

Vonnák Iván Péter

REPÜLŐESZKÖZÖK GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEI DIAGNOSZTIKÁJA

A REPÜLŐESZKÖZÖK GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEI DIAGNOSZTIKÁJÁT ELŐSEGÍTŐ ÉS FEJLŐDÉSÉT BIZTOSÍTÓ TÉNYEZŐK

A hajtóművek megbízhatósága

A repülőgépek gázturbinás hajtóművei megbízható működése a repülőeszközök repülésbiztonsági mutatói között az egyik legalapvetőbb tényező.

MEGBÍZHATÓSÁG:

A gázturbinás hajtóművek azon tulajdonsága, hogy a megadott és elvárt funkcióit maradéktalanul betölti, valamint egy meghatározott üzemidő intervallumban megőrzi a legmeghatározóbb üzemeltetési paramétereit értékét.

A megbízhatóság alapvető kritériuma a zavartalan, fennakadás nélküli működés, amelyet az egységnyi időintervallumra jutó meghibásodások számával jellemeznek.

(Általában 1000 órára jutó meghibásodás)

MEGHIBÁSODÁS:

Amikor a hajtómű működőképessége sérül, azaz a működését jellemző, meghatározó paraméterek eltérnek a megadottaktól, akár a levegőben, vagy akár a földön, és amit megelőz valamilyen üzemzavar, sérülés, vagy üzemképtelenség.

ÜZEMKÉPTELENSÉG:

A hajtómű azon állapota, amikor paramétereit, legalább egy technikai dokumentációban meghatározott értékeknek nem felelnek meg.

A megbízható működést elősegítő tényezők:

1. A hajtómű tervezésekor felhasznált, alkalmazott új módszerek, és előzetes vizsgálatok.
2. A hajtóművek repülőeszközökön történő vizsgálata.
3. Anyagfáradásra történő vizsgálatok, szennyezett légtérben való működés során is.
4. Egyes elemek külön-külön, majd rendszerben való működésük során is elvégzett szilárdsági vizsgálatok.

A megbízhatóságot negatívan befolyásoló tényezők:

1. Magas turbina előtti hőmérséklet.

2. Egyenetlen, turbina előtti hőmérsékletmező. Magas hőmérsékletű üzemmódok túlzottan sok ki-be kapcsolása (ciklusok).
3. A hajtómű sok és intenzív felgyorsítása, illetőleg fojtása.
4. A maximális üzemmódok közvetlen indítás utáni kapcsolása (melegítés nélküli alkalmazása).

A fentiekben felsorolt, a hajtóművek megbízhatóságára ható tényezők, a konstrukciós megoldások fejlettségi színvonala, valamint az alkalmazható, illetőleg az alkalmazott diagnosztikai módszerek, az alkalmazott üzembentartási filozófia, az üzemeltetés meteorológiai környezete (stb) együtt behatárolja a hajtóművek lehetséges üzemidejét.

ÜZEMIDŐ:

A hajtóművek technikai dokumentációjában rögzített és meghatározott paraméter-határértékekig történő üzemeltetés.

Fajtái (üzemidő):

- első nagyjavításig;
- javításközi;
- össztechnikai.

ÖSSZTECHNIKAI ÜZEMIDŐ:

A hajtómű ténylegesen ledolgozható működési össz-üzemideje, melynek elérése után, a hajtómű tényleges technikai állapotától, működőképességétől függetlenül, a hajtóművet ki kell vonni az üzemeltetésből.

Ezt az üzemidő értéket alapvetően a repülésbiztonsági követelmények, elvárások határozzák meg, de döntően befolyásolják az üzemeltetés gazdaságossági tényezői is.

Az üzemidőt meghatározó tényezők:

- a hajtómű konstrukció korszerűsége;
- a konstrukció kialakításánál alkalmazott anyagok minősége;
- a beépített kész elemek és berendezések megbízhatósági foka;
- az üzemeltetési túlterhelések várható foka;
- a hajtómű technológiai szerelhetősége, hozzáférhetőség;
- a hajtómű üzemeltetési módszere, filozófiája;
- az alkalmazott, illetőleg alkalmazható diagnosztikai eszközök fejlettségi színvonala;
- az alkalmazott diagnosztika prognosztikai lehetőségei, képessége és az üzemeltető állomány erre való alkalmassága;
- az üzembentartási fegyelem mértéke;
- az üzemeltetés meteorológiai körülményei;
- az üzembentartó állomány kiképzettsége színvonala.

A gázturbinás hajtóművek üzemidejét, csak a fő szerkezeti elemeit tekintve, alapvetően a kompresszor és a turbina lapátjai, a szélsőségesen és nagy számban változó hő, valamint a vibrációs és egyéb

túlterhelések által előidézett anyagfáradási jelenségek határozzák meg, és a csomópontok, valamint azok csapágyai kopásának mértéke döntően befolyásolják.

A hajtóművek mind nagyobb javításközi üzemideje elérését befolyásoló tényezők, feladatok:

1. A meghatározott időnként végrehajtott, technológizált hajtómű átvizsgálások, melyeket az üzemeltető telephelyein is végre lehet hajtani. Ez a hajtómű részleges, vagy teljes szétszerelésével, és a meghibásodott alkatrészek, berendezések cseréjével jár.
2. A hajtómű részegységeire különböző üzemidőket célszerű megadni, hisz az ezeket érő hő, vibrációs és egyéb túlterhelések is nagyban különböznek egymástól. (pl: égőtér és gázkiáramlás sebességfokozó stb.)
3. Az üzemidők meghatározásakor figyelembe kell venni a hajtóművek üzemeltetési körülményeit is. (időjárási viszonyok, az üzemeltetés intenzitása stb. ld. előző felsorolást)
4. Az adott hajtómű típus teljes élettartama alatt, folyamatosan fel kell dolgozni az üzemeltetők tapasztalatait, és azokat a gyártás és javítások során fel kell használni.
5. Elengedhetetlen a diagnosztikai módszerek folyamatos fejlesztésével a meghibásodási prognózisok kidolgozása, típus-meghibásodásokat jellemző hajtómű-paraméterek rögzítése.

Az üzemidő meghatározásának módszerei:

1. Többhajtóműves repülőgépeken az egyik hajtómű a vizsgált hajtómű, amit a többi hajtóművel ellentétben, a teljes üzemképtelen állapotig üzemeltetnek. („Lider”) (viszonylag biztonságos, de megbízható eredményt csak nagyszámú repülőgép alkalmazása esetén érhetünk el, ami viszont rendkívül drágává teszi ezt a módszert)
2. Hosszabb ideig tartó földi-kísérleti padokon történő járatással, ami szintén nem eredményez teljesen objektív képet a hajtómű állapotváltozásáról, mivel a tényleges repülési feltételeket nem, vagy csak nagy nehézségek, és költségek árán lehet biztosítani.
3. A hajtómű fő csomópontjai, berendezései meghibásodásai, üzemeltetési, fáradási sérüléseinek, a tervezett üzemidő különböző szakaszaiban történő elemzésével, ami csak a legfejlettebb diagnosztikai módszerek alkalmazása, valamint maga a hajtómű ellenőrzésre való alkalmassága esetén lehetséges csak.

Az 1. táblázat, nemzetközi áttekintésben, azt mutatja, hogy a gázturbinás hajtóművek megjelenése, a repülési sebesség növekedésével együtt, a repülés biztonságát is jelentősen megnövelte.

A repülés különböző szakaszai:	Repülési balesetek száma:						
	1950	1960	1970	1975	1980	1985	1990
10 ⁵ Felszállás	0,54	0,38	0,23	0,25	0,23	0,16	0,098
10 ⁵ Leszállás	-	0,50	0,29	0,31	0,21	0,16	0,17
10 ⁸ km Repülési táv.	1,88	1,06	0,39	0,37	0,30	0,28	0,27

1. táblázat. A repülési balesetek alakulása

Az 1000 repült órára kivetíthető meghibásodások tekintetében is kimutatható a fejlődés, azonban a diagnosztikai lehetőségek alacsony kihasználtsága, a gyártók, a tényleges állapotszerinti üzemeltetés filozófiájától eltérő, „marketing” stratégiája lassabb fejlődést tesznek lehetővé. (pl: a Lockheed L1011 „Tristar” típusú utasszállító repülőgép RB211 típusú hajtóműve 1000 repült órára eső meghibásodásainak a száma 1,6)

Sorszám:	Hajtómű típusa:	Idő előtt kiép. h.művek 1000 repült órára eső meghibásodásai száma:
1.	RB211 (Rolls-Royce)	1,24
2.	CF6 (General Electric)	1,36
3.	JT9D (Pratt&Whitney)	0,9

2. táblázat A teljes üzemidő ledolgozása előtt kiépített hajtóművek 1000 repült órára jutó meghibásodásainak száma

(Az 1. és 2. számú táblázatban összefoglalt, valamint a hivatkozott adatok forrása [6] felhasznált irodalom.)

GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEK ÁLLAPOTSZERINTI ÜZEMELTETÉSÉRE TÖRTÉNŐ ÁTTÉRÉS:

A gázturbinás hajtóművek tényleges állapotszerinti üzemeltetésére történő áttérése kizárólagosan a diagnosztikai lehetőségek széleskörű alkalmazása esetén lehetséges. A gyakorlatban elterjedt, és többségében ma is alkalmazott üzemeltetési, üzemeltetési filozófiák a diagnosztikai lehetőségeket korlátozottan, vagy nem teljes körűen tartalmazzák. Ezért az üzemeltetés, illetve a nagyjavítások során nagyon sok üzemképes, jelentős üzemidő tartalékkal rendelkező berendezést nagyjavítanak, teljesen feleslegesen, ezzel jelentősen megnövelve az üzemeltetési, vagy más terminológia szerint, az életciklus költségeket.

Ezt a helyzetet még rontja a jelenleg általánosan elterjedt, és a technikai állapottelbecslések során alkalmazott, mérő és diagnosztikai eszközök alacsony műszaki színvonala és a kapott eredmények, adatok meglehetősen szubjektív kezelése. (pl: A kompresszor, vagy turbinalapátokon észlelt sérülések méreteinek meghatározása.)

Szintén költségnövelők, a manapság elterjedt „kvázi” állapotszerinti üzemeltetési koncepciók, melyek bevezetése után a végrehajtandó, többszöri szét és összeszerelési munkálatok, melyeket a gyártók igyekeznek az üzemeltetők saját telephelyein elvégeztetni. Azonban, az így biztosítható feltételek, és a rendelkezésre álló lehetőségek messze elmaradnak egy javítóüzemétől.

Mindezek – a feleslegesen nagyjavított berendezésekkel együtt – összesen a hajtómű berendezéseinek mintegy hét-nyolc százalékát is érintik. A feleslegesen elvégzett munkák pedig 15-20 százalékot is elérhetnek [8]. Az idézett adatok, annak ellenére, hogy régiek ma is helytállóak és azt bizonyítják, hogy a „marketing” célzatú, a gyártók által diktált és a fenntartókra rákényszerített üzemeltetési filozófiák felváltására, az üzemeltetési költségek csökkentésére már régen folynak kísérletek, és nagy erőfeszítéseket tesznek ebbe az irányba.

Áttörést és reális lehetőséget csak a diagnosztika fejlődése hozott. A miniatürizálás, a műszerek és adóberendezések, érzékelők megbízhatóságának növekedése, a számítástechnika óriási fejlődése együttesen teremtették meg a tényleges állapot szerinti üzemeltetésre történő áttérés lehetőségét.

A jelenleg elfogadott üzemeltetési filozófiák rövid áttekintése

I. Üzemidő, avagy üzemeltetési ciklus szerinti üzemeltetés:

Az üzemidő szerinti technikai kiszolgálási és nagyjavítási filozófiát a repülésbiztonsági követelmények hívták életre, amelynek ez kiválóan meg is felel.

II. Állapotszerinti üzemeltetés:

Az állapotszerinti üzemeltetés gyakorlatilag egy „optimalizációs” törekvés eredménye (lehet, lesz), amely alkalmazása során, a meghibásodások gyakoriságának, valószínűségének állandósága mellett el lehet érni egy jelentős költségsökkentést is. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az adott berendezés feladatának és jelentőségének függvényében az optimalizált üzemeltetés eredményeképpen az üzemképességi készenlét és a rendelkezésreállítás foka állandóan a maximum körül lesz, míg az ehhez szükséges fajlagos ráfordítások és egyéb költségek pedig csökkennek.

Napjaink legismertebb állapot szerinti üzemeltetési fajtái:

1. Berendezéscserék végrehajtása a meghibásodás, az üzemképtelenségi állapot elérésekor:
Olyan berendezések, alkatrészek esetében alkalmazható, amelyek üzemeltetése során az elváltozások és azok összegzett negatív hatásai sokáig „rejtve” maradhatnak, majd váratlanul, hirtelen megjelennek bizonyos sérülések, vagy a meghibásodások.
Ilyen meghibásodások lehetnek:
 - a kompresszor és a turbinalapátok beerősítésének kilazulása, a lapátok rendellenes mozgása;
 - az anyag mechanikai igénybevételéből illetőleg hődilataációs terhelésekből adódó kifáradási jelenségek, melyek növekvő számú és fokozatosan növekvő méretű repedésekhez vezetnek;
 - a forgórészek csapágytámaszainak, vagy a különböző rendszerek szivattyúi belső, lassú kopása, stb.Éppen ezért rendkívül fontos ismerni a meghibásodásokat, sérüléseket, üzemképtelenségeket, kiváltó elváltozásokat, és kifejlődésük időbeni eloszlását. Ezek ismerete elősegíti az ellenőrzési intervallumok helyes kiválasztását.
2. A berendezéscserék végrehajtása, a berendezések paramétereinek egy meghatározott értékének elérésekor:
Az üzemeltetés alapját a folyamatosan változó, meghatározó paraméterek állandó ellenőrzése, illetőleg a hirtelen keletkező hibák, meghibásodások pontos mennyiségének

naprakész ismerete képezi. Az állapotszerinti üzemeltetési lehetőségek közül ez az a módszer, ahol a legtöbb fejlesztési lehetőség van még számunkra.

3. Berendezéscsere végrehajtása a különböző paraméterek változásaiból meghatározható (prognosztizálható) meghibásodások bekövetkezése előtt:

Sajátossága a meghatározó (legjellemzőbb) paraméterek mérése, és az így kapott adatok gyűjtése. A kellő mennyiségű adat, illetőleg a már ismertté vált meghibásodásokat megelőző jellemző paraméter változások, lehetővé teszik egy megbízható előrejelzés elkészítését.

Nagy pontossággal meghatározható a berendezések cseréjének időpontja, úgy, hogy a berendezésekből a lehető legtöbb üzemidőt kinyerhessük, és ezzel párhuzamosan a repülés biztonságának maximális szintje is biztosítható.

4. A berendezéscsere végrehajtása a megengedett kopási sebességnél gyorsabb változások esetében: A módszer azon alapszik, hogy feltételezzük az alkatrészek, berendezések kopása, bizonyos paramétereinek a nominál értékektől történő eltérése, valamilyen függvénnyel meghatározható. Ez a módszer legeredményesebben az olajjal kent és a különböző hidraulika folyadékkal működő berendezések esetében alkalmazható. (Tribológia-olajkopadék vizsgálat)

A fentiekben felsorolt négy üzemeltetési fajta megvalósítása érdekében a következőkre kell figyelemmel lenni és rögzíteni kell:

Nem folyamatosan:

- az esetleges meghibásodás (ok) keletkezését;
- a meghibásodások mennyiségét.

Folyamatosan:

- a jellemző és meghatározó paraméterek értékeit;
- a jellemző és meghatározó paraméterek változásaiból levonható következtetéseket;
- kopások, elváltozások növekedési sebességét.

III. Megbízhatóság szintje szerinti üzemeltetés:

A megbízhatósági szint szerinti üzemeltetési filozófia az, egy a meghibásodásig (annak megjelenése előtti állapotig) tartó működtetés, melynek ideje alatt a megbízhatóságot legjobban meghatározó és jellemző paramétereket szisztematikusan ellenőrzik és elemezik. Ez a fajta üzemeltetés olyan rendszerek, berendezések esetén eredményes, melyek meghibásodása veszélyes helyzetet nem idézhet elő. Ezért az ilyen berendezésekre nem szükséges üzemidőket, működésszámokat, igénybevételi határokat meghatározni.

A technikai állapotuk teljes ellenőrzése, ami az állapotszerinti üzemeltetés esetén alapkövetelmény, elmarad és az üzemeltetés és az ellenőrzések profilaktikus karakterűek lesznek.

A gázturbinás hajtóművek állapotának meghatározására alkalmas paraméterek, azok mérése, elemzése, az ezekhez szükséges technikai eszközök

Legjellemzőbb hajtómű meghibásodások: (az előző részben is tárgyalt meghibásodások részletesebben is tárgyalva)

1. A hajtómű kompresszora és turbinájának lapátjai:

- lapátok kilazulása beerősítésük kopása következtében;
- lapátok mechanikai sérülései;(legtöbbször idegen tárgyak behatására)
- a kompresszorban és a turbinában lévő gázok nyomásának ingadozása;
- turbinalapátok hő-túlterhelése miatti égése, ill. hő-dilatációs terhelésekből adódó repedések;
- hajtómű támaszcsapágyak kopása miatti tengelyre merőleges mozgások által előidézett lapátvég és hajtóműház sérülések;

Állapotuk ellenőrzésére alkalmazható eszközök, módszerek:

- endoszkópos, televíziós, számítógépes ellenőrző műszerek;
- ultrahangos lapátellenőrző műszerek;
- röntgen-ellenőrző műszerek;
- festékes repedésvizsgáló anyagok és műszerek;
- hajtómű rezgésmérő és rögzítő berendezések; (ld: [2])
- hajtómű gázcsatornájában uralkodó nyomásokat rögzítő rendszerek;
- kenőolajok, hidraulika-folyadékok fém-kopadékvizsgálata;

2. Az égőtér: (üzemanyag-befecskendező rendszerek meghibásodás)

- befecskendező fúvókák repedése, átégése;
- égőtérház repedései, átégése;
- turbina előtti hőmérsékletmező egyenetlensége, ami az első fokozat égéséhez vezethet;
- az égőtér síkjában lévő hajtómű támaszok megengedettnél nagyobb hőterhelése és az ebből adódó kopások sérülések vagy repedések;
- az üzemanyag befecskendezési nyomásának intenzív ingadozása és az ebből adódó fordulatszám instabilitás;

Állapotuk ellenőrzésére alkalmazható eszközök, módszerek:

- a befecskendezett üzemanyag nyomásának folyamatos mérése és ellenőrzés;
- a turbina előtti (vagy utáni) hőmérsékletmező hőmérsékleti eloszlásának mérése (ma még nagyon ritkán alkalmazott módszer, technikailag még ma is bonyolult és drága);
- endoszkópos, televíziós, számítógépes ellenőrző műszerek;
- a hajtómű és részegységei, valamint közlőműve rezgéseinek folyamatos mérése és rögzítése;
- kenőolaj-kopadék ellenőrzése;

3. A hajtóművek kiegyensúlyozottsága

- rezgésértékek változása, változási sebességük intenzív növekedése;
- a hajtómű leállításakor a forgórészek túl hosszú vagy túl rövid kifutási ideje;
- szokatlan hangok, zörejek megjelenése;

Állapotuk ellenőrzésére alkalmazható eszközök, módszerek:

- forgórészek hajtómű leállítása utáni kifutási idejének folyamatos mérése és rögzítése;
- a hajtómű „vibrációs térképének” elkészítése és folyamatos elemzése;
- az y-irányú (n_y) túlterhelések folyamatos rögzítése;(pl: 3. táblázat $n_{y\max}$)
- az olaj fémkopadék ellenőrzése és elemzése;(pl: 4. táblázat)
- a kompresszor és turbina-tárcsák ultrahangos festékes vagy röntgen-vizsgálata.

4. A hajtómű működését jellemző egyéb paraméterek

- fő- és utánégető tüzelőanyag befecskendezési nyomása;
- a kompresszor és a turbina utáni gáznyomások értéke;
- a turbina előtti vagy utáni hőmérsékletek és azok egyenletességének eloszlása;
- a hajtómű kenőolaj nyomásának értéke és ingadozásának mértéke;
- kenőolaj hőmérséklete;
- a kenőolaj szűrőin keletkező nyomásesés mérése és rögzítése, stb.

Rg. száma:05 (35)				
Sorszám	Dátum	Feladat sorszáma	ny (g)	Légi idő (min)
1	1994.01.06	1	3,8	43 '
2	1994.01.25	1	4,8	27 '
3		2	1,3	43 '
4		3	4,6	27 '
5	1994.02.02	1	2,9	40 '
6		2	1,8	47 '
7	1994.06.06	1	3,2	30 '
8	1994.06.07	1	1,7	56 '
9	1994.06.08	1	2,5	45 '
10		2	1,6	44 '
11	1994.06.10	1	3,7	41 '
12		2	5,2	31 '
13	1994.06.22	1	2,0	48 '
14		2	2,1	36 '
15	1994.06.23	1	3,7	40 '
16	1994.07.06	1	1,4	73 '
17		2	2,4	74 '

18	1994.07.19	1	5,6	30'
19		2	4,8	31'
20		3	4,4	27'
21		4	4,3	41'
22	1994.07.20	1	5,3	16'
23		2	2,5	32'
24		3	4,1	40'
25	1994.08.17	1	5,4	19'
26		2	2,0	58'
27		3	4,8	30'
28		4	6,1	24'
29	1994.08.18	1	2,0	37'
30		2	3,8	37'
31		3	4,0	39'
32	1994.08.24	1	5,8	27'
33		2	5,1	34'
34	1994.08.25	1	5,1	20'
35	1994.09.07	1	3,7	54'

3. táblázat Egy repülőgép maximális, függőleges túlterhelési adatai repülési feladatonként
(A fedélzeti adatrögzítő alapján. Magyar fejlesztés.)

Tribológiai vizsgálat eredménye:	
Repülőgép oldalszáma:	19/bal
Hajtómű gyári száma:	87...149
A hajtómű összüzemideje:	170h 59p
Vizsgált olaj:	IPM-10
Az olaj ledolgozott ideje:	87h 20p
A vizsgálat időpontja:	10.Febr. 2007.14614p
Fe koncentráció	0.49 ppm
Al koncentráció	0.29 ppm
Cr koncentráció	0.12 ppm
Cu koncentráció	0.17 ppm
Ni koncentráció	0.39 ppm
Pb koncentráció	0.20 ppm
Sn koncentráció	1.01 ppm
Ti koncentráció	1.17 ppm
Cd koncentráció	0.00 ppm
Zn koncentráció	0.19 ppm

4. táblázat Egy hajtómű tribológiai mérésének eredménye (Magyar fejlesztés „Végvár”)

Látható, hogy a hajtómű technikai állapotát sok paraméter jellemezheti, amelyek közül azonban nem mindegyiket lehet gazdaságosan vagy folyamatosan mérni és rögzíteni.

Ezért a paraméterek közül, mérésre és rögzítésre, azokat kell kiválasztani, melyek a legközvetlenebbül képesek jellemezni a hajtómű állapotát és értékeik, megváltozásuk megbízhatóan, pontosan mérhető.

Nem szabad arról sem elfeledkezni, hogy a hajtómű állapotát bizonyos paraméterek megváltozása illetőleg ezek változási sebessége is jellemezheti. Ezért elengedhetetlenül fontos, hogy a hajtómű meghibásodásait kísérő és jellemző paramétereket pontosan rögzítsük és a későbbiekben etalonként, összehasonlítási alapként használjuk fel. Amennyiben a hajtómű gyártás ill. nagyjavítás utáni paramétereit és azok üzemeltetés során történő változásait pontosan és megbízhatóan rögzítjük, összevetve ezeket az adatokat a meghibásodásokat kísérő paraméterek értékeivel, akkor igen jó közelítéssel, már jóval a meghibásodások létrejötte előtt prognosztizálni lehet a hajtómű állapotváltozásainak végeredményét illetőleg időpontját.

ÖSSZEGEZVE

Általánosságban is kijelenthető, hogy a repülőgépek hajtóművei üzemidejének növelése az üzemeltetési költségek csökkentésének, azaz a gazdaságos üzemeltetésnek is egy igen fontos eleme. A repülőgép hajtóművek üzemidejét növelni azonban a megbízhatóságuk növekedése nélkül nem lehetséges. A megbízható működésnek pedig a legalapvetőbb feltétele a hajtóművet gyártó és nagyjavító vállalatok által kidolgozott és meghatározott technológiák szigorú betartása, a hajtóművet kiszolgáló egységek és maga a hajtómű fő szerkezeti elemei megbízhatóságának folyamatos növelése, amelyben mind nagyobb szerephez jutnak az üzemeltetők által kidolgozott, a gyártóval való együttműködés keretében is alkalmazott diagnosztikai módszerek bevezetése, a kapott információk, adatok folyamatos elemzése, és számítógépes feldolgozása. Ez vezet oda, hogy a hajtóműveket is képesek legyünk a tényleges állapotszerinti üzemeltetés filozófiája szerint a lehető legtovább, és a lehető leggazdaságosabban „szolgálatban” tartani, az az, az életciklus költségeket az optimális minimumra leszorítani.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] V.I. VAKULJUK A fedélzeti berendezések tech. kiszolg. stratégiai kiválasztásának sajátosságai. A Repülőtechnika állapotszerinti üzemeltetése. Á.T.K. 75360, 1991.
- [2] VONNÁK I.P. A repülőtechnika állapotát értékelő módszerek és eszközök integrálása az állapotszerinti üzemeltetés rendszerébe, mint a katonai repülőeszközök fenntartási költségei csökkentésének leghatékonyabb eszköze. Repüléstudományi Közlemények különszám április 2007.
- [3] MARKS P.A. Design for Economy. „Aircraft Eng.” 53, № 3 1981.
- [4] COLLIN G. La maintenance des moteurs: des budgets très lourds. „Air et Cosmos” 18, № 846, 1981.
- [5] DEPUIS JEAN PIERRE stb On Cindition Maintenance FMW Sveden; 1990.
- [6] SHAH JIVAN B. Failure Analyses of Aircraft Accidents Part II.
- [7] KEBA I.V. Repülőeszközök Gázturbinás Hajtóművei Diagnosztikája „Transzport” 1988
- [8] STELMASOK O. A.; SAPIRO A. A repülőtechnika technikai üzemeltetése „Vozdusnoj Transzport. A tudomány és technika eredményei.” 1976 №5 64-65. oldalak