

Vonnák Iván Péter

A REPÜLŐTECHNIKA ÁLLAPOTÁT ÉRTÉKELŐ MÓDSZEREK ÉS ESZKÖZÖK INTEGRÁLÁSA AZ ÁLLAPOTSZERINTI ÜZEMELTETÉS RENDSZERÉBE, MINT A KATONAI REPÜLŐESZKÖZÖK FENNTARTÁSI KÖLTSÉGEI CSÖKKENTÉSÉNEK LEGHATÉKONYABB ESZKÖZE

BEVEZETÉS

Célkitűzések

Mértékadó NATO körök véleménye szerint az új tagállamok előtt álló legnagyobb kihívás nem a hirtelen fegyverzetváltás, hanem a meglévő fegyverrendszerek szükség szerinti megőrzése, mind hatékonyabb és gazdaságosabb fenntartási és üzemeltetési módszerek kidolgozása és a gyakorlatban történő alkalmazása. A témaválasztással célokom az, hogy a Magyar Honvédség repülőtechnikai eszközei fenntartása területén – a fentiekben megfogalmazott célkitűzéseknek megfelelően – kézzelfogható eredményeket lehessen felmutatni, valamint a **repülőtechnika korszerűsítése, jövőbeni cseréje esetében is** legyen lehetőség jól alkalmazható módszer, üzemeltetési rend bevezetésére. Igyekszem elemzett képet nyújtani a már „közkezezen” forgó, de inkább „marketing” célokat szolgáló módszer és a ténylegesen „**állapotszerinti**” üzemeltetés közötti különbségekről. Ennek érdekében felhasználom, a Magyar Honvédségben már elért, elméleti és gyakorlati eredményeket is. Szükséges a jövőbeni, új harcászati és egyéb repülőeszközök rendszerbeállításával kapcsolatosan – a már meglévő és működő mérnökműszaki biztosítás, illetve az állapotszerinti üzemeltetés rendszerére történő – ezen belül is kiemelten a gazdasági hatékonyságra és a NATO tagságunkból adódó feladatok követelményeire történő hatások, vizsgálata.

A témát az teszi különösen aktuálissá, hogy a hazánkban évek óta folyik a hadsereg átalakítása és lassú korszerűsítési folyamata, melynek egyik fő problémaköre, a NATO csatlakozással párhuzamosan, a szövetségi előírások és a nemzeti sajátosságok, valamint a rendkívül szűkös anyagi erőforrásaink egyidejű összehangolása.

A hagyományos üzemeltetési rendszer „tervszerű megelőző karbantartás” legfontosabb előnyei – hátrányai:

A műszaki kiszolgálásban, üzemeltetésben meglehetősen elterjedt, jól bevált módszer az egész világon. A rendszer alkalmazása a repülőtechnika nagy megbízhatóságát biztosítja, így a hadrafoghatóság magas szintjén túl a **repülés biztonságára** is pozitív hatást gyakorol. A meghatározott gyakorisággal végrehajtásra kerülő ipari javítások bizonyos mértékben képesek korrigálni a csapatszinten (üzemeltető) esetleg elkövetett kisebb – nagyobb üzemeltetési, üzemeltetési hiányosságokat, azok káros hatásait.

Ugyanakkor, nem nehéz belátni, hogy az egyes repülőgépek valóságos igénybevétele, repült óra szerint, jelentősen eltérhetnek a tervezési követelményekben átlagként számítottaktól, és jelentősen különbözőek lehetnek az egyes repülőgépek (n_y és n_x irányú) terhelések szintjei szerint is. Ezáltal az előírt munkák, ellenőrzések, kötelező cserék végrehajtásra kerülnek a repülőeszköz és annak rendszereinek **tényleges műszaki állapotától függetlenül**. Azaz előfordulhat, hogy bizonyos munkákat, cseréket úgy mond feleslegesen végzünk el, hisz az adott berendezésekben, rendszerekben

jelentős „üzemidő, üzemeltetési ciklus tartalékok” maradhatnak. (Vagy a megemelkedett terhelési szint következtében „túl üzemeltetjük”).

Amennyiben a relatíve elvesző „üzemi tartalékokat” számításba vesszük, akkor ez a kiszolgálási rendszer egyértelműen költségesebb az elvárható optimálisnál, továbbá felesleges humánerőforrás ráfordítást is megkövetel.

A „tervszerű megelőző karbantartás” még jelentős hiányossága, hátránya, hogy az indokolatlan ki és beépítések, a rendszerek megbontása (mint minden munkavégzés) önmagában hordozza a hibás munkavégzés lehetőségét is és annak következményeinek kockázatát. Az indokolatlan „meleg” ellenőrzések, a tényleges üzemidőket jelentősen csökkentik, a rendszer meghibásodási valószínűségét, pedig igen megnövelik.

Bizonyos esetekben a felesleges munkavégzés ellenkezője is előfordulhat, miszerint az adott munka a repülőeszköz műszaki állapota miatt (a tervezettnél fokozottabb igénybevétel, kedvezőtlen tárolási és üzemeltetési feltételek miatt és egyéb kedvezőtlen tényezők negatív hatásainak következtében) nem a tervezett üzemidő ledolgozása után lesz végrehajtva, az-az relatíve a repülőtechnika „túl lesz üzemeltetve”.

Ez anyagi erőforrás oldalról akár jónak is mondható lenne, de az eset hatása a repülés biztonságára súlyosabb következményekkel is járhat. Az előfordulás valószínűsége ennek ellenére igen csekély, mivel az ellenőrzési, javítási munkák gyakorisága kellő nagyságú műszaki üzemidő tartalékot biztosít. (Általában a repülőgépek tervezésének, gyártásának és kiszolgálásának „Minőségirányítási” színvonala jóval meghaladja az élet egyéb területeinek színvonalát.)

Az üzemeltetési rendszer változtatásának lehetséges (integrálható) eszközei:

A lehetséges megoldások keresésé nagy erőket köt le szerte a világban (*), azonban a repülőeszközöket egységes struktúrában és a ténylegesen állapotszerű üzemeltetési filozófiába beilleszthető módon csak kevesek igyekeznek kezelni. Az eddig közismertté vált módszerek egy fajta megtakarítást eredményeznek, azonban az üzemeltetési filozófiájukból az **állapot-analízis, a kockázatelemzés, a hajtóművek, közlőművek, forgószárnylapátok vizsgálata hiányosan van jelen, vagy hiányzik. A részegységek vizsgálata nem egységesen történik meg.** Ezért ténylegesen nem állapotszerű, hanem „NAGYJAVÍTÁS NÉLKÜLI ÜZEMELTETÉS-ről” beszélhetünk csak.

Tehát az eszköztár, az-az az **integrálható módszerek az alábbiak:**

- a repülőeszköz sárkányszerkezetének szilárdsági és anyagfáradási szempontok alapján történő vizsgálata, állapotának folyamatos elemzése, üzemeltetése kockázataira vonatkozó diagnózisok, prognózisok felállítása;
- a hajtóművek és közlőművek részegységenkénti rezgésdiagnosztikai vizsgálata, valamint ezek egységes rezgőrendszerként történő kezelése;
- a hajtóművek tribológiai vizsgálati módszereinek finomítása, diagnosztikai eszközként való alkalmazása;
- endoszkópos vizsgálatok kiterjesztése a repülőgép sárkányszerkezetére és hajtóműveikre;
- különleges roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek bevezetése;
- a már meglévő fedélzeti adatregisztrációs lehetőségek mind jobb kihasználásával, és a földi ellenőrzések során nyerhető adatbázis alapján, a diagnosztizáló, prognosztizáló tevékenység fejlesztésével a tényleges állapotszerű üzemeltetési filozófiájának gyakorlati alkalmazása;
- a repülőtechnika logisztikai kiszolgálásának szükséges és új módszerének kidolgozása, illetőleg fejlesztése: Kialakítani azt a rendszert, amely képes az új üzemeltetési rendszerben a fenntartási anyag, alkatrész, javítási igények kielégítésére. A rendszer nem tervezhető a hagyományos módon. A berendezések javítása, cseréje nagymértékben azok műszaki állapotától függ és így pontosan előre nem látható a jövőben felmerülhető igény. Tehát

dinamikus rendszerre, a tervezőintézetrel és a szállítóval szoros, rugalmas együttműködésre van szükség, mint ahogyan azt a GRIPEN és a MiG-29 példája is világosan megmutatja.

Meg kell jegyezni, hogy jelentős gazdaságossági eredményeket csak abban az esetben lehet elérni, ha az adott fenntartó, a repülőtechnikát üzemeltető, a saját országában, saját repülőgép-iparral rendelkezik. Így egyre több szolgáltatást rendelhet meg saját országa iparától, amivel egyben tehermentesítheti a saját logisztikai rendszerét. Ezzel, (pl: a hadsereg) vagyis a logisztikai támogatás bizonyos területeinek kihelyezésével”, a fenntartó egyúttal a saját iparát is támogatja. A szolgáltatásokért az iparnak kifizetett összegből az ipar bért fizet saját állampolgárságú dolgozóinak, ami után a saját országában adózik, és saját országában fogja azt elkölteni.

Könnyen belátható, hogy ez Magyarországon NEM így van. Nincs repülőgépiparunk, ahonnan a szolgáltatásokat meg tudnánk rendelni! Nem elég, hogy ez a módszer nem a ténylegesen állapot-szerinti üzemeltetés, valamint a szolgáltatások fentiek szerinti, kényszerű importálása (kihelyezése) egyben és ráadásul beláthatatlanul többlet költségigénnyel is jár.

Hajtómű és közlőművek diagnosztikai vizsgálata és állapot-prognózisa:

A jelenleg elfogadott diagnosztikai módszerek tárgyalását leszűkítem a hajtóművek esetében alkalmazott módszerekre:

- vibráció;
- tribológia; (a kenőolajokban megjelenő fémkopadék vizsgálata)
- endoszkópia;

Vibráció:

A repülőeszközök hajtóművei (közlőművei) nagyszámú és nagytömegű, nagy fordulaton, dolgozó, változó gáznyomások és hőmérsékletek mellett üzemelő alkatrészekből áll. Ezért az összetevő részek külön-külön és egységben történő statikus és dinamikus kiegyensúlyozottsága a megbízható működés meghatározó tényezője.

A vibráció mérése, meghatározása meglehetősen költséges feladat, ha azonban az alaptörekvés arra irányul, hogy a már meglévő és felépített, vagy a fedélzeti rendszerekkel kompatibilissé tett eszközök kerüljenek alkalmazásra, akkor a módszer igen költséghatékony lehet.

Alapvetően két mérési rendszer ismeretes, amely egyben figyelőrendszer is:

- földi (**on-ground**);
- fedélzeti (**on-board**);

A jelenleg alkalmazott módszerek szerint mind két mérésfajta a hajtóművet, mint egységes rezgőrendszert tekint. A kiegyensúlyozottság valamely oknál fogva történő megváltozása a rezgés nagyságának, intenzitásának, vagy frekvenciájának megváltozásához vezet, melynek indikálása és elektronikus rögzítése közvetlen információt ad az esetleges meghibásodásról, vagy annak bekövetkezése valószínűségéről. Lehetőséget ad a teljes meghibásodás, vagy akár egy katasztrófa elkerülésére is.

Egy fontos dolgot viszont nem tud: A meghibásodás abszoluth pontos helyét és okait meghatározni. Így a hajtómű kiépítése és teljes szétszerelése után lehet csak megtudni a valós okokat, ami a meghibásodást előidézhette.

Megítélésem szerint és az eddigi sikeres kísérleteink alapján állítom, hogy ha egy adott hajtómű rezgő-(al)rendszereit sikerül helyesen kiválasztani, rezgéseik megbízhatóan mérhetőek, akkor az egyes

alrendszerek viselkedéséből az egésze nagyon jó következtetéseket lehet levonni. Könnyen lokalizálható a meghibásodás helye, tehát teljes kiépítés és szétbontás nélkül is van lehetőség a meghibásodás megszüntetésére.




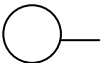







Példaként álljanak itt, a **KFKI**- val közösen végrehajtott „**RÉVHÁZ**” program keretében, az RD-33 típusú hajtóműveken és közlőművén (KSZK) elért eredmények:

A kutatás során eredményt két mérési sorozat hozott. A végrehajtott két mérési sorozatnál az érzékelők elhelyezése átfedésben kerültek. A korábbi mérések során szerzett tapasztalatok alapján megállapítottuk, hogy az **első méréssorozatban** alkalmazott érzékelő elrendezés lehetővé teszi a megfelelő diagnosztikai információ elnyerését.

A **második méréssorozatban** alkalmazott kibővített érzékelő elrendezés célja pedig már annak megállapítása volt, hogy adott esetben csökkenthető-e és milyen mértékben az érzékelők száma. Ezt pedig úgy kell elérni, hogy a rendelkezésre álló csatornaszám mellett a MÍG-29-be beépített két hajtómű egyszerre mérhető legyen. Ennek esetleges megoldása jelentősen csökkentené a mérési és a ráfordított üzemidőt, valamint így a költségeket is.

Az alábbiakban vázlatosan bemutatásra kerül a hajtómű és közlőműházának (KSZA) analizésénél alkalmazott érzékelő elrendezés.

A vizsgálatok során 10 kijelölt mérési pontban vizsgáltuk a hajtóműveket. Ezek közül kettő kapcsolódik közvetlenül a közlőműházhoz. Az érzékelők elhelyezését és a mérési irányokat az **1. táblázat** tartalmazza.

Pozíció	Érzékelő pozíció	Érzékelő elhelyezés leírása	Mérési irány
1		Jobb oldal 1. Csapágytámasz borda kikötés	Radiális
2		Ventilátor 2. fokozat	Radiális
3		Főbekötési csomópont	Radiális
4		Turbina csapágytámasz	Radiális
5		Első csapágytámasz alul	Radiális
6		Főbekötési csomópont	Radiális
7		Főbekötési csomópont alatt	Radiális
8		Hajtómű hátsó bekötési csomópont	Radiális
9		1. csapágytámasz	Axiális
10		Közlőműház, hajtómű felőli emelőszem helye	Függőleges
11		Tüzelőanyag szivattyú gyártási szám helye	Függőleges

1.táblázat Érzékelők elrendezése.

Az RD-33 típusú hajtómű közlőműház analízisének célja annak megállapítása, hogy a benne található és kapcsolódó gépészeti elemek rezgésdiagnosztikai szempontból milyen szinten érzékelhetők, illetve diagnosztizálhatók.

Az elemzés magába foglalja a közlőműház által gerjesztett várható rezgések „spektrális” jellemzőinek meghatározását és ezek alapján a gépészeti elemek azonosítását a mért rezgésekben.

A közlőműház által gerjesztett rezgések szempontjából a következő jelenségeket kell figyelembe venni:

- Forgó elemek (pl. tengelyek) alap és felharmonikusai.

Az alapharmonikus utal a forgó elem kiegyensúlyozatlanságára, a befogás merevségének változására stb.

Az első felharmonikus általában élesen reagál a forgó elem szilárdsági viszonyaiban bekövetkező módosulásokra (pl. kezdődő repedés, zsugorkötés lazulás stb.)

- Fogütközési (pl. fogaskerék, bordástengely) frekvenciák.

A fogütközési frekvenciák a fogaskerék állapotára utal. Jelzi a kapcsolódó eszközök okozta terhelések változását.

- Fogütközési frekvenciák oldalsávjai (un. „**Side-lobe**”)

Az (oldalsávok érzékenyen reagálnak a beállítási hibákra pl. egytengelyűség eltérés, szerelési hiba.) de élesen jelzi a tengelyhez kötött eszközök állapotában bekövetkező változásokat.

Az említett jelenségeknél felsorolt diagnosztikai sajátosságok csak példaként szolgálnak. A valóságban az egyes hibák szinte valamennyi jellemzővel észlelhetők, természetesen más érzékenységi szinten.

Gépészeti berendezéseknél általában szokásos valamilyen csapágy diagnosztikát is alkalmazni. Ebben az esetben, a korábbi mérések tapasztalatai alapján, erre közvetlen mód nincs. Ennek okai a következők:

- A csapágyra jellemző rezgéskép frekvenciatartománya általában olyan magas (kb. 20kHz felett), amely érdemleges mérést csak közvetlen a csapágyon tesz lehetővé. Ez a jelen esetben nem biztosítható.
- Az alkalmazható érzékelők, és a közlőműház szerkezetéből adódó elérhető frekvenciatartomány messze elmarad a szükségesétől.

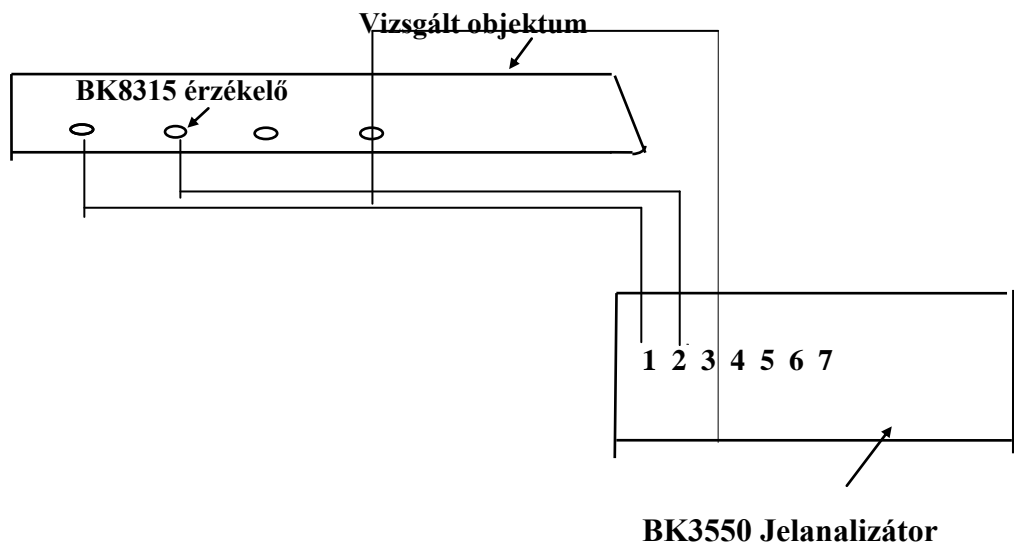
Mindezek figyelembevételével a csapágyak állapota csak közvetett módon mérhető. Általános tapasztalat az, hogy a csapágyhézagok növekedés és a kopások olyan szerkezeti merevségi változásokat eredményeznek, melyek érzékelhetők a fogütközési jelenségek körében leírtakkal.

Az közlőműház mechanikai szerkezete, annak viselkedése, jelentős mértékben befolyásolhatja a forgó egységek által okozott vibrációs jelenségeket és ezért az átviteli jellemzőinek mérése a következő okok miatt szükséges:

- A mérési eredmények alapján eldönthető, hogy a közlőműház és a tüzelőanyag és hidraulika szivattyú egy, vagy egymástól független mérési pontot igényel.
- A mérési eredmények alapján eldönthető a forgó alkatrészek diagnosztizálhatóságának „mélysége”, a nyert adatok információtartalma.

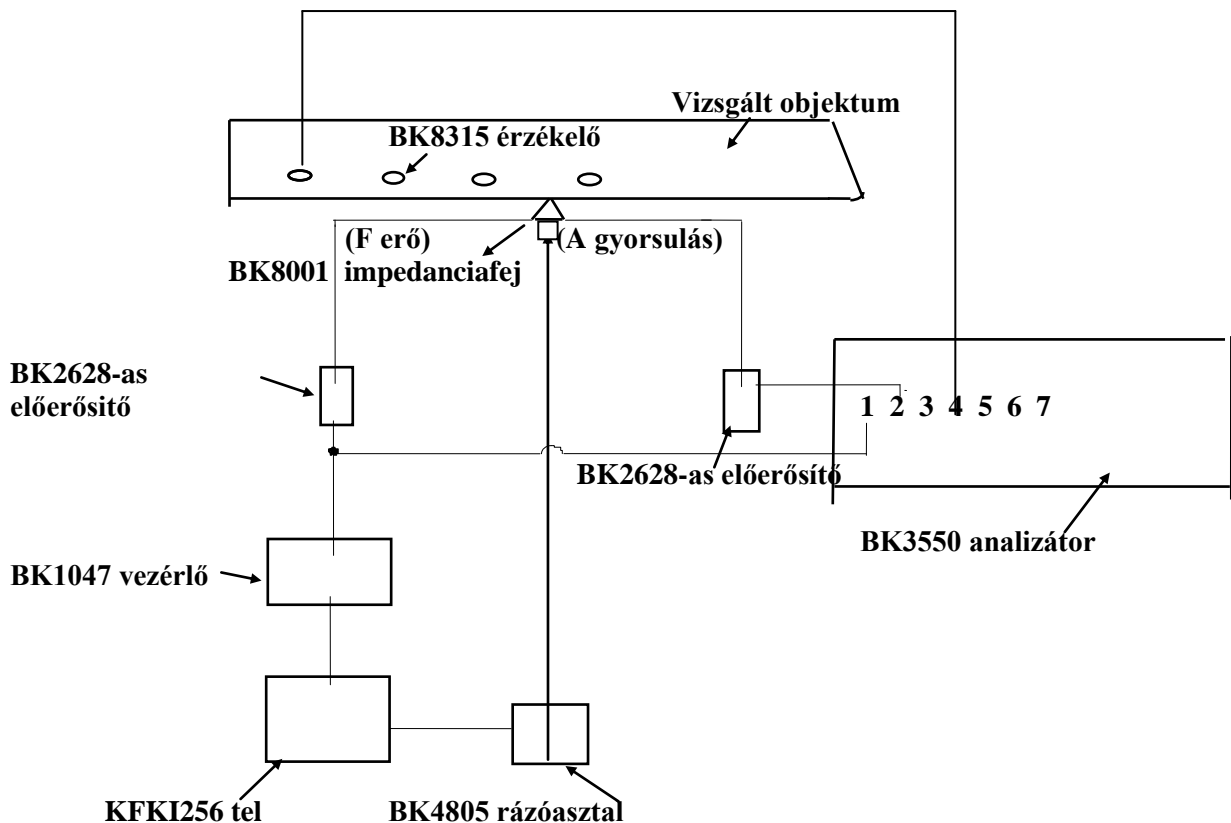
Alkalmazott mérési elrendezések:

Az **első méréssorozat** esetében a hajtómű és közlőműház különböző pontjaiban vizsgáltuk a keletkezett rezgések spektrális eloszlását. Ennek megfelelő mérési összeállítás sematikus vázlatát a **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra Rezgések spektrális eloszlásának mérésére alkalmazott összeállítás blokkvázlata

Az **második méréssorozat** esetében az elsőben alkalmazott mérések mellett vizsgáltuk a statikus alkatrészek (pl. hajtóműház, közlőműház) átviteli jellemzőit. Erre a rezgésdiagnosztikában szokásos lassú frekvenciaváltozású gerjesztéses vizsgálati módszer alkalmaztuk, melynek lényege az, hogy a vizsgált objektum adott pontjának gerjesztés mellett a szerkezet különböző pontjai között mérhető átviteli jellemzők meghatározhatók. Az alkalmazott mérési összeállítás vázlatát a **2. ábrán** látható.



2.ábra Átviteli jellemzők meghatározására szolgáló mérési összeállítás

Az eredményesség érdekében a beépítésre kerülő hajtóművekről és közlőművekről, az első beépítéskor részletes rezgéstérképeket kell készíteni, amit aztán a megfelelő számítógépes támogatás segítségével mindig össze lehet hasonlítani az aktuális rezgéstérképekkel. Így az üzemeltető nyomon tudja követni a hajtómű állapota változásait, és elkerüli a fölösleges berendezéscseréket, hajtómű ki és beépítéseket, ezzel egyben jelentős üzemidőt is megtakarítva.

Az eredményesség garantálható mind az **on-ground**, mint az **on-board** rendszer alkalmazása esetében, de a legnagyobb eredményesség a két rendszer összehangolt, együttes alkalmazása esetén érhető el. Az hatékonyság még nagyobb lehet, ha mindezen lehetőségeket már gyári felszerelések is biztosítják, de a Magyar Honvédség keretében elvégzett kísérleteink azt valószínűsítik, hogy nagyon jó eredmények érhetők el az utólagos beépítésekkel is.

Ebben az előadásban nem kívánom részletesen tárgyalni, de belátható, hogy a hajtómű egyéb paramétereivel történő együttes analízis (égőtér, turbina előtti-utáni hőmérsékletek, nyomásviszonyok, üzemanyagnyomás változásai, fordulatszámok stb) nagyon jó alapot ad a hajtómű állapotszerinti üzemeltetésre történő átállításhoz.

Tribológia:

Amennyiben jól belegondolunk a repülőgépek, de különösen a nagy terhelésekkel repülő vadászgépek esetében, már 40-45 éve alkalmazzák a tribológiai méréseket. Ezt úgy hívták, hogy „fémforgácsjelző” (pl: VSZ-1). A finomszűrők ellenőrzése, az itt megengedhető, vagy nem megengedhető szennyeződés mértéke, illetőleg anyaga, szintén egy sajátságos tribológiai ellenőrzés. Különösebb előrejelzésre, vagy állapot meghatározásra ez nem volt alkalmas, de repülésbiztonsági szempontból nagy jelentőséggel bírt. A technika fejlődésével, a kifinomult mérőeszközök, műszerkomplexumok megjelenésével lehetőség nyílt az olajok (kenő és hidraulika) olyan ellenőrzésére, amely már állapotváltozások prognosztizálására, meghibásodások analizálására is alkalmassá vált. Ismert, hogy bizonyos fémek, elemek mikroszkopikus megjelenése a rendszer, vagy annak egyes elemei belső elváltozásai előjelének is tekinthető:

- abrazív kopás; (kemény részecske kerül a súrlódó felületek közé, karcolást. Rovátkát okoz)
- adhéziós kopás; (száraz futás, kenési elégtelenség hideg felkenődést, berágódást okoz)
- felületi kifáradás; (változó felületi erőhatások kereszt és fésűs repedéseket okoz)
- tribooxidáció; (a hőmérséklet em., vagy korrózió köv. kémiai reakció, ami a kopás növekedését okozza)
- korrózió;

A gyakorlatban a MH LÉJŰ végez tribológiai vizsgálatokat, azonban előadásomban, a **KFKI**-val közösen végzett, „**Végvár**” kutatási programot szeretném röviden bemutatni:

Ez a „**Neutronaktivációs analitikai vizsgálat**”, melynek lényege, hogy a vizsgálandó minta stabil izotópjában, a reaktorból származó termikus neutronokkal besugározva, magreakciót idézünk elő. Az így keletkezett radioaktív izotópok gammasugárzást bocsátanak ki, amelyeket speciális mérési technikával mérve, rendkívül nagy pontosságú adathalmazt szolgáltatva, érzékeny elemzéseket tesz lehetővé.

Értékelhető adatokhoz lehet jutni igen kis mennyiségű anyagminta esetében is, amely a mérés után is megőrzi eredeti kémiai tulajdonságait. Egyetlen vizsgálat keretében az összetevő elemek szinte teljes spektruma vizsgálható, amely mintánként több mint harminc elemet is jelenthet.

Az ismert finanszírozási nehézségek miatt a program nagyon lelassult, de ennek ellenére biztató eredményeket lehet felmutatni. Tekintettel arra, hogy az egyazon hajtóművekre vonatkozóan még kevés adat áll rendelkezésre, a mérési eredmények nehezen értékelhetők. Megfelelő adathalmaz esetében, azonban a mérések a különböző approximációs technikák és stratégiák segítségével jól követhetők, a riasztási szintek, a hibákhoz tartozó mérési adatok meghatározhatók. Ez azt jelenti, hogy jól kezelhető állapotprognózisok állíthatók fel.

A kutatások eredményei, az ismertté vált folyamatok, a vibrációs mérések és az endoszkópos ellenőrzések integrálása, a meghibásodások adatai etalonként történő kezelése biztató eredményeket mutatott a hajtóművek állapotának és a hidraulikarendszerek működőképessége prognózisában.

Endoszkópos ellenőrzések:

Ez ideig leggyorsabban és legtöbb és a legkézzelfoghatóbb eredményt az endoszkópos hajtómű vizsgálatok eredménye képen nyertünk. A nagyjavító vállalat által nem megfelelő minőségben elvégzett nagyjavítások miatti meghibásodásokat időben sikerült előre jelezni, vagy megakadályozni, illetőleg ezek anyagi vonzatát teljes egészében a javítóvállalatra áthárítani. Ezt úgy kell érteni, hogy az ellenőrzésekhez, gyártó által előírt műszerek még messze nem mutatták ki azokat a repedéseket, elváltozásokat, amit az itthon beszerzett, jó nevű cég által gyártott endoszkóp már kimutatott, illetőleg az elektronikusan rögzített adatok alapján a meghibásodás, elváltozás teljes folyamata ismertté lett, a hajtómű üzemképtelensége nagy pontossággal prognosztizálhatóvá vált.

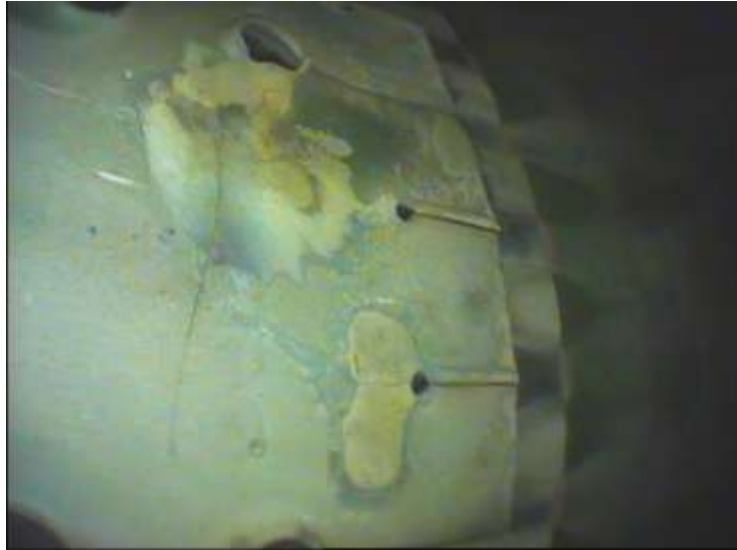
Az endoszkóp repülőgépen történő alkalmazására a szakállomány szintén felkészült.

Néhány gyakorlati példa (csal hajtóművekről):

- **870881272167** gyári számú RD-33 típusú hajtómű égőtér sérülése.

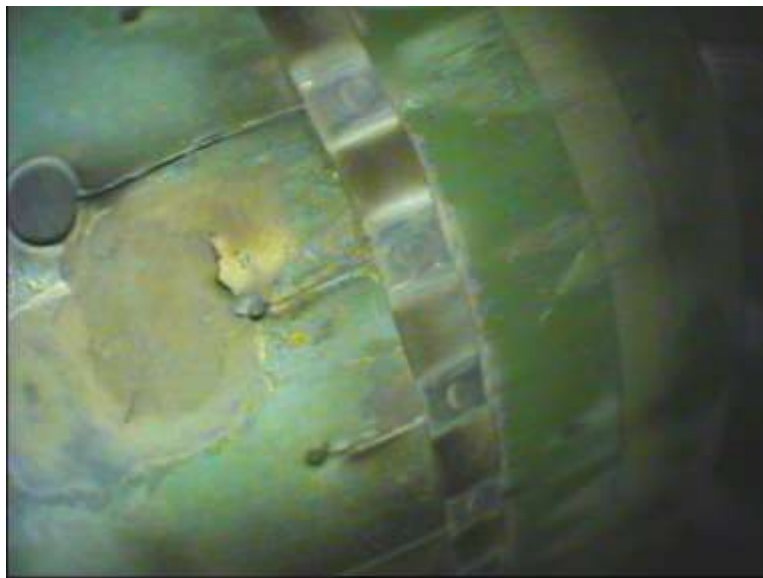
Az égőtér repedése a nagyjavítás után indult el, és 31 óra ledolgozott üzemidő után 32 mm-t érte el. A repedésnövekedési sebességéből valószínűsíthető, hogy a garanciális időn belül a repedés hossza meghaladta volna a Technológiai Utasításokban (*továbbiakban: TU-ban*) megengedettet (35 mm), de a hajtómű madárral való ütközés és a ventilátor sérülése miatt üzemképtelenné vált.

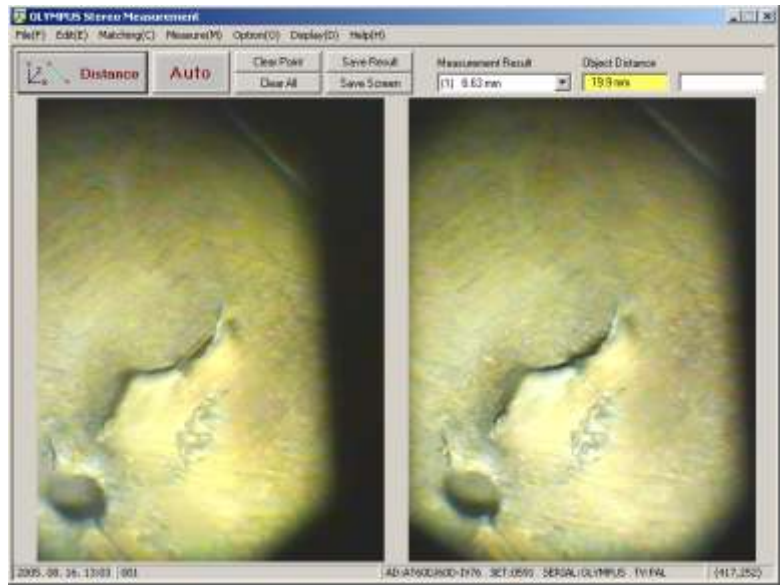




- **870881672005** gyári számú RD-33 típusú hajtómű garanciális javítás utáni égőtér sérülése

A garanciális javítás utáni első hajtómű beépítés előtti ellenőrzés során feltárták az égőtér TU szerint megengedett repedését (hossza= 8,63 mm), melyet a javítás során nem javítottak ki. Az üzemeltetés során a repedés tovább növekedett, 47 óra 26 perc ledolgozott üzemidő után a repedés hossza elérte a 10,26 mm-t. A repedés hossza a garanciális időn belül valószínűleg még nem haladja meg a TU-ban megengedett 15 mm-t, de a tendenciából látszik, hogy a hajtómű nem tudja ledolgozni a javításközi üzemidejét.





Óóra 00 perc

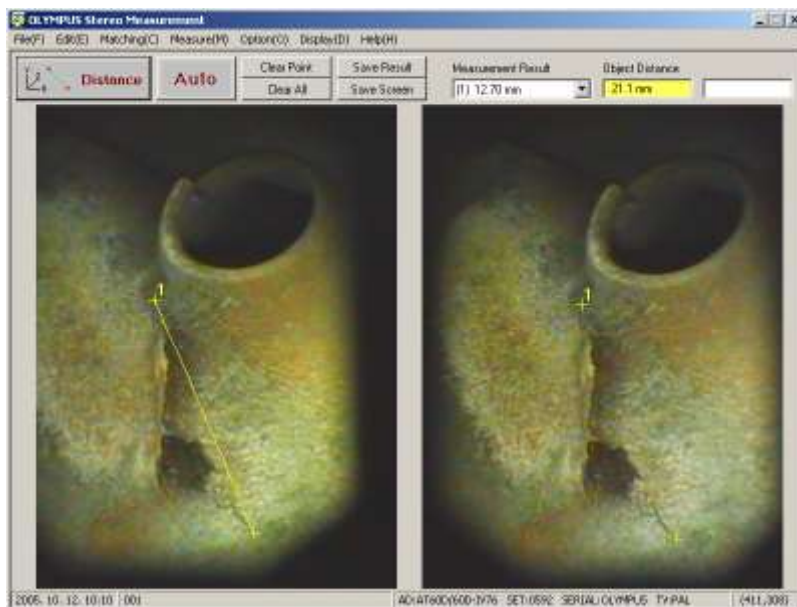


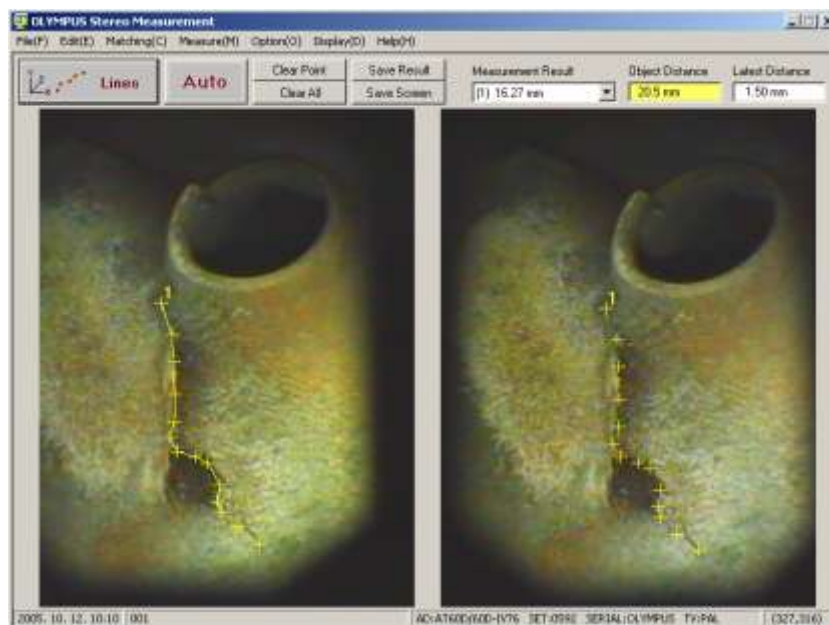


47 óra 26 perc

- **870882272102** gyári számú RD-33 típusú hajtómű égőtér sérülése

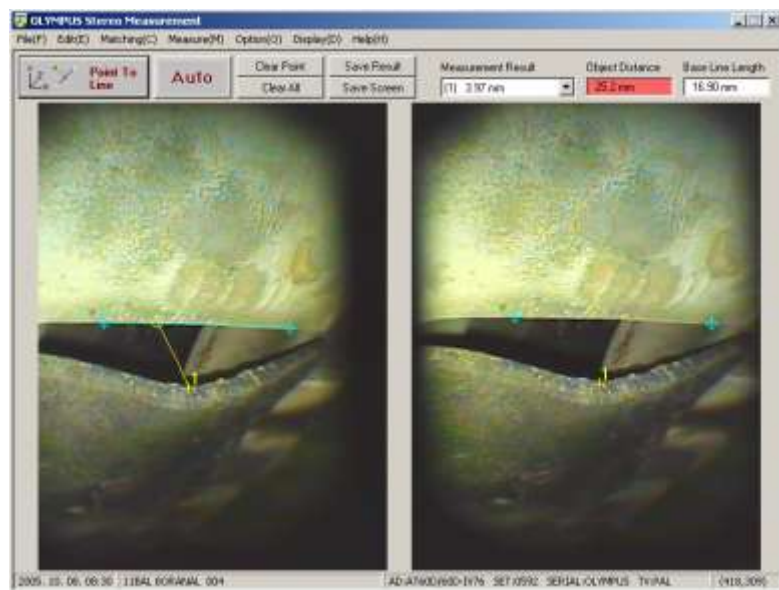
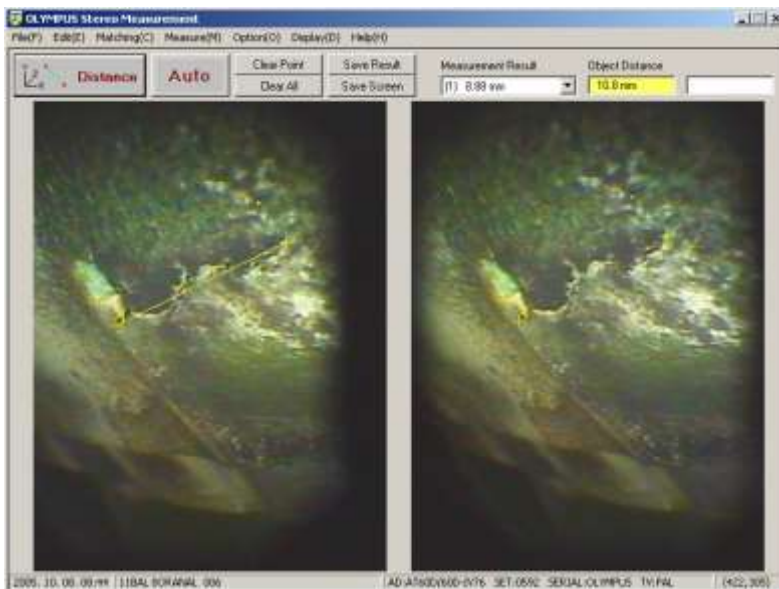
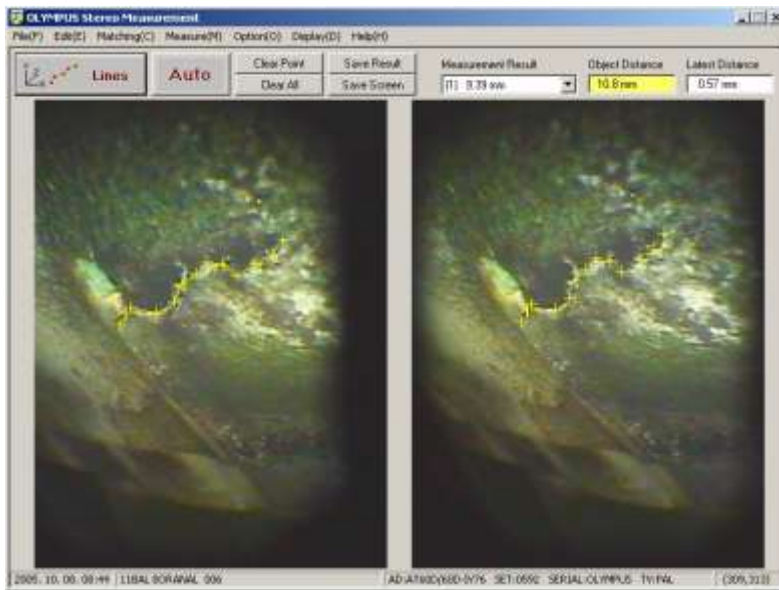
Az égőtér repedése a nagyjavítás után indult el, és 65 óra ledolgozott üzemidő után 16,27mm-t érte el. A repedés növekedési sebességéből valószínűsíthető, hogy a garanciális időn belül a repedés hossza nem haladja meg a TU-ban megengedettet (35 mm), de már hajtómű nem képes ledolgozni a teljes javításközi üzemidejét.





- **870882272070** gyári számú RD-33 típusú hajtómű égőtér sérülése

Az égőtér repedése a nagyjavítás után indult el, és 104 óra ledolgozott üzemidő után 9,39 mm-t ért el. A repedés növekedési sebességéből valószínűsíthető, hogy a garanciális időn belül a repedés hossza nem haladja meg a TU-ban megengedettet (35 mm), de már hajtómű nem képes ledolgozni a teljes javításközi üzemidejét. Valamint az égőtérben található egy kihajlás is, mely szintén a nagyjavítás óta jött létre.





Összefoglalva:

A fentiekben tárgyalt eredmények, valamint a repülőgép sárkánya üzemeltetési filozófiája területén a gyártóval közösen elért sikerek, melyeket az **általunk üzemeltetett repülőgép típussal rendelkező országok közül elsőnek a világon vezettünk be**, jó esély adnak arra, hogy a még MA meglévő magas szintű üzemeltetési kultúránk, szellemi kapacitásunk révén úrrá legyünk azon az objektív „hátrányon” hogy importált repülőgépeinket, csak importon alapuló beszerzésből tarthatunk fenn. A magas és állandóan növekvő költségek mellett, élnünk kell a saját szellemi és humán kapacitásunkból adódó előnyökkel, amivel jelentős költségmegtakarítást érhetünk el. (ez 30-40%- t is kitehet) Nem szabad elfelejteni, hogy ezen eredmények, a költségek csökkentése, bármely jelenlegi, vagy jövőbeni repülőgép típus esetében is elérhetők, realizálhatók A leírt módszereket egy rendszerbe kell integrálni, folyamatosan fejleszteni, így hatékonysága, költségtakarékos mivolta meghozza a várt eredményeket.

A tényleges állapotszerinti üzemeltetés bevezethető, sőt bevezetendő!

FELHASZNÁLT IRODALOM:

(* Ezen területen megtalálható igen nagy orosz irodalmat leszámítva (most nem tárgyalva) és a teljesség igénye nélkül :

1. Structural health monitoring methodology for aircraft condition-based maintenance (MC Gowan; Reither Livier; Depuis Jean Pierre; Takeda Nobuo stb)

2. On Condition Maintenance (FMW Sveden; Deouis Jean Pierre stb)

3. Engine Vibration Monitoring and Diagnosis Based on ON-Board Captured Data (Dr Jorge A. Moreno Barragán Germany)

4. Tribológia (BME Dr Tóth Lajos; Dr Kiss Gyula; Cerlikon Balzers Coating)