

## KORSZERŰ ÜZEMELTETÉSI ELJÁRÁSOK ÉS AZOK MÉRHETŐ PARAMÉTEREI

A légi járművet az összes funkcionális elemeivel, egységeivel, berendezéseivel, rendszereivel együtt az üzemeltetés tárgyának tekintjük.

Az üzemeltetés a légi jármű létezési formáinak 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 várakozás. [5]

Az üzemeltetési feladatok ellátását a világon mindenütt erre a célra speciálisan kialakított szervezet végzi, különösen igaz ez a katonai repülőeszközökre. A magyar Honvédségen belül ez a szervezet a Repülő Mérnök-Műszaki Szolgálat (továbbiakban MMSz), mely elnevezésében, felépítésében nagyon hasonlít más országok, hadseregek hasonló szervezeteire (pl.: Aircraft Engeneering, Inwenernaq Aviacionnaq Xluwba).

Az MMSz rendeltetése mindazon szervezeti, technikai feltételek megteremtése, amelyekkel a repülőeszközök műszaki kiszolgálása és javítása biztosítja az eszközök üzemképességét és hatékony felhasználhatóságát.

Ennek megfelelően az MMSz feladatai a következők:

- a repülőtechnika alap- és járulékos rendeltetésének megfelelő légi és földi műszaki üzemeltetési tervének kidolgozása úgy, hogy az optimális munkaszervezés maximális hadrafoghatóságot biztosítson;
- a repülőtechnikára kötelezően előírt előkészítési, ellenőrzési és javítási tevékenység megtervezése a kiképzési és harckészültségi követelmények, a gyártó vállalat előírásai, a helyi, a NATO-előírások valamint ipari karbantartó-javító kapacitás figyelembevételével;
- megfelelő biztonsági intézkedések kidolgozásával és bevezetésével munkahelyi balesetek, repülőesemények, katasztrófák megelőzése illetve következményeinek feltárása a szakhatósággal együttműködve;
- a repülőeszközök műszaki állapotának folyamatos elemzésével olyan intézkedések kidolgozása, melyek mind a gép, mind az egész rendszer működési biztonságát növelheti;
- a repülőeszközök műszakilag helyes légi üzemeltetésének biztosítása;
- az MMSz szervezetéhez tartozó műszaki és hajózási állomány szakkiképzésének szervezése és lebonyolítása;

— az üzemeltetéshez szükséges ellenőrző, mérő- és kiszolgáló eszközök hitelesítése, javítása, karbantartása;

— a repülőeszközök kiszolgálásához szükséges speciális folyadékok és gázok szakszerű tárolásának (szükség szerint tisztításának és előállításának), szállításának és feltöltésének (leengedésének) előírt biztosítása.

E feladatsort csoportosítva az üzemeltetés főbb területei a következők:

— a repülőeszközön megvalósítandó üzemeltetési módszerek és a végrehajtandó műszaki munkák — a gyártóval egyeztetve — megválasztása valamint meghatározása, idesorolva a szükséges repülési idő, műszaki valamint repülésbiztonsági, üzemképességi és harcászati állapottal való biztosítását;

— az üzemeltetés szervezeti és munkaszervezési kérdései, a szakkiképzés megoldása, a személyi állomány kiválasztása;

— a repülést közvetlenül kiszolgáló eszközök problémaköre.

Az üzemeltető tevékenység nem más, mint ellenőrző javítások, karbantartások rendszere, melynek a következő formái ismertek:

— a repülőtechnika kiszolgálása a műszaki állapot magas szinten tartása mellett;

— a repülőtechnika műszaki kiszolgálása;

— a repülőtechnika valamilyen ellenőrző, hibamegelőző, profilaktikus rendszerben történő üzemeltetése.

Ezek a tevékenységek a feladatok jellegének megfelelő szervezeteket és munkamódszereket igényelnek. Az üzemeltetés különböző szervezeteknél, járműveknél, gépeknél egységesen megy végbe, azonban a részfeladatok a helyi sajátosságokat figyelembe véve különbözőek. Ez egy hosszú fejlődés eredménye, amely napjainkban is folytatódik és folyamatosan változik.

## AZ ÜZEMELTETÉS ÉS ÜZEMELTETHETŐSÉG

### Az üzemeltetés módszerei

Az üzemeltetett repülőeszköz alkatrészeit, berendezéseit, szerkezeti elemeit körültekintő vizsgálatok után, különböző üzemeltetési módszerek szerint csoportosítják, és az adott eszköz besorolása alapján azzal a módszerrel üzemeltetik.

Az alkalmazott üzemeltetési módszerek a következők lehetnek:

— üzemeltetés a meghibásodások bekövetkeztéig;

— kötött üzemidő (hard time) szerinti üzemeltetés;

— megbízhatósági szint (condition monitoring) szerinti üzemeltetés;

— folyamatosan ellenőrzött műszaki állapot szerinti (on condition) üzemeltetés;

— szakaszosan, időszakonként ellenőrzött (diagnosztizált) műszaki jellemzők szerinti üzemeltetés.

A *meghibásodás bekövetkeztéig történő üzemeltetés* nem tartalmaz semmilyen karbantartó, javító, ellenőrző tevékenységet, hibafeltáró módszert, de csak következménymentesen meghibásodó szerkezeti elemeknél, berendezéseknél alkalmazható.

A *kötött üzemidő szerinti üzemeltetés* akkor alkalmazható, ha az adott berendezés vagy rendszer műszaki állapotára jellemző adat vagy adatok nem állnak a rendelkezésünkre és nincsen információnk a jellemző üzemeltetési körülmények között az adott berendezés megbízhatóságának meghatározására. Azért nevezzük kötött üzemidejű üzemeltetésnek, mert előre meghatározott üzemidő, repült óra, naptári időszak esetleg leszállásszám teljesítése után végre kell hajtani a karbantartási és javítási munkákat.

*Megbízhatósági szint szerinti üzemeltetés*, ha a meghibásodások gyakorisága egy bizonyos, előre adott szint alatt van, akkor a vizsgált rendszer vagy berendezés rendszeres karbantartás és javítás nélkül is üzemeltethető. Ha a meghibásodások gyakorisága az adott szint fölé nő, akkor el kell döntenünk, hogy milyen üzemeltetési módszer szerint üzemeltetjük tovább az eszközt. Ez az üzemeltetési módszer csak akkor alkalmazható, ha a műszaki üzemeltetési rendszer lehetővé teszi a meghibásodások rögzítését, gyűjtését és folyamatos kiértékelését.

*Szakaszosan és folyamatosan ellenőrzött műszaki jellemzők szerinti üzemeltetési módszer* szerint akkor üzemeltetünk, ha a vizsgált rendszerben beépített, a műszaki jellemzők mérésére szolgáló adók vagy berendezések találhatók. A szakaszos és folyamatos között az a különbség, hogy a folyamatos esetében az említett adóknak, berendezéseknek folyamatos kijelzése van, míg a szakaszos esetében diagnosztikai időket, bizonyos ciklikusságot (szabályosságot) kell előírni. A ciklusidőhöz az ellenőrzött jellemzőknek a megengedett értékét is meg kell határozni, amelytől eltérő, a tűréshatáron kívüli érték esetén az adott eszköz vagy berendezés nem üzemeltethető.

*Állapot szerinti üzemeltetés.* A repülőeszköz berendezéseit, elemeit az adottságok és lehetőségek figyelembevételével a korábban említett üzemeltetési módszerek szerint, csoportosítva üzemeltetjük. Ebben az esetben lehet a legjobban megközelíteni azt, hogy a berendezések, szerkezeti elemek tényleges állapota legyen az üzemeltetési stratégia alapja.

Az alkalmazott üzemeltetési stratégiának minden esetben meg kell felelni az adott repülőeszköz műszaki fejlettségi és technológizáltsági szintjének mind az üzemeltető személyzet, mind a karbantartó, javító üzemek tekintetében. *Üzemeltetési stratégiának* azt az előírásrendszert nevezzük, amely lehetővé teszi a műszaki üzemeltetés folyamatának s azon keresztül a repülőeszköz üzemálla-

pot-változási folyamatának olyan irányítását, hogy a repülőeszköznek, mint az üzemeltetés tárgyának üzemképessége, megbízhatósága, repülésbiztonsága és hadrafoghatósága az előírt szinten maradjon.

Az üzemeltetési stratégia a végrehajtás tekintetében karbantartási és javítási formákra bontható. A karbantartási formák alapvetően két nagy csoportra oszthatók: operatív és időszakos. Az operatívba tartozik a repülés előtti, a repülés utáni, az előzetes, ismételt felszállásra történő felkészítő ellenőrzések. Az időszakos alatt általában valamilyen naptári időszak, vagy repült idő eltelte után végrehajtandó ellenőrzést értjük.

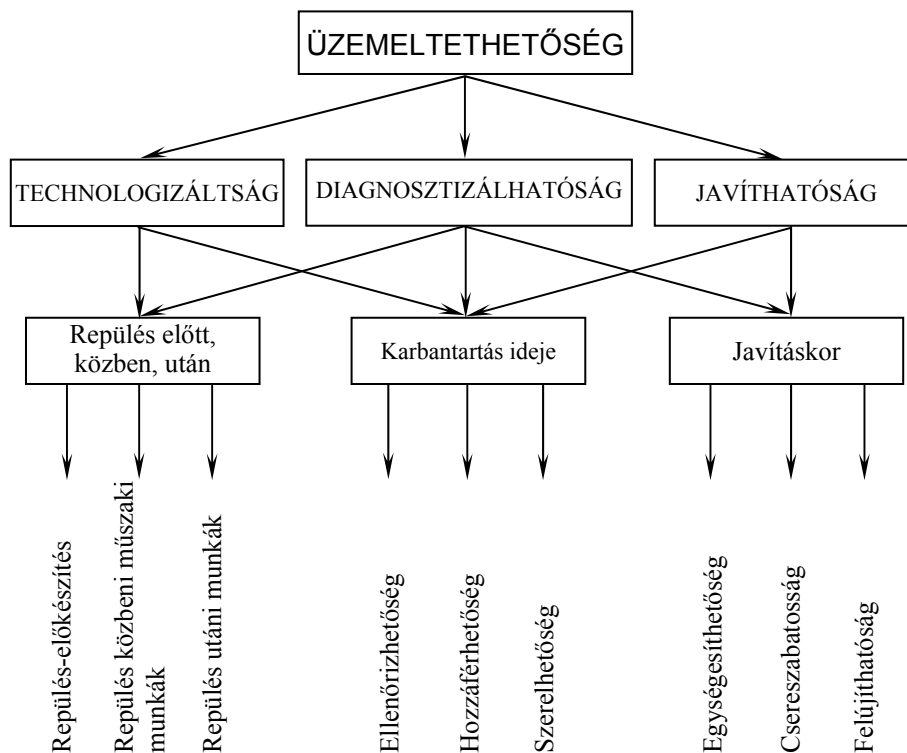
## AZ ÜZEMELTETHETŐSÉG

A repülőeszköz azon tulajdonságát, hogy működőképessége helyreállítható, vagyis a meghibásodásainak keletkezési okai megszüntethetők, valamint következményeik javítással és műszaki karbantartással elháríthatók *javíthatóságának* 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. A műszaki karbantartás és javítás során végrehajtják még az úgynevezett *profilaktikus* és *utómunkákat*. Profilaktikusnak nevezzük azokat a műszaki karbantartási munkákat, amelyek a parametrikus (fokozatos) meghibásodások feltárására és elhárítására hajtunk végre; utómunkának pedig az üzemeltetési tapasztalatok és a feltárt meghibásodások alapján a repülőeszköz megbízhatóságának, üzemeltetési szintjének, javíthatóságának a növelése érdekében végrehajtott egyszerű vagy adott gyakoriságú munkákat.

A javíthatóság mellett értelmezni kell az *üzemeltetési technológizáltság* fogalmát is, ami azt jelenti, hogy egy adott repülőeszköz mennyire alkalmas a műszaki karbantartási munkák valamennyi fajtájának a leggazdaságosabb technológiai eljárások alkalmazásával történő elvégzésére.

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.

Az 1. ábra szerint az üzemeltetési technológizáltság, a diagnosztizálhatóság és a javíthatóság az üzemeltethetőség három fő jellemzője. Ezek alapvetően szerkezeti-technológiai tulajdonságai a repülőeszköznek, amit a tervezés és gyártás során kap meg, de a megfelelően kialakított üzemeltetési rendszer és stratégia jelentősen befolyásolhatják ezeket a tulajdonságokat.



1. ábra.

Az ábrán láthatjuk azt is, hogy az ellenőrizhetőség, a hozzáférhetőség és a szerelhetőség mind egy-egy olyan paraméter, amely megmutatja, hogy az adott berendezés vagy repülőeszköz műszaki karbantartási és javítási munkái során mennyi az adott munka (pl. ellenőrzés), az összes munkának hányadrészét teszi ki. Ugyanakkor az egységesíthetőség, a csereszabatosság és a felújíthatóság a javíthatóság azon paraméterei, amelyek megmutatják, hogy az adott repülőeszköz vagy berendezés egészének vagy egyes részeinek hányad része javítható, hányad része cserélhető ki a műszaki karbantartás és javítás során blokkonként, illetve hányad része cserélhető ki csereszabatos alkatrészek felhasználásával.

Az eddig felsoroltak alapján a repülőeszköz üzemeltetésre való alkalmasságát egyszóval ÜZEMELTETHETŐSÉGNEK<sup>1</sup> nevezhetjük.

<sup>1</sup> Maintainability.

## Az üzemeltethetőség korai kérdései

A repülőeszközök több évtizedes fejlődése szükségszerűen együtt járt a tervezési, gyártási és üzemeltetési folyamat korszerűsödésével. A legjelentősebb fejlődés az egyre drágább és egyre bonyolultabb repülőeszközök hadrendbe állításával következett be. Például a negyvenes években az amerikai légierő egyetlen — a kor követelményeinek megfelelő — harcászati repülőeszközének az ára 100 ezer USD volt, a hatvanas évekre ez elérte az 1 millió USD-t, a hetvenes évekre a 10 millió USD-t, a nyolcvanas évekre a 30 millió USD-t és napjainkra pedig 60 millió USD-t. Ez 60 évre vetítve 600 szoros emelkedést jelent.

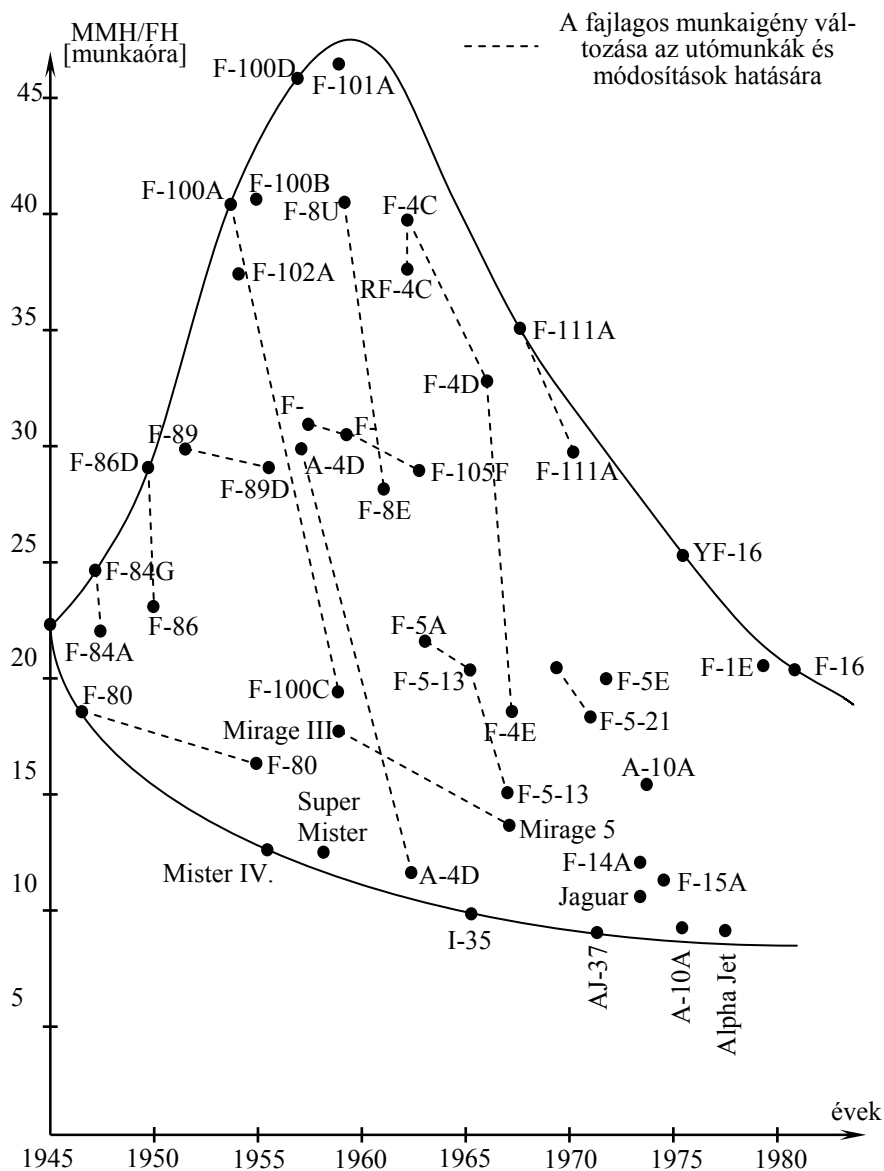
A rendkívül magas bekerülési költség hatására egyre magasabb szintre kellett hozni a repülőtechnika hatékonyságát mind egyetlen eszköz, mind pedig a repülőalakulatok és a légierő tekintetében.

A légierő hatékonyságát két, jelentősen különböző módon lehet növelni. Ezek közül az egyik a repülőeszközök mennyiségi mutatóinak növelésével a minőségi mutatók változatlan hagyásával, a másik ennek szöges ellentéte a minőségi mutatók emelése a mennyiségi mutatók változatlan hagyása mellett.

A repülőeszközök mennyiségi mutatóinak növelése finansziális okok miatt nem járható út, ezt még a jelentős költségvetéssel működő légierők sem engedhetik meg ezt maguknak. Ebből következik — és sok szakértő egybehangzóan állítja —, hogy a legcélravezetőbb a hatékonyság növelése azonos darabszám mellett, ami magában foglalja mind a fegyverek alkalmazásának hatékonyságát, mind a fedélzeti elektronika folyamatos korszerűsítését valamint a sebezhetőség csökkentését. A felsoroltak végrehajtásával növekednek a repülőeszköz harci mutatói, de ezzel egy időben egyre bonyolultabbá is válik az adott eszköz. Ennek következtében pedig egyre több karbantartási, ellenőrzési feladatot kell rajta végrehajtani, ami növeli az állásidőt, amit a repülő nem hadrafogható állapotban a földön tölt. Például az amerikai légierőben a II. világháború utáni másfél évtizedben az egy repült órára fordított munkaórák száma 45–60 órára növekedett (lásd a 2. ábrát).

Az egy repült óra biztosításához szükséges műszaki karbantartási és javítási munkaórák számának növekedése negatívan hatott a repülőalakulatok harckészültségére és már az ötvenes években a repülőeszköz harci hatékonyságára gyakorolt hatása összemérhető volt a repülőeszköz harcászati technikai jellemzőinek hatásával. Mindezek következtében nagymértékben megnövekedett a repülőeszközök karbantartási és javítási költsége, a hatvanas évekre, 8–10 év üzemidővel számolva, elérte a repülőeszköz beszerzési költségének a 150–200%-át.

Azok a kísérletek, melyek a költségek és a ráfordított idő csökkentését keresték a megbízhatósági jellemzők növelésével, nem hoztak megfelelő eredményt, mert a 100%-os üzemképességet lehetetlen elérni, a fontosabb berendezések és alkatrészek beraktározása még továbbbonyolította a műszaki karbantartás és javítás rendszerét és továbbnövelték — a már amúgy is igen magas — költségeket.



2. ábra.

A munka jobb szervezésével rövidíteni lehet a repülőtechnika műszaki karbantartási és javítási idejét. Ugyanakkor ezen az úton a lehetőségek korlátozottak, mert harci körülmények között az ellenség támadása és a tartalék reptérre történő áttelepülés nagyon megnehezíti a műszaki karbantartás és javítás magas

színvonalon tartását. Ezen kívül a karbantartás és javítás intenzitását nagymértékben befolyásolja a repülőeszköz konstrukciója is.

A hatvanas évek elején a szakemberek figyelme a műszaki karbantartás és javítás minőségének javítására irányult és a repülőgépgyártók megtették az első lépéseket, hogy a repülőeszközök konstrukciós kialakításával alkalmasabbá tegyék azt a karbantartási és javítási munkák elvégzésére. Ezek a kísérletek rámutattak a repülőtechnika konstrukciós kialakításában rejlő kiaknázatlan lehetőségekre, hogy rövidíteni tudják az egy repült órára fordított karbantartási időt. A kísérletek eredményeképpen az F-100A típusú repülőgépen végrehajtott módosítások és utómunkák következtében a műszaki karbantartásra és javításra fordított munkaórák száma az egy repült órára vetítve lecsökkentek 40 óráról 19,5 órára. Hasonlóképpen végrehajtott utómunkák és módosítások végrehajtása az F-111A vadászbombázón 20%-kal csökkentették az egy repült órára fordított karbantartási és javítási időt és ennek következtében csökkentették az 500 db-ból álló repülőgéppark 10 éves üzemidőre számított költségét 92 millió USD-vel.

Ugyanakkor e módosítások és utómunkálatok a már üzemben lévő repülőeszközökön jelentősen megnövelték az idő-, eszköz- és munkaráfordítást, ezzel növelve az üzemidő költségét. Ezért felvetődött, hogy a repülőeszközöket már a tervezés stádiumában úgy kell kialakítani, hogy a műszaki karbantartási és javítási munkaórák egy repült órára vetítve ne haladjanak meg egy bizonyos elfogadható szintet. Ennek a problémának a megoldásában a vezető szerepet a repülőgépipar játszotta. Az amerikai légierő tudományos kutató központjai és laboratóriumai a műszaki karbantartási és javítási módszerek kidolgozásával foglalkoztak, hogy emelkedjen az üzemeltetés és a javítás színvonala és minősége.

A hatvanas évek elején megjelentek az első szabványok, melyek útmutatást adtak a tervezés stádiumára, hogyan lehet a repülőtechnika üzemeltethetőségét javítani. Az 1962. 03. 23-ai MIL-M-26512B szabvány volt az első hivatalos dokumentum, amely már a kidolgozási szerződések idejétől kezdve előírta az üzemeltethetőség mennyiségi mutatóit.

Az üzemeltethetőség meghatározásával foglalkozó első szabvány a MIL-STD-778B volt, amely az üzemeltethetőség fogalmával és meghatározásával foglalkozott. Megjelenése után jelentősen megváltozott a repülőtechnika tervezési stádiumban történő kiválasztásának módszere, mert nagy figyelmet fordítottak az üzemeltethetőség mennyiségi és minőségi mutatóira.

A hetvenes évek elején a korábbi kutatási eredmények és tapasztalatok alapján az USA védelmi minisztériuma megalkotta a MIL-STD-470/471/472/473 és az AFSC 80-9 szabványokat. Ezek a dokumentumok már pontosan meghatározták az üzemeltethetőség fogalmát és mennyiségi mutatóit.

Az üzemeltethetőség javítása területén bevezetett rendszabályok elvezettek ahhoz, hogy a repülőtechnika bonyolultabbá válása ellenére az egy repült órára fordított munkaóra nem növekedett, sőt még csökkenést is mutatott (lásd a 2. ábrát).

A napjainkban meglévő és folyamatban lévő fejlesztéseket ezredfordulón túlmutató tudományos igényű 1985-ben kiadott „R & M 2000” program szabályozza.

## Az üzemeltethetőség mérhető paraméterei

Az előző részekben megismerkedhettünk az üzemeltethetőséggel és a hozzátartozó fogalmakkal. Most vizsgáljuk meg milyen mérhető paraméterei vannak, amelyek segítségével érzelmek nélkül összehasonlíthatunk repülőeszközöket úgy, hogy közben képet kapunk annak fejlettségi szintjéről is. Ezek a számítható jellemzők fontosak a korszerű üzemeltetés megvalósítása szempontjából.

Ilyen számszerű jellemző a *fajlagos munkaigény*, amely a következő összefüggés szerint számítható:

$$\text{MMF/FH} = \frac{(\overline{M}_{ct} F_c P_c + \overline{M}_{ft} F_f P_f) K + (\overline{M}_{pt} F_p P_p)}{N} \quad (1)$$

MMF/FH<sup>2</sup> — karbantartás, javítás fajlagos munkaigénye egy repült órára vonatkoztatva munkaórában kifejezve<sup>3</sup>;

$\overline{M}_{ct}$ ;  $\overline{M}_{ft}$  — a meghibásodások közepes, aktív javítási ideje állóhelyen vagy csapat (tábori) javítóbázison;

$F_c$ ;  $F_f$  — csapat (tábori) javítóbázison kijavított meghibásodások száma;

$P_c$ ;  $P_f$  — csapat (tábori) javítóbázison egy meghibásodás kijavításához szükséges átlagos műszaki személyzet létszáma;

K — a berendezések földi üzemidejét figyelembe vevő együtttható ( $K \geq 1$ );

$\overline{M}_{pt}$  — a tervezett műszaki karbantartások közepes, aktív végrehajtási ideje;

$F_p$  — N repült óra biztosításához tervezett műszaki kiszorgások száma;

$P_p$  — egy tervezett karbantartás végrehajtásához szükséges műszaki személyzet létszáma;

N — a vizsgált naptári időszakban végrehajtott repült órák száma.

Az MMF/FH mutatót alkalmazhatjuk még egy konkrét repülőeszköz kiszorgálásához szükséges műszaki személyzet létszámának meghatározására, a kiszorgási folyamat termelékenységi mutatóinak értékelésére, a műszaki személyzet kvalifikáltságának ellenőrzésére és a repülőeszköz alkalmazási hatékonyságának vizsgálatára továbbá egyéb értékelésekre.

<sup>2</sup> Maintenance Man-Hour per Flying Hour — Karbantartás, javítás fajlagos munkaigénye egy repült órára.

<sup>3</sup> A mértékegység meghatározásakor a DR. ROHÁCS JÓZSEF–SIMON ISTVÁN: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve 25. oldalán található mértékegységet vettem alapul.

A repülőeszköz állásidejének felső határértékeit — többek között a gyenge munkaszervezésből és anyagellátásból adódókat is — megadhatjuk a készült-ségi együtthatók  $A_i$ ;  $A_a$ ;  $A_o$  segítségével.

$A_i$  — *meglévő készületi fok*. A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi ki, hogy az előírásoknak megfelelően, ideális körülmények között (a kiszolgáló eszközök a pótalkatrészek és a műszaki személyzet állandó megléte mellett) üzemeltetett repülőeszköz — a tervezett és a megelőző karbantartási munkák figyelmen kívül hagyásával — milyen valószínűséggel üzemeltethető meghibásodás nélkül egy meghatározott időintervallumban:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

ahol:

$MTBF^4$  — a vizsgált üzemeltetési időszak meghibásodásai közötti átlagos idő;

$MTTR^5$  — egy meghibásodás kijavításához szükséges idő.

Gyakorlatilag az  $A_i$  értéke a repülőeszköz meghibásodás nélküli üzemelésének valószínűségét jelenti.

$A_a$  — *elért készületi fok*. A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi ki, hogy egy rendszer vagy egy berendezés milyen valószínűséggel üzemeltethető ideális körülmények között meghibásodásmentesen. Az  $A_a$  kiszámításakor csak az aktív állásidőt vesszük figyelembe. A munkaszervezés és az anyagellátás hibájából keletkezett állásidőt figyelmen kívül hagyjuk. Ennek megfelelően a kiszámítás a következő képlet alapján történik:

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} \quad (3)$$

ahol:

$MTBM^6$  — a vizsgált időszak egy-egy javítási és karbantartási fajtája között eltelt átlagos idő;

$M$  — egy karbantartásra és javításra eső átlagos, aktív állásidő.

$$M = \frac{\overline{M}_{ct} f_c + \overline{M}_{pt} f_p}{f_c + f_p} \quad (4)$$

ahol:

$\overline{M}_{ct}$  — közvetlenül egy javításra fordított átlagos, aktív idő;

$\overline{M}_{pt}$  — közvetlenül egy profilaktikus munkára fordított átlagos, aktív idő;

---

<sup>4</sup> Mean Time Between Failure

<sup>5</sup> Mean Time To Repair

<sup>6</sup> Mean Time Between Maintenance

$f_c$  — a meghibásodások száma;  
 $f_p$  — a profilaktikus munkák száma.

Abban az esetben, ha a vizsgált üzemeltetési időszakban semmilyen tervezett munka nem kerül végrehajtásra, akkor az  $A_a$  kiszámítása során a képletben a MTBM helyett MTBF-et alkalmazunk.

$$A_a = \frac{MTBF}{MTBF + M} \quad (5)$$

$A_o$  — *üzemeltetési készenléti fok*. A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi ki, hogy az adott repülőeszköz valós körülmények között milyen valószínűséggel üzemeltethető meghibásodás nélkül, egy meghatározott időintervallumban.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (6)$$

ahol:

$MDT$ <sup>7</sup> — a karbantartásra és javításra fordított átlagos állásidő, amely figyelembe veszi a munkaszervezés és anyagellátás hibájából származó állásidőket is. Másképpen fogalmazva az MDT nem más, mint a repülőtechnika hadrafoghatatlan állapotban töltött ideje.

Az  $A_i$  és az  $A_a$  értékei az MTTR-en keresztül közvetetten függenek az üzemeltethetőségtől és az értékeik segítségével osztályozható az üzemeltethetőség szintje. Az  $A_o$  nem csak a konstrukcióban rejlő üzemeltethetőséget jellemzi, hanem a műszaki kiszolgálás és javítás szervezettségének az effektivitását is.

Az  $A_o$  meghatározott értéke vadász- és vadászbombázó-repülőgépek esetében 0,70–0,85; harcászati támogató repülőgépekre 0,80–0,90; vegyes használatú helikopterekre 0,72–0,86; míg harci helikopterekre 0,80–0,90 értékek között van. [2]

## AZ ÜZEMELTETHETŐSÉG EGYENLETE

### Az üzemeltethetőség követelményeinek megfogalmazása

Egy adott repülőeszköz tervezése során a technológizáltság és a javíthatóság mennyiségi mutatóit meghatározzák mind a repülőeszköz összességére, mind az egyes rendszerekre és berendezésekre külön-külön.

Az egyik legfontosabb előfeltétele a technológizáltság és a javíthatóság paramétereinek kiválasztásánál és meghatározásánál az adott különálló blokkokra az üzemeltetési követelmények és a funkcionalitás megfogalmazása.

---

<sup>7</sup> Mean Down Time

Minden blokk műszaki karbantartáshoz és javításhoz fűződő viszonyát annak a teljes eszköz harc-készültségére (működőképességére) gyakorolt hatásával jellemezhetjük. Például valamilyen blokk többszintű duplikálással és megfelelő üzembiztonsággal rendelkezik, akkor annak műszaki karbantartási és javítási szintjéről már nem érdemes szót ejteni.

Gyakorlatban az *üzemeltetési készenléti fok*, a *megbízhatósági szint* és az *üzemeltethetőség* között a következő összefüggés írható fel:

$$A_0 = f(R_{\text{meg}}, M) \quad (7)$$

ahol:

$R_{\text{meg}}$  — a megbízhatósági szint;

$M$  — az üzemeltethetőség.

Ennek megfelelően a repülőeszköz valamennyi elemét, rendszerét és berendezését az üzemeltetési követelmények és a funkcionális fontossága szerint csoportosítjuk.

Az *üzemeltetési* követelményeknek megfelelően:

$A_{\bar{u}}$  — a berendezésnek a teljes harcfeladat során folyamatosan működnie kell;

$B_{\bar{u}}$  — a berendezésnek periodikus rendszerességgel kell üzemelni;

$C_{\bar{u}}$  — a berendezésnek ritkán, esetenként kell működnie.

A *funkcionális* fontosság szerint megkülönböztetünk:

$A_f$  — a berendezés üzemképessége folyamatos kell, hogy legyen;

$B_f$  — a berendezés üzemképessége fontos, de annak csökkenése nem befolyásolja a repülőeszköz harci hatékonyságát, ha a hiba kijavítása nem igényel 4 óránál többet;

$C_f$  — a berendezés meghibásodása nem hat a harci hatékonyságra és nem szükséges annak azonnali javítása.

Az önálló blokkal szemben támasztott üzemeltetési követelményeket nem lehet mindig hozzákapcsolni a technológizáltság és a javíthatóság követelményeihez.

A berendezések, blokkok üzemeltetési követelményei és a funkcionális fontossága meghatározza azok megbízhatósági mutatók kiválasztását. Például egy „ $A_{\bar{u}}$ ” kategóriás berendezés vagy blokk esetében az üzemeltethetőségi mutató a meghibásodások közötti átlagos idő (MTBF) lesz. Ha a berendezés üzemeltetési követelménye periodikus „ $B_{\bar{u}}$ ” típusú, vagy eseti „ $C_{\bar{u}}$ ” típusú, akkor a berendezés megbízhatósági mutatója a meghibásodás-mentes működés valószínűsége  $R(t)$  lesz az adott időintervallum alatt.

Az üzemeltethetőség mutatóinak megválasztásakor meghatározó tényezőnek tekintjük a rendszer harc-készültségi szintjét és a berendezés funkcionális fontosságát. Mivel a készültségi együtthatók  $A_i$ ,  $A_a$ ,  $A_0$  nagymértékben függenek a műszaki karbantartás és javítás végrehajtásához szükséges állásidőtől, ezért a technológizáltság és javíthatóság elsődleges mutatójának a műszaki

karbantartás és javítás munkaigényét vesszük. Az alacsony funkcionális fontosságú — „C<sub>f</sub>” típusú — blokkok esetében nem kell kiemelt figyelmet fordítani az üzemeltethetőség mutatóinak biztosítására. E blokkok esetében az üzemeltethetőség mutatója a teljes állásidő (MDT) lesz, ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy az üzemeltethetőség szintjének megválasztása véletlenszerű jelleget hordoz magában. Ha bármilyen korszerűsítés, amely növeli a „C<sub>f</sub>” típusú berendezés üzemeltethetőségét, és nem kerül jelentős idő- és eszköz-ráfordításba, azt feltétlenül végre kell hajtani, hogy csökkenteni lehessen az üzemeltetési folyamat alatt műszaki karbantartásra és javításra fordított összes időt. Az „A<sub>f</sub>” és „B<sub>f</sub>” típusú berendezések esetében az üzemeltethetőség mutatójaként az egy meghibásodás kijavításához szükséges időt (MTTR) vesszük.

A következő táblázat a megbízhatósági és a helyreállítási szintek különböző kombinációjában ad tájékoztatást az üzemeltetési követelmények és a funkcionális fontosság szerint.

A megbízhatósági és a helyreállítási szintek különböző kombinációi 1. táblázat

Üzemeltetési követelmények	A <sub>ü</sub>	B <sub>ü</sub>	C <sub>ü</sub>
Funkcionális fontosság			
A <sub>f</sub>	MTBF, MTBR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje	MTTR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje	MTTR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje
B <sub>f</sub>	MTBF, MTBR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje	MTTR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje	MTTR, adminisztrációs idő, az anyagi-technikai biztosítás ideje
C <sub>f</sub>	MTBF, MDT	MDT	MDT

Ezenkívül alkalmazunk még egy sor technológizáltsági és javíthatósági paramétert, amelyek függetlenek a berendezés funkcionális fontosságától. Ezek a következők:

$\bar{M}_{ct}$  — közvetlenül egy javításra fordított átlagos, aktív idő;

$\bar{M}_{pt}$  — közvetlenül egy profilaktikus munkára fordított átlagos, aktív idő;

$\tilde{M}_{ct}$  — közvetlenül egy javításra fordított középideje;

$M_{max}$  — egy javítás maximális, várható ideje;

MMF/FH — karbantartás, javítás fajlagos munkaigénye egy repült órára vonatkoztatva munkaórában kifejezve;

A 2. táblázatban a műszaki karbantartás és javítás három szintjére láthatjuk a paramétereket, amiket annak mennyiségi mutatóinak kiszámításához alkalmazunk.

A műszaki karbantartás és javítás szintjei

2. táblázat

Csapat szintű műszaki kiszolgálás	Csapat javítóbázisán végrehajtott javítás	Üzemi (gyári) javítás
$\bar{M}_{ct}$	MMH/FH (A kiszolgálás feladata)	Technologizáltság és javíthatóság mennyiségi mutatóit nem határozzák meg
$\bar{M}_{pt}$		
$\tilde{M}_{ct}$		
$M_{max}$		
MMF/FH		
$\bar{M}_{ct}$ és $M_{max}$		
$\tilde{M}_{ct}$ és $M_{max}$		

A 3. táblázatban a különböző feltételeket láthatjuk, amelyek befolyásolják a technologizáltság és javíthatóság mutatóit.

A technologizáltság és javíthatóság mutatóinak feltételei

3. táblázat

***	A feltételek tartalma
Feltételek	
1.	Kritikus készültség (fontos faktor)
2.	Nem kritikus készültség
3.	Nem ismerjük a műszaki kiszolgálás idejének eloszlását
4.	A műszaki kiszolgálás időeloszlási görbéje nem mutat eltolódást jobbra, köszönhetően az egyszerű konstrukciónak; egyszerű műszaki kiszolgálási elvek és struktúrák; kialakult mindenoldalú, gyakorlati diagnosztika
5.	A műszaki kiszolgálás közepes idejének eloszlási görbéje feltételezhetően normál logaritmikus vagy jobbra eltolódott eloszlást mutat
6.	A technikai kiszolgálás elhúzóda korlátozza az üzemeltetés feltételeit
7.	A személyi állomány eloszlása másodlagos (mellékes) jelentőségű

\*\*\* Üzemeltethetőség mutatói

Minden konkrét esetben meg kell határozni a létező rendszerben a feltételeket, hogy kiválaszthassuk a technologizáltság és javíthatóság mutatóit, majd ezután pedig a 4. táblázatból meghatározzuk annak paraméterét. Ehhez szükségünk van valamelyik oszlop kijelölésére, amelyik meghatározza számunkra a keresett paramétert. Például, ha a készültség igen fontos jellemző (1. feltétel), nem ismerjük a műszaki kiszolgálás idejének eloszlását (3. feltétel) és a technikai kiszolgálás elhúzóda korlátozza az üzemeltetés feltételeit (6. feltétel), akkor az oszlop, amely tartalmazza a fent felsorolt feltételek jeleit megmutatja nekünk, hogy az üzemeltethetőség mutatója ebben az esetben:

$$\bar{M}_{ct} (\bar{M}_{pt}) \text{ és } M_{max}$$

Az üzemeltethetőség mutatói

4. táblázat

***	$\bar{M}_{ct}, \bar{M}_{pt}$	$\tilde{M}_{ct}$	$M_{max}$	MMH/FH	$\bar{M}_{ct}, M_{max}$ $\bar{M}_{pt}, M_{max}$	$\bar{M}_{ct}, M_{max}$
Feltételek						
1. feltétel	x x x				x x x x x	x
2. feltétel		x X	x	x		x
3. feltétel	x	X			x x	
4. feltétel	x				x x	
5. feltétel		x	x			x x
6. feltétel					x x x x	x x
7. feltétel						

\*\*\* Üzemeltethetőség mutatói

Az ilyen módon kiválasztott mutatók nem mindig a leoptimálisabbak. Ennek az az oka, hogy a kiválasztáskor nem vettük figyelembe az összes feltételt. A gyakorlatban az üzemeltethetőség mutatóinak kiválasztásakor kiegészítő feltételeket, a konkrét rendszerhez tartozókat, is figyelembe kell vennünk.

## ÖSSZEGRÉS

A nagy repülőeszköz-gyártók milliárdokat költenek tudományos kutatásokra és kísérletekre, hogy a már rendszerben lévő és a csak tervező asztalon létező repülőeszközök hatékonyságát növeljék. Igaz ez ugyanúgy a polgári és a katonai repülés résztvevőire egyaránt, mert a pénz az mindenütt pénz.

A repülőeszközök műszaki karbantartás és javítás hatékonyságának a növekedése nagyon összetett feladat és nagy figyelmet kell fordítani a következőkre:

- minden egyes repülőeszköz hatékonyságának a növelése a javításban töltött állásidő, a karbantartásban és javításban, időszakos felülvizsgálatokon töltött idők csökkentésével;
- a repülés biztonságának növelése.

A felsorolt feladatok megvalósításának lehetséges módjai:

- a repülőeszközök üzemeltetési módszereinek folyamatos újítása;
- a repülőeszköz tervezett karbantartási munkáinak és azok végrehajtási módszereinek folyamatos korszerűsítése;
- a repülőeszköz műszaki üzemeltetése és javítása során kialakult információáramlás folyamatos gyorsítása és korszerűsítése.

Egy meglévő repülőeszköz esetében, egy új üzemeltetési eljárás bevezetése egy új, minőségibb szakaszt nyit meg a repülőeszköz teljes műszaki karbantartási és javítási rendszerében. Nagymértékben befolyásolja a repülőeszköz üzemeltetési jellemzőinek korszerűsítést és időszakos karbantartások és javítások minőségét. A nyugati polgári repülés tapasztalatai a korszerűbb üzemeltetési eljárás-

ra történő átmenet esetében jelentős eredményeket mutatnak, gyökeresen megváltoztatták a repülőeszközök üzemeltetési jellemzőit.

Az üzemeltetési jellemzők korszerűsítése egy új irányban kezdett el fejlődni. Az elsődleges feladat a repülőtechnika technológizáltságának összhangba hozása a korszerű üzemeltetési eljárásokkal. Azaz a technológizáltság legideálisabb és leghatékonyabb megvalósítása a megbízhatósági szint szerinti üzemeltetés biztosításához, amely a magas fokú hatékonyságban, következménymentes meghibásodásokban és magas fokú hatékonyságban nyilvánul meg.

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] BÉKÉSI BERTOLD: A repülőszervezetek műszaki karbantartása. Repüléstudományi közlemények, Szolnok, 1999/3. p. 93–103.
- [2] DR. ÓVÁRI GYULA: A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok valamint NATO-csatlakozásunk figyelembevételével. A légierő fejlesztése. Tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium Oktatási és Tudományos szervező Főosztály, Budapest, 1997. p. 9–127.
- [3] DR. ÓVÁRI GYULA: Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdaságossági-hatékonysági kérdései. A harcászati repülőgépek fejlesztésének szükségessége és lehetősége. Konferencia, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1998. p. 33–70.
- [4] DR. PETÁK GYÖRGY: A repülőtechnika üzemeltetése és javítása. Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok, 1981.
- [5] DR. ROHÁCS JÓZSEF–SIMON ISTVÁN: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.