

A REPÜLŐSZERKEZETEK MŰSZAKI KARBANTARTÁSA

**Békési Bertold mérnök százados
egyetemi tanársegéd
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar
Fedélzeti rendszerek tanszék**

Kulcsszavak: Karbantartási stratégiák, Korszerű üzemben tartási stratégiák, Az MSG-3 bevezetésének lehetősége.

BEVEZETÉS

A repülőeszközöket a világon mindenhol speciálisan erre a célra létrehozott szervezet, illetve személyi állomány üzemelteti a földön, esetenként részfeladatokat ellátva a levegőben is. A Magyar Honvédségen belül ez a szervezet a Repülő Mérnök–Műszaki Szolgálat (továbbiakban MMSZ), mely elnevezésében, felépítésében sok közös vonást hordoz más országok hasonló szervezeteivel (Aircraft Engineering, Inwenernaq Aviacionnaq Xluwba).

Az MMSZ rendeltetése mindazon szervezeti, technikai feltételek megteremtése, amelyekkel a repülőeszközök műszaki kiszolgálása és javítása — az előírt sorrendben és mélységben végrehajtott munkavégzéssel — biztosítja azok üzemképességét és hatékony felhasználhatóságát.

Az üzemben tartó tevékenység ellenőrző javítások, karbantartások rendszere, melynek formái:

- A repülőtechnika kiszolgálása a műszaki állapot magas szinten tartása érdekében;
- A repülések műszaki kiszolgálása;
- A repülőtechnika valamilyen profilaktikus rendszerben történő javítása.

A fenti tevékenységek a feladatok jellegének megfelelő szervezeteket és munkamódszereket igényelnek. Az üzemben tartás különböző szervezeteknél, járműveknél, gépeknél egységesen folyik, a struktúrák és a módszerek azonban a helyi

sajátosságoknak és részfeladatoknak megfelelően különbözőek, melyek fejlődés eredményeként alakultak ki és jelenleg is folyamatos változásban vannak.

A KORSZERŰ ÜZEMELTETÉSBEN HASZNÁLTOS KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK

A repülőeszközök több évtizedes fejlődése szükségszerűen együtt járt a tervezési, gyártási és üzemeltetési folyamat korszerűsödésével. Ezt mind a repülés biztonsága, mind a gazdaságossági szempontok egyaránt megkövetelték. Napjaink harci helikopterének, vadászrepülőgépének vételára meghaladja a 10, illetve 20 millió USD-t, aminek 30–40%-át az avionika költségei teszik ki.

Ugyanakkor az üzemeltetési költségek 20 évre akár ennek a 200–300%-át is elérhetik. Az utóbbit csökkentendő, olyan tudományosan alátámasztott karbantartási stratégiák, valamint erre épülő eljárások kimunkálása vált szükségessé, amelyek segítségével az élettartam közvetlen üzemköltségei 150% alatt maradnak.

A minimális összköltségek fenntartása mellett a műszaki karbantartás célja:

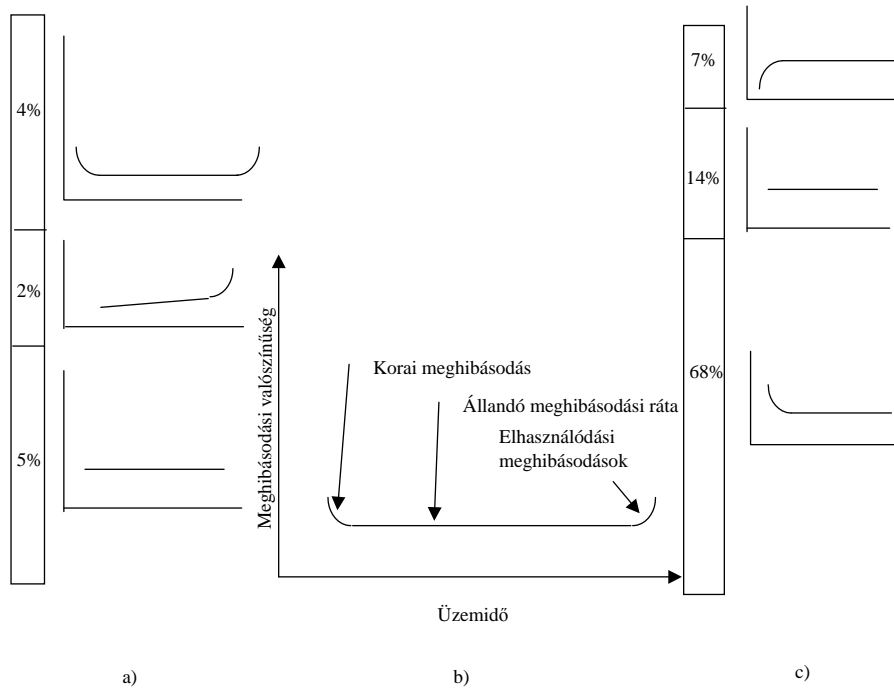
- az adott elemben, rendszerben konstrukciósan meglévő biztonsági szint fenntartása, vagy romlás esetén annak visszaállítása;
- nem kielégítő működés esetén a szükséges információ összegyűjtése és továbbítása a gyártónak áttervezés céljából.

Tulajdonképpen valamennyi karbantartási stratégia célja az, hogy a lehető legnagyobb számú meghibásodás megelőzésével (időbeni elhárításával) minél kedvezőbbek legyenek a megbízhatósági²⁶ mutatók

A karbantartási célok megvalósítására jelenleg négy karbantartási stratégia ismeretes, melyek kronológiailag is egymásra épülve, folyamatos fejlődés eredményeként alakultak ki. Ezek a

- üzemeltetés a meghibásodás bekövetkezéséig;
- kötött üzemidő (hard time) szerinti;
- megbízhatóság központú (condition monitoring);
- műszaki állapot (on condition) szerinti, melynek az ellenőrzéséhez szükséges műszaki jellemzők folyamatosan vagy szakaszosan (időszakosan) mérhetők;

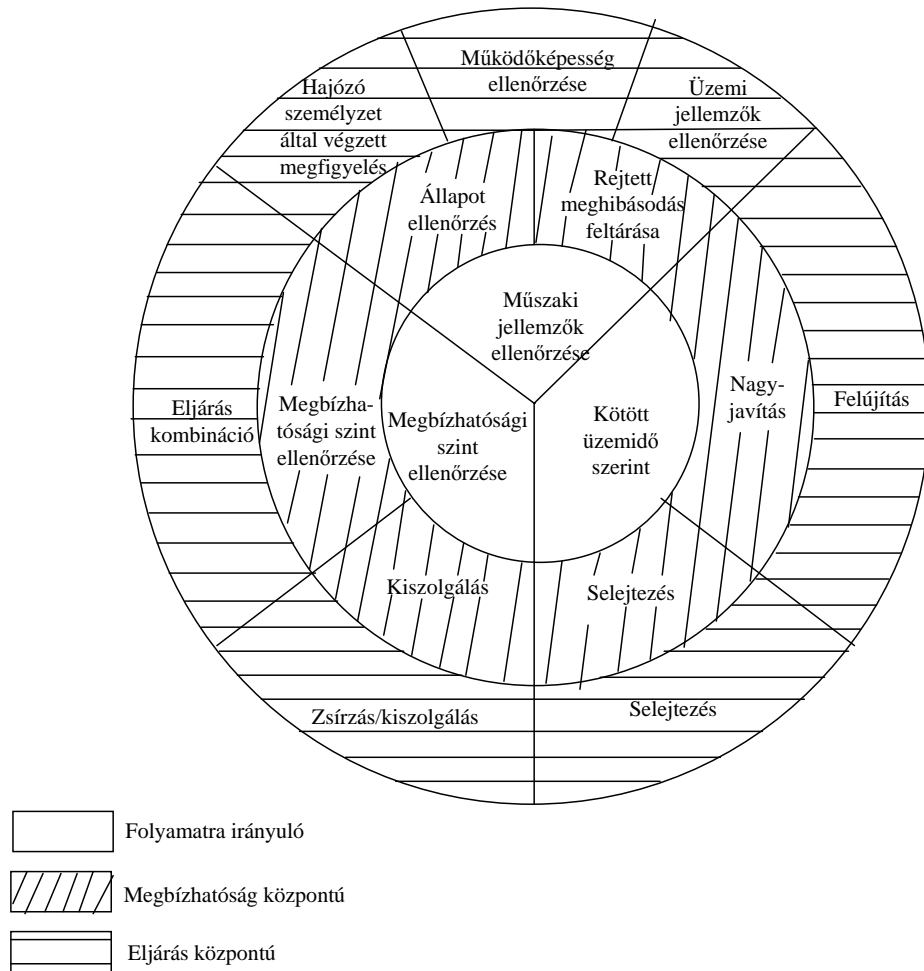
²⁶ Megbízhatóság az a tulajdonság, hogy a repülőszerkezet (rendszer, berendezés, elem) képes végrehajtani meghatározott feladatait, megőrizni technikai jellemzőit mind a földön, mind a levegőben előre meghatározott naptári és repült időhatárok között. Ezt az üzemeltetés teljes tartamára az üzemben tartási és javítási rendszer biztosítja.



1. ábra

A kötött üzemidő szerinti stratégiát akkor alkalmazzák, ha a vizsgált állapot egzakt meghatározásához hiányoznak a szükséges adatok. Elméleti alapját az a feltételezés adta, hogy a folyamatos igénybevételnek kitett szerkezeti elemek, berendezések meghibásodásai egy korai, egy állandó meghibásodási rátájú és egy emelkedő tendenciájú elhasználódási–meghibásodási szakaszból tevődnek össze (1.b ábra), így „csak” a két utóbbi szakasz határát kellene meghatározni üzemidő-korlátként. Ez nem lehetséges, mivel egyrészt a mérhető műszaki jellemzők hiányoznak, másrészt a különböző alkatrészek, berendezések részletesebb meghibásodási vizsgálata szerint azok hat különböző jelleggörbéjével jellemezhetők (1.a,c. ábrák). Ezek közül csak 4% mutat teljes és további 2+5=7% részleges hasonlóságot (1.a ábra), míg összesen 89%-nál (1.c ábra) nem megfelelő az üzemidő-korlát. Gyakorlatilag valamennyi jelenlegi katonai repülőeszközünk kötött üzemidő szerint üzemel!

A karbantartási folyamatra irányuló stratégia három karbantartási eljárásra épül (2. ábra középső kör), kötött üzemidő szerintire, műszaki jellemzők és megbízhatósági szint ellenőrzésére.



2. ábra

A műszaki jellemzők ellenőrzéséhez szükséges kiinduló információk a funkcionális és diagnosztikai jellemzők segítségével kaphatók meg, melyeket meghatározott gyakorisággal repülés közben és karbantartások alkalmával mérnek. Az eljárás alapja a berendezés műszaki állapotáról megbízható információt nyújtó műszaki diagnosztizálás, mely megfelelő eszközök és módszerek alkalmazása esetén hosszabb időszakra tesz lehetővé előrejelzést.

A megbízhatósági szint ellenőrzésével végzett műszaki karbantartás lényege, hogy a berendezések javításközi üzemidő nélküli üzemeltetése és a meghibásodások felismerésével, valamint elhárításával kapcsolatban szükséges munkák végre-

hajtása mindaddig folytatódik, amíg a megbízhatósági szint tényleges értéke az elfogadott tūrestartományon belül van. Alkalmazása akkor célszerű, ha

- olyan berendezésről van szó, amelynek meghibásodása nem befolyásolja a repülés biztonságát;
- a berendezés magas szinten technologizált;
- a megbízhatósági szint ellenőrzésének költségei nem haladják meg a tervszerű megelőző műszaki karbantartását;
- a fedélzeti ellenőrző vagy külső eszközök jelzik az üzemképtelenségét.

A megbízhatósági szint szerinti karbantartás végrehajtására csak akkor van lehetőség, ha az üzemben tartónak megfelelő számítógépe és olyan személyi feltételei biztosítottak, melyekkel a megbízhatóság operatíván elemezhető, illetve a szükséges döntések (ciklusidő–meghatározás, átminősítés más eljárásra stb.) meghozható.

A megbízhatósági központú stratégia valójában nem tekinthető karbantartási eljárásnak, mivel az ellenőrzésre kijelölt egységeken nem végeznek tervszerű megelőző karbantartást, hanem utólag, a meghibásodás bekövetkezése után vizsgálják meg azokat. E stratégia figyelme négy eljárásra irányul (2. ábra középső körgyűrű): állapot ellenőrzésre, a rejtett meghibásodás feltárására, nagyjavítására és selejtezésre.

Az állapotellenőrzés optimális eljárás, mert a valós karbantartási igényt jelzi. A rejtett meghibásodások feltárásához speciális módszerekre van szükség, melyek azokat észlelhetővé teszik. Nagyjavításnak és selejtezésnek a kötött üzemidős berendezéseket kell alávetni.

Az eljárásközpontrú stratégia az előzőekben felsorolt stratégiák tapasztalatai alapján lett létrehozva, kiküszöbölve azokból a döntési logika merevségét, a gazdaságossági és a biztonsági szempontok világos el nem határolását, a rejtett funkcionális meghibásodások nem megfelelő kezelését. Ebből adódóan, a többi stratégiához képest nem is jelent alapvető eltérést, hanem ráépülve azokra (2. ábra, külső gyűrű), a döntési logika gondolatmenetét, az eljárás kiválasztását racionalizálja.

Az eljárás kiválasztó jellegétől függően vagy biztonsági, vagy gazdasági kategóriára irányul, úgy, hogy azon belül a legkönnyebben végrehajtható eljárást vizsgálják először. Amennyiben ez nem alkalmazható, vagy hatékonysága nem kielégítő, akkor a sorrendben utána következő eljárások vizsgálata következik, szükség szerint a szerkezet módosításáig.

A logikai rendszer figyelembe veszi és értékeli az elhasználódást, a kifáradást, a korróziót, a véletlen sérülést, az életkort.

A döntési folyamat a következőket tartalmazza: többszörös meghibásodások, a meghibásodásnak a környező szerkezetre kifejtett hatása, a repedésnek az észlelhe-

tő mérettől a kritikus méretig való növekedése, a potenciális meghibásodás küszöbértékének felderítése stb.

Az eljárás-központú karbantartási stratégia-tevékenység elemeit (2. ábra külső körgyűrű) meghatározott időközönként kell végrehajtani, azok inkább műveletre irányulnak, eljárásai megfelelnek a megbízhatóság-központú stratégia négy alapvető eljárásának. A különbség köztük abban van, hogy az előbbi felosztja az állapotellenőrzést további részekre, valamint hogy kombinált eljárás is alkalmazható.

NYUGATI REPÜLŐESZKÖZÖKNÉL ALKALMAZOTT KORSZERŰ MŰSZAKI KARBANTARTÁSI ELJÁRÁSOK (MSG–3, MSG–4)

A nyugati és orosz eredetű légi járműveken az 50-es évek kezdetétől jól megfigyelhető a helyenként eltérő tervezői koncepció, illetve a technikai fejlettségben mutatkozó különbség. A különbözőség azonban még markánsabban jelentkezik az alkalmazott üzemeltetési stratégiák, illetve eljárások területén a nyugat javára. Ennek minden bizonnyal egyik meghatározó oka, hogy náluk — mindenekelőtt a polgári légi forgalomban — létkérdésként jelentkezett a gazdaságosság/hatékonyág optimális viszonyának kialakítása.

Az üzemeltetés elméleti és gyakorlati kutatásainak központjává nyugaton az USA vált. Az elért eredményeket szabványosították és fokozatosan adaptálták, először a polgári, majd a katonai repülésben, amit ezzel párhuzamosan átvett a nyugati világ valamennyi ismert repülőgépgyártó és üzemeltető vállalata is.

Ennek a négy évtized alatt lejátszódó minőségi fejlődésnek a következő főbb állomásai voltak:

- a 40-es évek végén, az 50-es évek elején a DC–8-as, illetve a V–377-es repülőgépek egyes berendezéseit és rendszereit fokozatosan, üzemidő korlát nélkül csak műszaki állapot szerint kezdték üzemeltetni.;
- 1958-ban jóváhagyták a műszaki biztosítás és javítás egységes programját, mely lehetővé tette a légi társaságok számára a gázturbinás hajtóművek javításközi üzemidejének növelését, meghatározott műszaki és biztonsági követelményeknek való megfelelés alapján;
- az 1962–64 között kiadott rendeletekkel szabályozták az állapot szerinti, illetve a fenti programnak megfelelő üzemeltetés bevezetését a légi társaságoknál;
- 1968-ban a Boeing és a FAA közösen kidolgozták az MSG–1 műszaki biztosítási és javítási rendszert a B–747 óriás gép számára. Ebben lettek

először elméletileg is megalapozottan meghatározva és párhuzamba állítva az üzemidő, műszaki jellemzők és megbízhatósági szint szerinti üzemeltetési stratégiák;

- 1970-ben az MSG–1 általánosítása, illetve továbbfejlesztése eredményeként kiadták az MSG–2-t, mely már valamennyi korszerű repülőgéptípus üzemeltetéséhez és javításához alkalmas eljárás-központú alapidokumentum volt;
- 1980-ban az MSG–2-t továbbfejlesztve megjelent az MSG–3 megbízhatóság-központú eljárás, amelyben a karbantartási előírások kidolgozása ennek megfelelő logikai folyamat alapján megy végbe;
- a 80-as évek közepétől a Boeing megkezdte a korábbi tapasztalatok felhasználásával az MSG–4 eljárás kimunkálását, melynek fő szempontjai a logikai rendszer további racionalizálása, a hajtóműszer ellenőrző szerepének kiiktatása és a karbantartási munkavégzési előírások rugalmasabbá tétele.

Az MSG–2 eljárást az 1.generációs, az MSG–3-at a 2–3.generációs repülőgép karbantartásánál alkalmazzák. A repülőeszköz karbantartási előírásaihoz az MSG–3 nem tartalmaz számszerű előírásokat, azokat mindig a konkrét, üzemeltetőre kidolgozó munkacsoport határozza meg, melynek tagjai a gyártó vállalat(ok), az üzemeltető és légügyi hatóság képviselőiből kerülnek ki.

A kidolgozást az üzemeltető, a repülőgép és a hajtóműgyártó által létrehozott Irányító Bizottság (Steering Commite) koordinálja, melynek fő feladatai:

- a karbantartási elvek meghatározása;
- a kidolgozói munkacsoportok tevékenységének és a felmerülő egyéb munkatevékenységek irányítása;
- kapcsolattartás a gyártóval és üzemeltetőkkel;
- végleges karbantartási előírás, javaslat elkészítése.

A bizottságnak jogában áll szervezési lépéseket tenni a karbantartási előírásvajavaslat egyes területeihez szükséges, részletes műszaki információk megszerzése érdekében. A bizottság által jóváhagyott elemzéseket, javaslatokat egy végső jelentésben foglalják össze és felterjesztik a légügyi hatósághoz.

A karbantartási előírásokban foglaltak két csoportba sorolhatók:

- előre meghatározott időközönként végrehajtandó tervszerű eljárások a megbízhatósági szint csökkentésének megakadályozására;
- nem tervszerű eljárások a berendezések előírásos állapotba hozására.

A karbantartási előírások kidolgozása olyan meghatározott logikai folyamat alapján megy végbe, mely elsősorban a meghibásodások hatását vizsgálja. A vizsgálatba be nem vont berendezéseket az üzemeltető a saját megbízhatósági rendszerének megfelelően vizsgálja.

Az MSG–3 szerint a konkrét típusra történő karbantartási eljárás kidolgozásánál elsőként — a repülésbiztonsági szempontoknak megfelelően — valamennyi szerkezeti elemet és berendezést lényeges, illetve nem lényeges kategóriába sorolnak. Anyagi okokból és az időmegtakarítás érdekében az elemzést csak a szerkezeti, valamint karbantartás szempontjából jelentős egységekre végzik el. Az első csoportba a sárkányszerkezet kifáradásnak, korrózióknak és véletlenszerű sérülésnek kitett, többnyire egytagú egységei, a másodikba azok a rendszerint összetett rendszerek tartoznak, amelyek a gépről leszerelhetők és meghibásodásuk hatása:

- meghatározó a repülés biztonságára (földön és levegőben);
- nem érzékelhető üzemelés közben;
- jelentősen befolyásolja az üzemeltetési költségeket;
- az üzemeltetést nem befolyásolja, de kedvezőtlenek a gazdasági vagy honvédelmi következményei.

A karbantartási eljárás meghatározásához használatos, fokozatosan terebélyesedő logikai diagram úgy van elkészítve, hogy felülről lefelé haladva „igen” vagy „nem” válaszok határozzák meg az elemzés útját.

Az elemzés a célszerűen megválasztott és megbízhatóan mérhető műszaki adatok szerinti tényleges meghibásodások és hiba okok szerinti elemzési technikán alapul, amelyben:

- kijelölik a karbantartás szempontjából jelentős egységeket;
- meghatározzák minden egység:
 - rendeltetését (normál és jellemző működését);
 - tényleges meghibásodását (működésképtelenné válásának feltételeit);
 - meghibásodásának okait.
- Megállapítják a karbantartási előírás szükséges eljárásait és azok végrehajtási gyakoriságát, úgy meghatározva a gazdaságossági, illetve biztonsági hatású előírásokat, hogy teljes karbantartási előírás legyen összeállítható.

Az MSG–3 rendszer nagyszámú tapasztalatainak felhasználásával a Boeing-cég megkezdte egy még korszerűbb karbantartási rendszer, az MSG–4 kidolgozását, amelyet az ezredforduló után rendszerbe állítandó polgári és katonai repülőeszközökön kívánnak alkalmazni.

Ebben a rendszerben az ismétlődő analóg kérdések helyett minden kérdést csak egyszer tesznek fel. Az első szint kérdése azon szerkezeti elemek vagy rendszerek kiválasztására irányul, amelyekre karbantartást, javítást kell tervezni. Amennyiben az adott szerkezeti elem vagy berendezés meghibásodása nem csökkenti a repülés biztonságát, hatékonyságát, illetve nem késlelteti a feladat megoldását, akkor a karbantartás, javítás szempontjából nem lényeges kategóriába kell sorolni és ilyen tevékenységet nem is kell tervezni rajta.

Az egyetlen különbség a tényleges, nyilvánvaló és rejtett meghibásodások alkalmával végzett munkák között az, hogy csak az utóbbiak feltárása van tervezve.

KÜLÖNBÖZŐ ÜZEMELTETÉSI STRATÉGIÁK EGYIDEJŰ ALKALMAZÁSÁNAK ÉS AZ MSG-3 BEVEZETÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI AZ MH REPÜLŐCSAPATAINÁL

Az elkövetkező években, évtizedekben a nyugati és az orosz beszerzésű repülőeszközök közös légi üzemeltetése során felvetődő problémák megoldásán kívül a földi üzemben tartással kapcsolatos néhány fontos kérdés is megválaszolást igényel. Ilyenek:

- Lehetséges-e egyáltalán különböző beszerzési forrásból származó, más-más műszaki, karbantartási eljárást feltételező repülőeszközök együttes üzemben tartása?
- Szükség van-e az eltérő karbantartási eljárások teljes vagy részleges konvergenciájára, amennyiben igen, melyik (elemei) élvezzen(ek) prioritást?

Az első kérdésre mindenképpen igenlő válasz adható, hiszen a különböző generációkhoz tartozó nyugati és keleti beszerzésű repülőeszközök együttes légi-földi üzemeltetése jelenleg is mindennapos gyakorlat (pl. hazánkban a MALÉV-nál, a BM Légi Rendészeténél és a mezőgazdasági repülésben). Ezenkívül több ország légi erejénél évtizedeken keresztül zavartalanul tartottak és tartanak egyidejűleg rendszerben orosz, francia, amerikai repülőgépeket (Egyiptom, Finnország, India, Kuba, Románia, Salvador, Vietnám stb.), de napjainkban is tapasztalható ilyen törekvés.

A második kérdésre adandó válasz részletesebb elemzést igényel, amihez mindenekelőtt figyelembe kell venni a közös üzemeltetés várható időtartamát.

A vadászrepülő erőkhöz hasonlóan más repülő fegyvernemünkénél is közös üzemeltetési időszak valószínűsíthető a meglévő és a későbbiekben beszerzésre kerülő repülőeszközökkel. Ezeknél — amennyiben egyáltalán szükségessé válik — a karbantartási stratégiák eltérése diktálta minimálisan szükséges mértékben izolálni kell az infrastrukturális, valamint a logisztikai háttérrel, és a polgári légi forgalom tapasztalatainak megfelelően az üzemben tartás külön műszaki századokkal, de akár egyazon javítóbázissal is megvalósítható az átmeneti időszakban. Amennyiben további orosz repülőeszközök vásárlására kerülne sor, úgy biztos, hogy azok is karbantartási folyamatra irányuló stratégiával üzemeltethetők (más

kérdés az, hogy a konkrét nyugati és keleti repülőgép típusoknál e stratégia megvalósítása eltérő objektív és szubjektív feltételrendszert igényel).

Első közelítésből a nyugati rendszer általánossá tétele kínálkozik kedvezőbbnek, mivel:

- A NATO-hoz történt integrációnknak ez elengedhetetlen feltétele;
- Jóval korszerűbb, dinamikusabban fejlesztett, mint az orosz repülőgépekénél alkalmazott;
- Kiépítése után gazdaságosabb üzemeltetést tesz lehetővé;
- A légi forgalmi irányítás után az üzemben tartásban is egységes normák vonatkoznának a polgári és katonai repülésre.

E megoldás egyik legnagyobb nehézsége az eszközigény különlegesen magas anyagi fedezetének biztosítása, ami az orosz rendszereknél lényegesen olcsóbban megoldható.

KÖVETKEZTETÉSEK

A 90-es évek végére elodázhatatlanná vált katonai repülőgépparkunk döntő hányadának a cseréje.

A származástól függetlenül bármilyen új repülőeszköz hatékony alkalmazása csak a katonai repülés üzemeltetési rendszerének teljes átalakításával, módosításával biztosítható. Ennek nyugati repülőeszközök esetében jóval magasabb a költség-vonzata, mint az orosz gépeknél. A rendszer és a repülőeszköz bonyolultsága miatt a kiválasztásra vonatkozó felelős döntés csak a számításba jöhető típusok szakmai munkacsoportok által, egységes szempontok szerint végrehajtott elemzéseinek összevetését követően hozható meg.

Általánosan megállapítható, hogy a nyugati típusok rendszerbe állítási, az orosz típusok rendszerben tartási (üzemeltetési) költségei a magasabbak.

Végezetül megállapítható, hogy önmagában jó repülőeszközt nem lehet kiválasztani, csak megbízható, korszerű üzemeltetési rendszert, melynek a repülőeszköz is része.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ÓVÁRI GYULA: Nyugati és szovjet gyártmányú légi járművek együttes üzemeltetésének, valamint repülő mérnök-műszaki biztosításának lehetőségei az MH repülőalakulatainál. Egyetemi doktori értekezés, 1994.
- [2] DR. ÓVÁRI GYULA: A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonyági kritériumok, valamint NATO csatlakozásunk

A REPÜLŐSZERKEZETEK MŰSZAKI KARBANTARTÁSA

- figyelembevételével. A légierő fejlesztése tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1997. pp. (9-117)
- [3] DR. ÓVÁRI GYULA: Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdasági-hatékonysági kérdései. A harcászati repülők fejlesztésének szükségessége és lehetősége. Konferencia előadás gyűjtemény, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1998. pp. (33–70)
- [4] DR. PETÁK GYÖRGY: A repülőtechnika üzemen tartása és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMF, Szolnok, 1981.
- [5] ROHÁCS JÓZSEF, DR. — SIMON ISTVÁN: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989.