

Dr. Békési Bertold

A MEGBÍZHATÓSÁG LEGGYAKRABBAN HASZNÁLT MÉRŐSZÁMAI

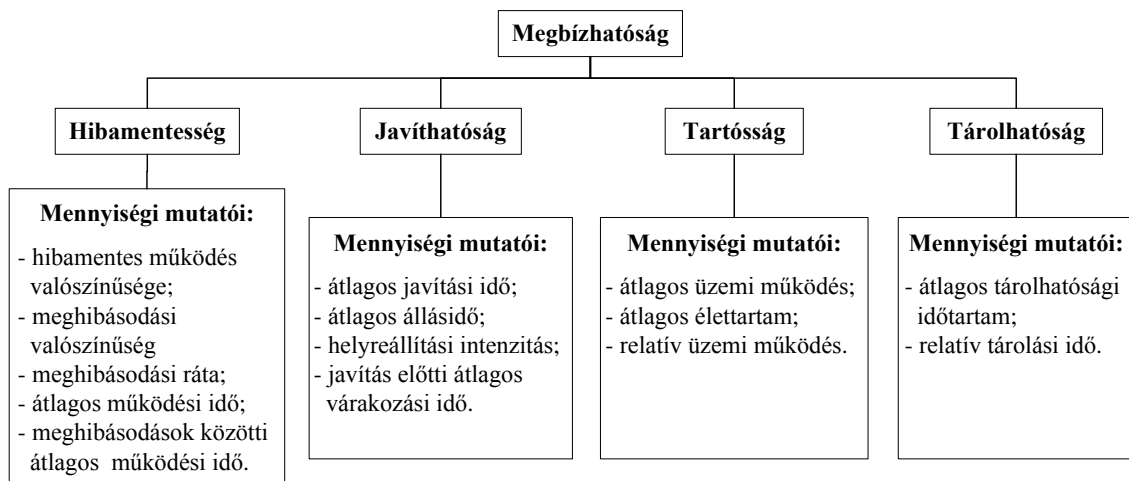
A műszaki karbantartás elmélete és gyakorlata a repülőgépek viszonylag rövid 90 éves fejlődése alatt nagymértékben kiszélesedett. Az üzemeltetést a kezdeti időszakban az esetlegesség jellemezte. Ekkor még többnyire az emberek odaadásán és tapasztalatán múlt, hogy milyen szinten képesek a gépek karbantartását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

Az üzemeltetés mindig valamilyen – emberek, előírások és eszközök alkotta – összetett rendszerben valósul meg. Ennek megbízhatóságán azt a tulajdonságot értjük, hogy az adott rendszer megfelelő módon képes kezelni a fellépő kockázatokat

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

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

Kezdetben a műszaki megbízhatóság fogalmát a **hibamentes működés valószínűségével** azonosították (pl. első meghibásodásig működő berendezések). A megbízhatósági vizsgálatok fejlődése a 70-es évek környékén előtérbe helyezte a rendszerek megbízhatóságának elemzését. A vizsgálatok eredményei alapján bebizonyosodott, hogy a megbízhatóság magába foglalja a **hibamentesség**, a **tartósság**, a **javíthatóság** és a **tárolhatóság** fogalmát is. Hiszen a korszerű, rendszerektől a felhasználó nemcsak az adott időtartam alatti hibamentes működést követeli meg, hanem azt is, hogy a rendszer az előírászerű üzemeltetés, karbantartások és javítások mellett tartós legyen. A megbízhatóság-elmélet alapfogalmainak rendszerét valamint a lényegesebb mennyiségi mutatókat az 1. ábra szemlélteti. [1, 2, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 24, 26, 27].



1. ábra. Megbízhatósági alapfogalmak és mutatók [6, 21]

A legújabb MSZ IEC (191): 1992 szabvány [16] a megbízhatóságot olyan általános gyűjtőfogalomként értelmezi, „amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartás ellátására használnak”.

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

A HIBAMENTES MŰKÖDÉS VALÓSZÍNŰSÉGE

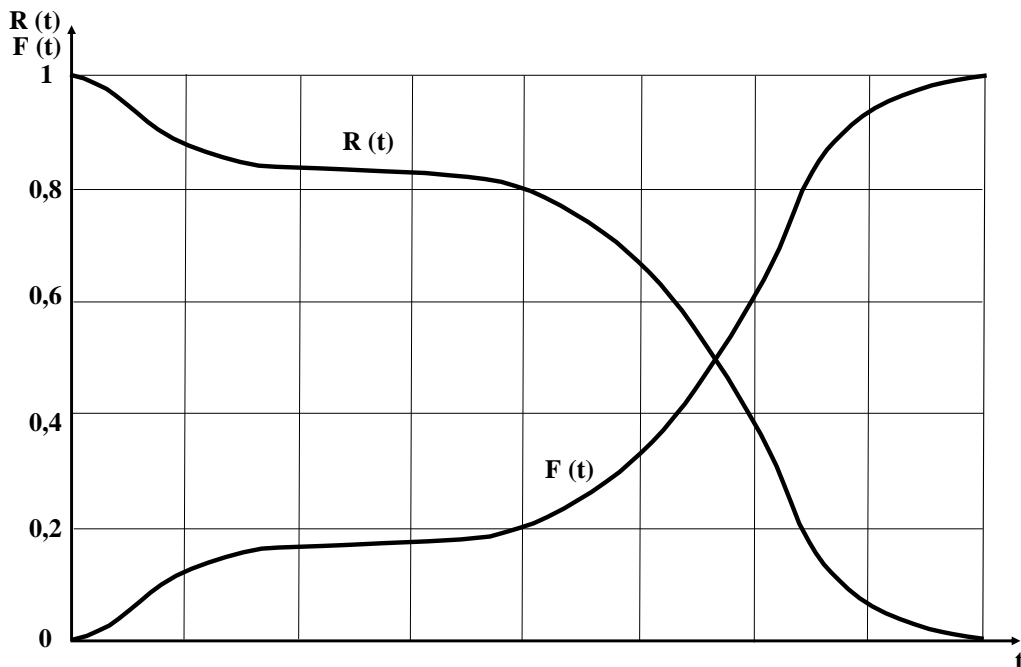
A hibamentes működés valószínűsége adott „t” időtartam alatt nem más, mint annak valószínűsége, hogy a „T” időtartam, ami a berendezés hibamentes működésének időtartama, nagyobb ennél a „t” előre megadott időtartamnál

$$R(t) = P(T > t) \quad (1)$$

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

$$F(t) = P(T < t) \quad (2)$$

A fenti meghatározásnak megfelelően $F(t)$ a berendezés hibamentes működési időtartamának, vagyis a meghibásodás bekövetkezési idejének eloszlásfüggvénye. Tehát a $R(t)$ és $F(t)$ a berendezés „t” működési idejét jellemző időfüggvények (lásd 2. ábra), ezeket tartalmuknak megfelelően megbízhatósági és megbízhatatlansági függvényeknek nevezzük.



2. ábra. A hibamentes működés $R(t)$ és a meghibásodás $F(t)$ valószínűség függvények jellegzetes alakja az időben [20]

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

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (3)$$

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

$$R^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (4)$$

ahol: N_0 – a megfigyelés alatt levő berendezések száma a megfigyelés kezdetén;
 $n(t)$ – a „t” időtartam alatt meghibásodott berendezések száma.

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

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

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

$$F^*(t) = 1 - R^*(t) \quad (5)$$

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

$$F^*(t) = \frac{n(t)}{N_0} \quad (6)$$

A számítást a gyakorlatban úgy végezhetjük, hogy a „ t ” működési idő során folyamatosan t_1, t_2, \dots, t_n időpontokban meghatározzuk a meghibásodott berendezések alapján $R^*(t)$ értékét és felépítjük egy „ $R-t$ ” koordináta rendszerben a hibamentes működés, illetve a $F^*(t)$ meghibásodás bekövetkezése valószínűségének alakulását a működési, adott esetben a repülési idő függvényében [5, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25].

A HIBAMENTES MŰKÖDÉS KÖZEPES IDEJE

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

$$T_0^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N_0} \quad (7)$$

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

t_i – az egyes megfigyelt berendezések meghibásodásáig eltelt működési idő.

Mindezt a repülőtechnikára alkalmazva, a hibamentes működés közepes ideje az a berendezések repült idejének közepes értéke az első meghibásodásig. T_0^* értéke függ a megfigyelés alá vett berendezések számától. Ha „ N_0 ” értéke elég nagy, akkor a hibamentes működés közepes ideje egy meghatározott állandó értékhez fog közelíteni, ami az úgynevezett matematikai várható érték. Ezt a jellemzőt azonban csak az új, javításra nem kerülő berendezéseknél használják [5, 20, 23].

A MEGHIBÁSODÁSOK KÖZÖTTI ÁTLAGOS MŰKÖDÉSI IDŐ

Azokban az esetekben, amikor a rendszerek, berendezések hosszú ideig működnek és a meghibásodott berendezéseket kijavítják, vagy újakra cserélik, a „ T_0^* ” (a hibamentes működés közepes ideje) értékének alkalmazása nem célravezető. Ilyen esetekben, mint paramétert a meghibásodások közötti átlagos működési időt „ $T_{közepes}^*$ ” alkalmazzák [5, 20, 23].

$$T_{\text{közepes}}^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (8)$$

ahol: t_i – a hibamentes működés ideje az (i-1) és az i-edik meghibásodás között;
 n – a meghibásodások száma a megfigyelés időtartama, vagyis az üzemelés alatt.

A $T_{\text{közepes}}^*$ értékét meghatározhatjuk mind az üzemeltetés teljes időtartamára, mind annak egy szakaszára. Ezt a nemzetközi gyakorlatban, mint két meghibásodás közötti átlagos működési időt használják (Mean Operating Time Between Failure — MTBF¹).

Az MTBF kiszámításánál bizonyos feltételeknek meg kell felelni. A két meghibásodás közötti átlagos működési idő előre jelzett, számított idő, amit a repülőgép tervezett alkalmazása és tervezési paraméterei határoznak meg [4]. A működtetés, alkalmazásnál figyelembe veendőek az alábbi követelmények:

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

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

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

A MEGHIBÁSODÁSOK INTENZITÁSA

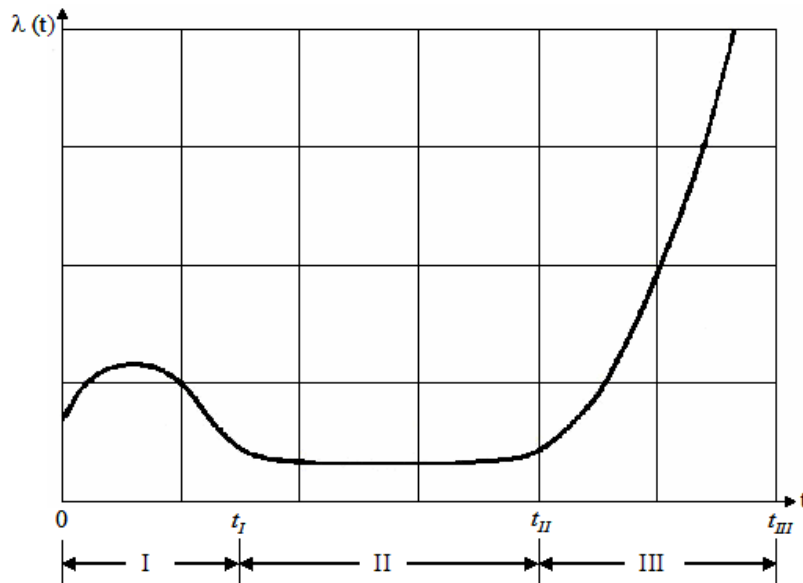
A meghibásodások intenzitása $\lambda(t)$ időegység alatt a meghibásodások számának és a még működőképes berendezések számának viszonya.

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_i(t)}{[N_0 - n(t)]\Delta t} ; \left[\frac{1}{\text{óra}} \right] \quad (9)$$

ahol: $N_0 - n(t)$ – az üzemképes állapotban maradt berendezések mennyisége az adott Δn_i -hez tartozó Δt intervallumban,

A $\lambda(t)$ függvény minden „t” időpontban lényegében annak a valószínűségét adja meg, hogy a „t” időpontig hibamentesen működő elem a következő időegység alatt meghibásodik. A meghibásodások intenzitását statisztikai adatok alapján határozhatjuk meg. Elég nagyszámú berendezés megfigyelése esetén tipikus összefüggést kaphatunk a meghibásodások intenzitása és a berendezések működési idejének tartama között. Ez a görbe minden berendezés típusra kiszámítható és megrajzolható. Formájából kapta elnevezését, ez az úgynevezett kádgörbe (3. ábra) [5, 8, 13, 18, 20, 22, 23, 25, 28].

¹ MTBF (Mean Operating Time Between Failure) — két egymást követő meghibásodás közötti működési idő várható értéke. [MSZ IEC 50(191):1992, p. 37.]



3. ábra. A meghibásodások intenzitása, rátája [20, 22]

A kádgörbe azt mutatja, hogy a berendezések meghibásodásának intenzitása az üzemelés első időszakában „bejáratási szakaszban” magas, de csökkenő tendenciájú (főleg az esetleges gyártási hibák miatt). A második időszakban „üzemi időszak” alacsony stabilizált értékű, amit a tényleges üzemeltetés időszakának tekintünk (az előforduló meghibásodások száma minimális, és véletlenszerűen, más és más okból következik be). Majd a meghibásodások intenzitása újra emelkedni kezd „öregedési zóna”, amikor célszerű végrehajtani a berendezések felújítását, vagy selejtezését.

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

A gyakorlatban a technikai berendezések használata a görbe második szakaszán, amely exponenciális eloszlást követ (3. ábra), ahol a meghibásodások intenzitása nem függ az időtől és gyakorlatilag állandó értékű ($\lambda(t) = \lambda$).

Erre az esetre a hibamentes működés valószínűsége:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (10)$$

A meghibásodások sűrűségfüggvénye:

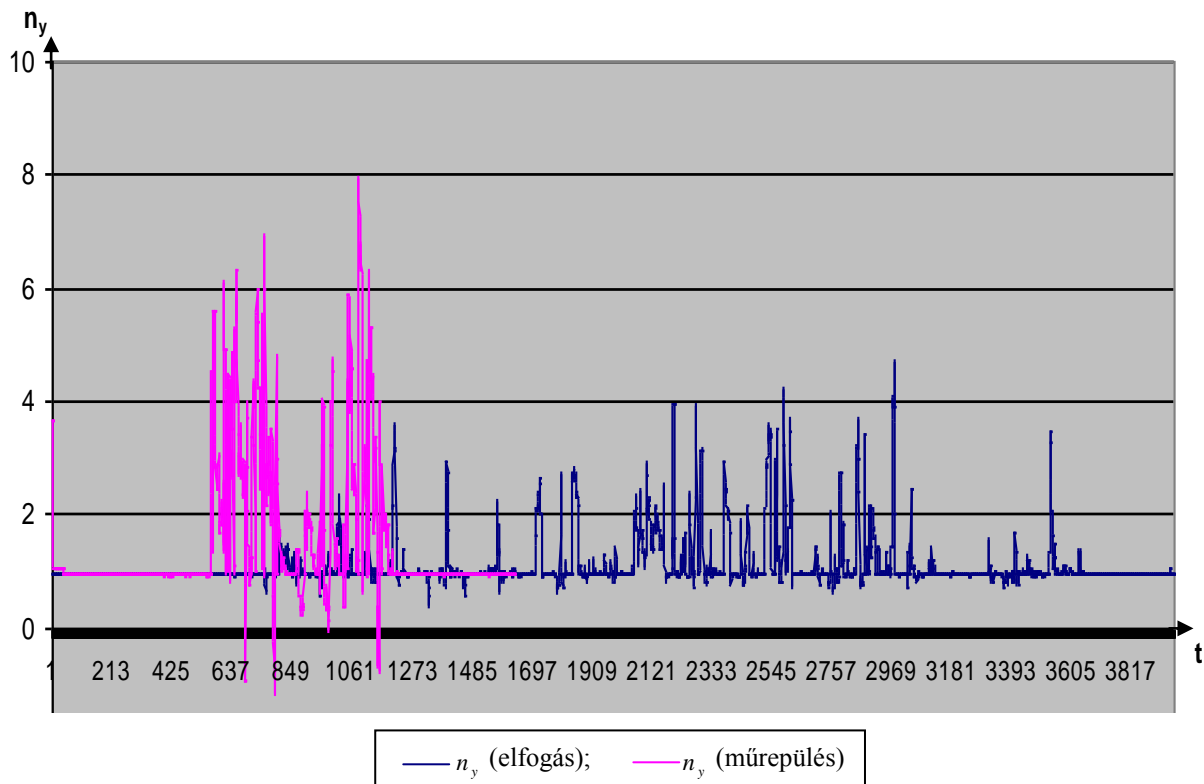
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (11)$$

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

$$T_{közepes} = \frac{1}{\lambda} \quad (12)$$

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

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



4. ábra. Túlterhelések mértéke különböző repülési feladatok esetében

A HARCÁSZATI VADÁSZREPÜLŐGÉPEK MEGBÍZHATÓSÁGI MUTATÓI ÉS A GAZDASÁGOSSÁG

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

A megbízhatósági paraméterek a gazdaságosság szempontjából azért nagyon fontosak, mert ezek határozzák meg a fenntartási költségeket. Egyrészt az alkatrész igényt és mennyiséget, másrészt a munka ráfordítást. Ha a paraméterek igazak az éves alkatrész igények és a munkavégzés ezen bázison kialakított szervezete megfelelő, ha nem, úgy üzemképtelenség és a személyi állomány túlterhelése jelentkezik [19].

Az 1. sz. mellékletben feltüntettem [3] a legfontosabb átlagos jellemzőket, melyeket általában a típusok összehasonlításánál szoktak alkalmazni (MTBF, MTTR, stb.). Azonban repülőgép beszerzéskor a gyártó köteles bemutatni a tételes, alkatrészenkénti, csomópontonkénti adatokat, melyek az első két év alkatrész beszerzési bázisaként szolgálnak.

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

A 1. sz. mellékletekben [3] csak bemutatásképpen közöltem adatokat. Ezekon kívül még nagyon sok mutató vizsgálata fontos, azonban kereskedelmi okokból azokat a gyártók csak bizalmas okmányokban, tenderen vagy szerződéskötésen hajlandók bemutatni. Ezért nagyon fontosnak tartom a beszerzéskor ajánlattevő cégek részéről szerződésbe foglalható megbízhatósági adatok bekérését.

EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

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

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **Alekszandrov, V. G. – Mircimov, V. V. – Ivlev, Sz. P. – Majorov, A. V. – Borscskov, K. V. – Hajmovics, I. A.** Repülőmérnökök kézikönyve. Transzport könyvkiadó, Moszkva, 1973.
- [2] **Békési, B.** A megbízhatósági elmélet és annak gyakorlati alkalmazása a meghibásodások valószínűségére. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001/1 (133-144) o.
- [3] **Békési, B.** A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései. Doktori (PhD) értekezés, Budapest, 2006.
- [4] **Dag Hemberg:** EBS Gripen. Assumptions for Prediction of Mean Time Between Failures, MTBF. Saab Military Aircraft. 1998. 04. 21.
- [5] **Денисов, В. Г. – Козарук, В. В. – Кураев, А. С. – Пальчих, М. И. – Синдеев, И. М.** Эксплуатация авиационного оборудования и безопасность полётов. Транспорт, Москва, 1979.
- [6] **Gaál, Z. – Kovács, Z.** Megbízhatóság, karbantartás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1998.
- [7] **Gnyegyenko – Beljajev – Szolovjev** A megbízhatóságelmélet matematikai módszerei. Műszaki könyvkiadó, Budapest 1976.
- [8] **Голего, Н. Л.** Ремонт летательных аппаратов. Транспорт, Москва, 1974.
- [9] **Гудков, А. И. Лешаков, П. С.** Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов. Машиностроение, Москва, 1968.
- [10] **Hadtudományi Lexikon.** Magyar Hadtudományi Társaság, Akadémia Kiadó, Bp., 1995. Főszerkesztő: Dr. Szabó József, ISBN 963 045 226 X, 8
- [11] **Knezevic, J.** Systems Maintainability Analysis, Engineering and Management Chapman & Hall, London, 1997.
- [12] **Коваленко, И. Н. – Филиппова, А. А.:** Теория вероятностей и математическая статистика. Высшая школа, Москва, 1973.
- [13] **Dr. Kun, I. – Dr. Szász, G. – Dr. Zsigmond, Gy.** Minőség és megbízhatóság, LSI Informatikai Oktató Központ, Budapest, 2002.
- [14] **Dr. Lendvay, M. – Dr. Zsigmond, Gy.** Komplex villamos rendszerek megbízhatóság-elemzési módszerei, Hadtudomány, 2004 /2.
- [15] **Dr. Lendvay, M.** Megbízhatóság-elemzési eljárások haditechnikai eszközök és rendszerek minőségbiztosítására. Doktori (PhD) értekezés tervezet, Budapest, 2005.
- [16] **MSZ IEC 50(191):1992** Megbízhatóság és szolgáltatás minősége
- [17] **Nagy, E.** Megbízhatóság a technikában. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1967.
- [18] **Новиков, В. С.** Техническая эксплуатация и надёжность авиационного радиооборудования. Транспорт, Москва, 1970.
- [19] **Óvári, Gy.** Nyugati és szovjet gyártmányú légi járművek együttes üzemeltetésének, valamint repülő mérnök-műszaki biztosításának lehetőségei az MH repülőalakulatainál. Egyetemi doktori értekezés, 1994.
- [20] **Dr. Peták, Gy.** A repülőtechnika üzembentartása és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMEF, Szolnok, 1981.
- [21] **Pokorádi, L.** Haditechnikai eszközök üzemeltetési megbízhatósága. Új honvédségi szemle, 2002/5. (146-153) o.
- [22] **Rohács, J. – Simon, I.** Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [23] **Шпилева, К. М.** Инженерно авиационная служба, эксплуатация и ремонт авиационной техники часть I. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1979.
- [24] **Svehlik, J.** A repülőgépek korszerű üzembentartási módszerei és azok elméleti alapjai. I. rész Tansegédlet, Szolnok, 1986.
- [25] **Смирнов, Н. Н. – Андронов, А. М. – Владимиров, Н. И. – Лемин, Ю. И.** Эксплуатационная надёжность и режимы технического обслуживания самолётов. Транспорт, Москва, 1974.
- [26] **Dr. Turcsányi, K.** A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései, ZMNE, Budapest, 1999.
- [27] **Dr. Turcsányi, K.** Az üzembentartás elmélet és módszertan, ZMNE, Budapest, 1999. p. 16.
- [28] **Туркина, К. Д.** Конструкция летательных аппаратов. ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1972.

1. sz. melléklet

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

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

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