak fejezni.

2. ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉS

A helyesen megválasztott és az adott típushoz adaptált diagnosztikai eszközökkel, műszerekkel a repülőgépek, hajtóműveik, közlőműveik és egyéb berendezéseik tényleges műszaki állapota nagy pontossággal meghatározható. Amennyiben a vizsgálatok eredményeit megfelelően képesek vagyunk kiértékelni, akkor megnyílik a lehetőség más, költséghatékony üzemeltetési stratégiák bevezetése előtt.

Az azonos típusú, azonos ledolgozott üzemidővel rendelkező repülőeszközök az üzemeltetési és üzemeltetési tényezők különbözősége miatt jelentősen eltérő műszaki-technikai állapotban lehetnek. Ezért új megközelítési módszerek kidolgozása vált szükségessé, amelyek alapján biztonságosan megállapítható a repülőgépeken végzendő időszakos és javítási munkák mélysége, mennyisége, tartalma és periodicitása. **Erre jelenleg legalkalmasabb a tényleges műszaki állapot szerinti üzemeltetés.** Ismeretes, hogy a repülés biztonságát a repülőgép összes fedélzeti rendszere befolyásolja, de a repülőgép élettartamát is meghatározó legfontosabb elem a sárkányszerkezet. Ahhoz, hogy a repülőgép tényleges élettartama kiszámítható legyen, meg kell valósítani a teherviselő és erőátviteli szerkezetek üzemeltetése során létrejövő elváltozásainak megfelelő kontrolját és ismerni kell az elváltozások időbeni lefolyását. Ennek leghatásosabb módja a szerkezeti elemekben létrejövő repedések kifejlődésének és teherviselő képességükre gyakorolt hatásukat leíró számítási modell felállítása. Így meg lehet állapítani a meghibásodásokkal szembeni érzékenységet, a szerkezetek ellenálló képességét, az első ellenőrzésig lerepülhető időt, a további ellenőrzések ciklusidejét, az össztechnikai üzemidőt, azaz általában az üzemidőket. A fentieknek alapján a Magyar Honvédség MiG-29 típusú repülőgépei sárkányszerkezetén és fedélzeti rendszerein először és úttörőként sikeresen végig lehetett is vinni az állapot szerinti üzemeltetésre történő átállás programját, ami megfelelő adaptációval más repülőgép típusok esetében is eredményesen alkalmazható lesz a jövőben is.

Vizsgálataim szerint a hajtóművek és közlőművek esetében is a működést jellemző paramétereken kívül a vibrációs, a tribológiai és az endoszkópos ellenőrzéseket egy komplex rendszerbe célszerű integrálni. A gyári új vagy ipari javítások utáni állapotukat jellemző, illetőleg az üzemeltetés folyamán keletkezett jellegzetes meghibásodások paraméterértékeit, adatait és a technológiákban még megengedett üzemeltetési paraméterek szélsőértékeit, etalonként kell kezelni. Ezeket az adatokat az aktuális mérések eredményeivel folyamatosan összehasonlítva, már lehetővé válik a hajtóművek és a közlőművek állapotának, valamint működőképességének egyszerű meghatározása, azaz az üzemeltetők érdekeit szolgáló tényleges állapot szerinti üzemeltetés stratégiájának bevezetése.

Ez a kiszolgálási módozat kielégíti a tényleges állapot szerinti üzemeltetési stratégia követelményeit úgy, hogy **egyúttal a repülés biztonsága is javul.** A jelentős humán és materiális erőforrásokat igénylő ipari javítások megszüntetése, a közvetlen kiszolgálási tevékenység egyszerűsítése, a szükséges berendezés és elemcserék számának csökkenése, a javítás közti üzemidők növekedése, ezzel a szükséges munkaráfordítások csökkenése meghozza az elvárható gazdaságossági eredményeket. A számítások azt mutatják, hogy az állapot szerinti üzemeltetés bevezetésével, a költség-elemek átlagosan 34,2%-al, az egy repült órára eső költségek pedig 39,5%-al csökkenhetnek és az elérhető össztechnikai üzemidő nyereség is jelentős: (2. táblázat)

Ez egészen **n•1000 óráig** vagy **n•10 év naptári idő lejártáig** mehet

Ahol az **n = 3-5** [6]⁹

EMLÉKEZTETŐÜL - AZ EREDETI ÖSSZTECHNIKAI ÜZEMIDŐ 2500 ÓRA VAGY 20 ÉV VOLT, SZEMBEN A JELENLEGI 5000 ÓRA VAGY 50 ÉV LEHETŐSÉGÉVEL!

Az üzemmentartási költségek változása:

A MiG-29-es típusú repülőgépek állapot szerinti üzemmentartásának gazdaságossági értékelését az egy repült órára eső költségek összehasonlítása alapján végeztem el. Tekintettel arra, hogy a kiszolgálási rendszerünk alig tér el a gyártó előírásaiban meghatározott üzemmentartási módozattól, így az ő költség-meghatározásuk a hazai viszonyokra is adaptálható volt.

Költségelemek a következők:

- a kiszolgáló állomány személyi és bérköltségei;
- a kenő az üzem és tüzelőanyag költsége (továbbiakban – üzemanyagköltségek);
- az üzemképesség fenntartásának, biztosításának költsége (üzemmentartás);
- a földi kiszolgáló eszközök fenntartási költségei.

Az összehasonlítást az 2. számú táblázatban és az 5. számú ábrán mutatom be.[4;5][6]¹⁰

A üzemmentartási filozófiák egy repült órára jutó költségeinek összehasonlítása:

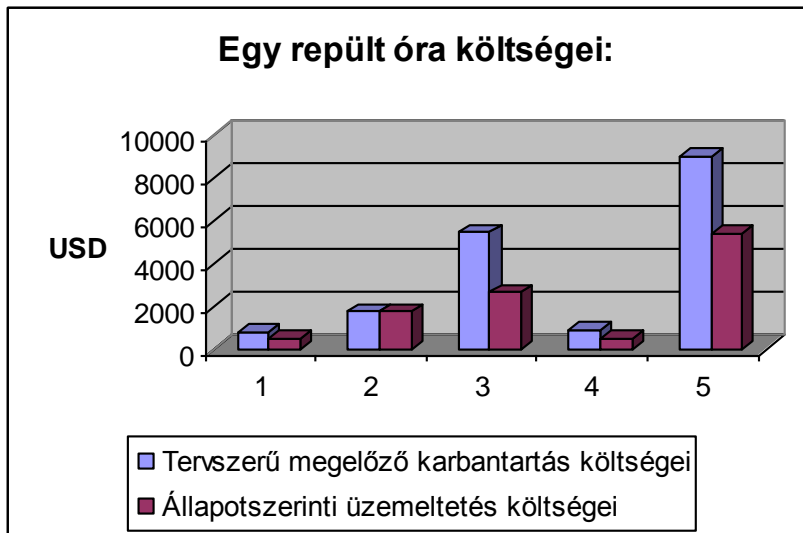
Költségelemek megnevezése	MiG-29 egy repült órára eső költségösszetevők:				Költség csökkenés %-ban
	Tervszerű megelőző karbantartás költségei		Állapot szerinti üzemeltetés költségei		
	USD	Összköltség %-ban	USD	Összköltség %-ban	
a személyi állomány bérköltségei	813	9, 3	491	9, 0	39, 6
a kenő és üzemanyag-költségek	1767	19, 7	1767	32, 6	0, 0
az üzemképesség fenntartásának költségei	5444	60, 8	2657	49, 0	51, 2
a földi kiszolgáló eszközök fenntartási költségei	920	10, 2	497	9,4	46, 0
A költségelemek csökkenése átlagban					34.2
Repült órára eső összesített költségek	8944	100, 0	5412	100, 0	39, 5

2. táblázat

8944USD - 5412USD = 3532USD (csökkenés = 39,5%)

⁹ 166. oldal (megjegyzés: a MiG-29K/KUB estében, a repült időre vonatkozóan az n= 5-7 is lehet)

¹⁰ 158. oldal



5. ábra A különböző üzemeltetési stratégiák egy repült órára jutó költségeinek összehasonlítása
1. a személyi állomány bérköltségei; 2. a kenő az üzem és tüzelőanyag költségek;
 3. az üzemképesség fenntartásának költségei; 4. a földi kiszolgáló eszközök fenntartási költségei;
 5. összesített költségek.

A 2. táblázat és az 5. ábrán látható, hogy az állapot szerinti üzemeltetésre való áttéréssel **a repülőgépek üzemeltetési költségei közel 40%-kal csökkentek.**

A közvetlen kiszolgálás egyszerűsödése következtében az ipar javítások humán erőforrás igénye drasztikusan lecsökkent, így a kiszolgáló személyzethez köthető költségek 39,6%-kal lettek kevesebbek.

Az üzemképesség biztosításának költségei 51,2%-ot, a szükséges földi kiszolgáló eszközök számának csökkenése miatt a fenntartási költségei pedig 46%-ot estek.

A költségek csökkenésének fő okai:

- a jelentős humán és materiális erőforrásokat igénylő ipari javítások megszüntetése, a megbízható ellenőrző és diagnosztikai eszközök és módszerek alkalmazása;
- a közvetlen kiszolgálási tevékenység egyszerűsítése a szükséges munkaráfordítások csökkentése;
- az ellenőrzések megbízhatósági szintjének növekedése, amely lehetővé tette a javítás közti üzemidők megnövelését, ezzel a szükséges berendezés és elemcserek számának csökkenését.

A tényleges állapot szerinti üzemeltetés bevezetése – hangsúlyozottan az üzemeltetők szempontjából – alapvető előnyöket eredményez!

Üzemeltetési stratégia – Üzemeltetési módszerek előírásrendszere, amely lehetővé teszi a műszaki üzemeltetés folyamatának, s azon keresztül a légi jármű üzemállapot-változási folyamatának olyan irányítását, hogy a légi járműnek, mint az üzemeltetés tárgyának üzemi megbízhatósága, repülésbiztonsága az előírt szinten maradjon [8]¹¹.

Üzemeltetés – A haditechnikai eszköz rendeltetésének megfelelő használata, alkalmazása [9]¹².

A légi-jármű létezési formájának összessége, és minden olyan tevékenység, amelyet ezekben a létezési formákban végeznek. Ide tartozik a légi-jármű tárolása, szállítása rendeltetésének megfelelő használata, karbantartása, javítása és e helyzetek bármelyikére való várakozása. (Vagyis mindaz, ami a légi-járművel előállítás után történik.) A légi-jármű létezési formáit üzemeltetési állapotoknak nevezzük [8]¹³.

Üzembentartás – Az üzemképes haditechnikai eszközökre irányuló üzemfenntartási tevékenységek együttese.[9]¹⁴ (Üzemfenntartás nem más, mint állagmegóvás, folyamatos üzemképesség és a megfelelő technikai állapot fenntartása, üzemeltetési tartalék visszaállítása, illetve az eredeti állapotot megközelítő helyreállítása.)

Tervszerű megelőző karbantartás – Tervszerűen, adott üzemidő ciklusonként olyan karbantartási és javítási munkákat végeznek, amelyek célja a meghibásodások feltárása, elhárítása és megelőzése [8].¹⁵

Karbantartási stratégia – Műszaki karbantartási módozat, ami minimális összköltséggel jár és kielégíti az alábbi célkitűzéseket:

- a berendezésben a tervezés eredményeként rejlő megbízhatósági szint fenntartása. Ennél a belső szintnél magasabbat karbantartással elérni nem lehet;
- a megbízhatóság visszaállítása a berendezésben a tervezés eredményeként rejlő szintre, ha romlás következne be. Más szóval, javításnak kell alávetni az egységeket, hogy az eredeti, tervezett megbízhatósági szint helyreállítódjon;
- annak megállapítása, hogy mely egységekben nem kielégítő a megbízhatóság, és a szükséges információ összegyűjtése a gyártó részére, hogy a nagyobb megbízhatóság céljából áttervezhesse ezeket az egységeket. [8]¹⁶

Megbízhatóság – A légi jármű szerkezetének (rendszerének, berendezésének, elemének vagy akár az egész üzemeltetés rendszerének) azon tulajdonságát, hogy előírt funkcióit 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 az időben megőrzi. A megbízhatóság összetett tulajdonság, mely magába foglalja a hibamentességet, a tartósságot, a meghibásodások elleni érzéketlenséget, az ellenőriz-

¹¹ 18; 19. oldalak

¹² 50. oldal

¹³ 13. oldal

¹⁴ 53. oldal

¹⁵ 318. oldal.

¹⁶ 319. oldal

hetőséget, az üzemeltethetőséget, karbantarthatóságot, a tárolhatóságot stb. [8]¹⁷

Repülésbiztonság – A légi jármű rendeltetésének megfelelő használatra való alkalmassága. Azaz a légi jármű maradék üzemideje a tervezett repülési feladat végrehajtására elegendő, amelyen minden előírt karbantartási, javítási és utómunkákat maradéktalanul elvégeztek, amelyeket a repülésre megfelelően előkészítettek, amelyen a repülés megkezdése előtt minden elem, berendezés, rendszer üzemképes, hibátlan állapotban volt, s az előírt követelmények (pl. légköri viszonyok) között fog repülni, milyen valószínűséggel képes maradéktalanul teljesíteni a kitűzött repülési feladatot. Ezt a tulajdonságot egyébként gyakran a repülőgépre „*betervezett repülésbiztonságnak*” is nevezik [8]¹⁸.

Meghibásodás – esemény, amely a hajtóműegység, berendezés, szerkezet előírásos, működőképes állapotának elvesztését jelenti. [8]¹⁹

Üzemképesség – a hajtómű azon állapota, amikor rajta minden előírt karbantartási, javítási és közlőmunkákat elvégeztek. Rendszerei, berendezései, elemei hibátlanul működnek, üzemállapotuk műszaki jellemzői az előírt határok között vannak, s a hajtómű nem érte még el határállapotát, (olyan állapot, melynek elérése után a hajtómű további rendeltetészerű használatra alkalmatlan) és annak eléréséig hátralévő idő lehetővé teszi a repülési feladat végrehajtását. A hajtómű az előírásoknak megfelelően a repülésre elő van készítve [8]²⁰.

Üzemidő – a hajtóművek technikai dokumentációjában rögzített és meghatározott határállapotáig történő üzemidő. [nagyjavításig; javítások közötti (kis; közép; profilaktikus); össztechnikai]. [3]²¹

Össztechnikai üzemidő (valós műszaki élettartam) – Az üzemeltetés (üzembeállítás) kezdetétől számított működési idő, amely alatt légi jármű (hajtómű) eléri azon határállapotát, amikor már semmilyen körülmények között nem üzemeltethető tovább, és nem javítható [8]²². Ezt az üzemidő értéket alapvetően a repülésbiztonsági követelmények, elvárások határozzák meg, de döntően befolyásolják az üzembentartás gazdaságossági tényezői is. [3]²³. Megjegyzés: *Az üzemidőt lehet a Repült idő, Naptári üzemidő, és a Működési szám (pl.: leszállások száma; lövések száma stb.) szerint meghatározni, illetőleg korlátozni.*

Garantált technikai üzemidő (garantált élettartam) – Az üzemeltetés (üzembeállítás) kezdetétől számított működési idő, amelynek leteltéig a tervező és gyártó cégek garantálják (de nem garanciát vállalnak arra), hogy az üzemeltetés tárgya az előírt üzemeltetési körülmények és feltételek mellett biztonságosan használható. A tervező és gyártó cégek az élettartam garantálásakor előírják az általuk jóváhagyott üzemeltetési stratégia kötelező alkalmazását, és fenntartják maguknak a jogot az üzemeltetési rendszer, a stratégia ellenőrzésére, az egyes üzemel-

¹⁷ 98. oldal

¹⁸ 90-91. oldal

¹⁹ 100. és 319. oldalak

²⁰ 99. oldal

²¹ 10. oldal

²² 100. oldal

²³ 10. oldal

tető szervezetek által bevezetendő változtatások felülbírálására [8]²⁴. Megjegyzés: *A repülőeszközök dokumentációjában gyakran ezt az üzemidőt tüntetik fel össztechnikai üzemidőként. Ez a repülőeszköz élete során növekszik, és közelít a valós műszaki élettartamhoz, ami az üzemeltetési tapasztalatok, és a diagnosztikai eszközök fejlődésével szintén növekedhet.*

Az előző két meghatározásnak megfelelően létezik **Karbantartások közötti (időszakos), Javításközi és Garanciális üzemidő.**

Műszaki üzemeltetés – A légi járművek üzemeltetési rendszerének egy alrendszere, amely hivatott biztosítani a légi járművek megfelelő műszaki színvonalát sajátos, szigorúan szabályozott műszaki tevékenységi rendszerével (ellenőrzések, alkatrészcsere, karbantartások, felújítások, szerkezeti módosítások végrehajtását stb.) [8]²⁵.

Tribológia – az egymáson elmozduló alkatrészek kölcsönhatásának, azaz súrlódásának, kopásának és kenésének tudománya [10]²⁶. Megjegyzés: A nemzetközi tudományos világban az 1970-es évektől számít önálló ágazatnak. A gépek élettartamát csökkentő kopás ellen alkalmazott kenőanyagok és szűrők fejlesztése ma már csak a legfejlettebb tudományos és technológiai ismeretek birtokában lehetséges. [11][12]

Endoszkópia jelentése a görög nyelvből – benézés, ami általában az emberi test belsejébe való betekintést jelenti annak megfigyelése céljából, mégpedig egy diagnosztikai műszer, az endoszkóp²⁷ segítségével. Az endoszkóp ipari/technikai (merev) változata a boreszkóp, ami az ipari termékek, zárt szerkezetek belső tereinek megtekintésére szolgál olyan esetekben, amikor a közvetlen megfigyelésre nincs lehetőség²⁸.

²⁴ 100. oldal

²⁵ 14. oldal

²⁶ 1.1. Fejezet

²⁷ Endoszkóp - optikai üvegszálak elmélete alapján készített hajlékony fényvezető cső megvilágítással.

²⁸ <http://hu.wikipedia.org/wiki/Endoszk%C3%B3pia>

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Беда П.И.; Глазков Ю.А.; Шелихов Г.С. и др. Дефектоскопия Деталей при Эксплуатации Авиационной Техники. Справочник. М.: «Воениздат» 1978 г.
- [2] Клюев В.В. и др. Неразрушающий Контроль и Диагностика. Справочник. М.: «Машиностроение» 1995 г.
- [3] Кеба И.В. Диагностика Авиационных Газотурбинных Двигателей. М.: «Транспорт» 1980 г. УДК 629.7.03; 658.562(022)
- [4] Методика Определения Потребных Затрат на Эксплуатацию Авиационной Техники ВВС в Условиях Реформирования МО РФ. В/ч 75360, 2001-100 с.
- [5] Общие Требования к Программе ТО и Р Летательных Аппаратов Военного Назначения. Эксплуатационные Характеристики АТ. Ч.1.; Выпуск № 6405, 1991 г.
- [6] Слободской А.Б.; Ерегин В.В. «Исследования по Обеспечению Перевода Самолетов МиГ-29 ВВС Венгрии на Эксплуатацию по Техническому Состоянию» Технический Отчет ОКБ им. А.И. Микояна и ФГУП РСК МиГ. 18 марта 2002 г.
- [7] Dr. Keszthelyi Gyula A hatásalapú műveletek logisztikával szemben támasztott újszerű kihívása Doktori (PhD) értekezés 2008.
- [8] Dr Rohács József; Simon István Repülőgépek és Helikopterek üzemeltetési zsebkönyve Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989 (ISBN: 963 10 714 7)
- [9] Dr. Turcsányi Károly A haditechnikai biztosítás alapjai (I.) MH ZMKA 1995
- [10] Dr Valasek István, Törös Mihályné Tribológia Képzőművészeti Kiadó 2005 (ISBN [43] <http://mek.oszk.hu/01100/01183/01183.pdf> (1999) 9789633370148)
- [11] <http://www.oerlikonbalzerscoating.com/bhu/hun/02-applications/01-wear-tribology/indexW3DnavidW263.php> (2006-2010)
- [12] <http://wcs.oisz.hu/11675/tribologia-budapest/autotrib-tribologiai-kutato-es-fejleszto-kft.html> (2010 június)
- [13] Gyenes G.-Svehlik J. A roncsolásmentes anyagvizsgálatok (Non-Destructive Evaluation) szerepe és jelentősége a légijárművek állapotfelmérésében, üzemidő hosszabbításában és állapot szerinti üzemeltetésében "Új évezred, új technológia" Tudományos konferencia, Szolnok, ZMNE BJKMK RMI, 2006. április 21. (CD adathordozón kiadva)
- [14] Kavas L. – Dr. Békési L. – Vonnák I. P.: Roncsolásmentes anyagvizsgáló módszerek alkalmazásának tapasztalatai "Új évezred, új technológia" Tudományos konferencia, Szolnok, ZMNE BJKMK RMI, 2006. április 21. (CD adathordozón kiadva)
- [15] Dr Vonnák Iván Péter A repülőtechnika állapot szerinti üzembentartása, mint a katona repülőeszközök fenntartási költségei csökkentésének leghatékonyabb eszköze Doktori (PhD) értekezése 2011. április 14.
- [16] <http://mek.oszk.hu/01100/01183/01183.pdf> (1999)