

A KORSZERŰ REPÜLŐESZKÖZÖK ALKALMAZÁSÁVAL ÖSSZEFÜGGŐ REPÜLŐTÉRI ÉS REPÜLŐMŰSZAKI BIZTOSÍTÁS IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

Napjainkban az elmúlt évtizedek tapasztalatait felhasználva a modern hadviselés terén átalakulás zajlik. A különböző mértékű változásokat olyan technológiák hozták, mint a pontosabb kézi fegyverek, az új aknák, a csatahajók a harckocsik és a villámháborús fegyverek. A hadtudomány mindezt hadászati forradalomként emlegeti.[1]

Az 1970-es és 1980-as években megjelent forradalmian új „lopakodó technológia” után a negyedik generációs hagyományos pilóta által vezetett repülőeszközök elterjedésével egyidejűleg igazi nagy ugrásnak számít az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle)¹ megjelenése.

Az UAV-k jelentik a korszerű harctevékenységek terén az igazi változást a jövő fegyveres konfliktusaiban. Ez a legnagyobb változás azóta, hogy a kétfedelű repülőgépeket fegyverekkel szerelték fel az első világháborúban. Tulajdonképpen a pilótánélküli repülő a harci gépek újabb fejlődési szakaszát jelentik.

Természetesen a robotrepülőgépek és konstrukcióik jelenleg ismert és használt típusaikkal együtt folyamatos fejlesztésen mennek keresztül, főleg hatótávolságuk, és levegőben tarthatóságuk szempontjából.

A mai UAV-k beprogramozásuk után jellemzően teljesen önirányításúak. Képesek önállóan felszállni, feladatot teljesíteni, és leszállás után visszatérni a megadott helyre.

Az öbölháború során a 313 bevetés alatt az UAV-k közel 1000 órát töltöttek a levegőben. A bevetések során mindössze 1db *Pioneer* lőtt le. A találati pontosságot és az ellenséget felderítő videó rendszer sokat segített a szárazföldi és tengerészeti parancsnokoknak. A videó rendszerek azonban csak kis részét jelentik az UAV-k fedélzetén megjelenő arzenálnak.

Az Öböl háború idejére az UAV-ken lévő szenzorok már bármilyen időjárási körülménynél alkalmazhatók voltak.[1]

A szenzorokkal ellátott UAV-k teljes értékű felderítő gépekké váltak. Ezáltal a vadászgépektől átvették a fegyver nélküli felderítő szerepét. Általában a felderítés komoly erőfeszítéseket jelentett a haderő számára, hiszen taktikai vadászgépeket kellett bevetniük kamerákkal, de így sokkal kevesebb fegyvert vihettek magukkal, ami nagyobb sebezhetőséget jelentett egy ellenséges vadászgéppel történő

¹ Unmanned Aerial Vehicle=Pilóta nélküli repülőeszköz

találkozás esetén. Az így végzett felderítés másik hátránya a gép nagy sebessége, mivel gyorsasága miatt az álcázott célpontokat nem érzékeli.

Más műszaki csodák mellett megjelent például a szintetikus képalkotó radar, melynek kamerái rossz időben, kevés fénynél, de még a tetőkön át is látnak. Jugoszláviában a harcok közben így kevés hely maradhatott rejtve.

A fentiekből következik, hogy a mai kor hagyományos és a pilóta nélküli repülőeszközeinek² kiszolgálása, üzemeltetése és üzemeltetése során az emberi tényezőkön kívül meghatározó szerep jut az adott eszköz egész élettartamát meghatározó ellenőrzési és támogató rendszereknek. Jellemzően számítógépekkel, hálózat alapú alkalmazásokkal és az ezekhez szükséges korszerű technikai eszközök használatával, azok egész életciklusára kiterjedő klasszikus terminológia szerint úgynevezett „állapot szerinti üzemeltetésük” a meghatározó. Akár orosz, akár amerikai, vagy egyéb országokból származó haditechnikai eszközökről beszélünk, a marketing tevékenység során minden esetben kiemelésre kerül az üzemeltetési stratégia.

Az eszközök tervezése során természetesen arra törekszenek, hogy annak szinten minden eleme folyamatosan monitorozásra kerüljön és meghibásodás esetén a megfelelő hibajelentés, vagy akár korrekció kerüljön végrehajtásra akár emberi beavatkozás nélkül. Ez természetesen nagyon költségigényes ezért a kivételes alkalmazási esetektől eltekintve a napjainkban elterjedt repülőeszközök nagy részén számos szerkezeti elem esetében továbbra is a kötött időtartamú, ledolgozott ciklus, vagy üzemidőt követő periodikus ellenőrzés kerül alkalmazásra.

Már a tervezés fázisában nagy figyelmet szentelnek annak, hogy a lehető legmagasabb megbízhatóság a lehető legalacsonyabb erőforrás felhasználással biztosítható legyen. Mindezt figyelembe véve a repülőeszköz és alrendszerei úgy kerültek kialakításra, hogy a gyártási tevékenység, az anyagok megválasztása szigorú minőségbiztosítási alapelvek alkalmazása mellett történik. Az üzemeltetés hatékonyságának növelését szolgálja a beépített biztonsági és diagnosztikai eszközök, továbbá a földi támogató rendszerek. Mindezeket figyelembe véve a repülőgépen és a földi támogató rendszerek között is széleskörűen elterjedt a számítógépek és a korszerű diagnosztikai berendezések alkalmazása. Ezekkel azok fedélzeti rendszereinek állapot felügyelete a repülőeszközök komplexitásának fokozódásával és a kereskedelmi repülés elterjedésével egyre nagyobb hangsúlyt kapott.[2]

Az állapot-felügyelet (monitoring) fejlődésére több tényező is pozitív hatást gyakorolt az elmúlt néhány évtizedben. Ezek között legfontosabbként kell említeni a repülés biztonsága iránti igény fokozódását, mely a sok utas befogadására alkalmas kereskedelmi és a csúcstechnológiát képviselő nagy értékű katonai repülőeszközök alkalmazása mellett természetes. Továbbá a paci versenyből adódóan mind a katonai, mind pedig a civil alkalmazások terén fontos költséghatékonysági tényező. Mindezen igények kielégíthetősége irányába hatottak a számítástechnika és az elektronika területén végbement fejlesztések, illetve a létrehozott technikai eszközök széleskörű elterjedése.[3]

² A hagyományos és pilóta nélküli eszközöket továbbiakban együttesen, repülőeszköz néven említem.

A fokozódó piaci igények kielégítése és a gyártók talpon maradásáért folytatott verseny arra ösztönzi a gyártókat, hogy a legújabb fejlesztések mielőbb alkalmazásra kerüljenek a repülőeszközökön. Az anyagszerkezeti, technológiai területeken létrejött fejlesztések mellett egyre nagyobb szerepet kapnak az olyan intelligens megoldások, mint az állapot felügyeleti, SHM³ rendszerek. Az SHM rendszerek az alapját képezik az oly sokat emlegetett állapot szerinti üzemeltetésnek. Napjainkban már szinte nem ajánlanak fel úgy repülőeszközt, hogy az üzemeltetés ezen alternatívája ne lenne alkalmazható, sőt ezen rendszerek a már régebb óta alkalmazásban lévő és más üzemeltetési koncepció szerint üzemeltetett repülőeszközök számára is költséghatékony alternatívát kínálnak.[4]

A katonai repülőeszközök harcászati technikai paraméterein túl, azok rendelkezésre állási mutatói és élettartam költsége a legfontosabb mutató, amelyet a potenciális vásárlók, illetve megrendelők szem előtt tartanak. Ezen mutatók csak abban az esetben tarthatók optimális szinten, ha minél teljesebb információval rendelkezünk az üzemeltetett eszköz állapotáról és a szükséges beavatkozásokat, karbantartásokat csak akkor hajtjuk végre, mikor az valóban indokolt.

Az üzemeltetési koncepciók evolúciós folyamatában a számítógépes folyamatfelügyelt és kontrolált paraméterfigyelésen alapuló rendszerek töltik be a legelőkelőbb helyet. A rendszerek kifejlesztése és alkalmazása nagymértékben emeli a bekerülés költségét a repülőeszközöknek, de mindezeket ellensúlyozza e rendszereknek az eszközök élettartamára és üzemeltetési rendszerére gyakorolt hatása.

Ilyenek a műszaki technikai tényezők közül az automatikus fedélzeti ellenőrző rendszerek, melyek segítségével csökkenthető az üzemeltetés élőmunka ráfordítása és növelhető a repülésbiztonság valamint a repülőeszköz működésének pontos és folyamatos nyomon követése. Segítségével meghatározható a kritikus állapot bekövetkezésének időpontja és oka, segítségével lehetőség nyílik a földi kiszolgáló és támogató eszközök térfogatának és súlyának csökkentésére.

Humán erőforrásra kiható tényezők pedig csökkentik a repülési feladatra történő előkészítés időszükségletét, így a repülőgép jobb kihasználtsági tényezővel rendelkezhet.

A hajózó személyzetet csak abban az esetben kap tájékoztatást a repülőgép rendszereinek állapotáról, ha azt szándékosan kezdeményezi, vagy ha a repülésbiztonságra kihatással bíró meghibásodás következik be;

Az úgynevezett „piros vonalon” csökkenti a magas képzettségű műszaki személyzet szükségletét, mivel a hibaanalízis egy meghatározott algoritmus szerint elvégezhető alacsonyabb képzettségű személy által.[1]

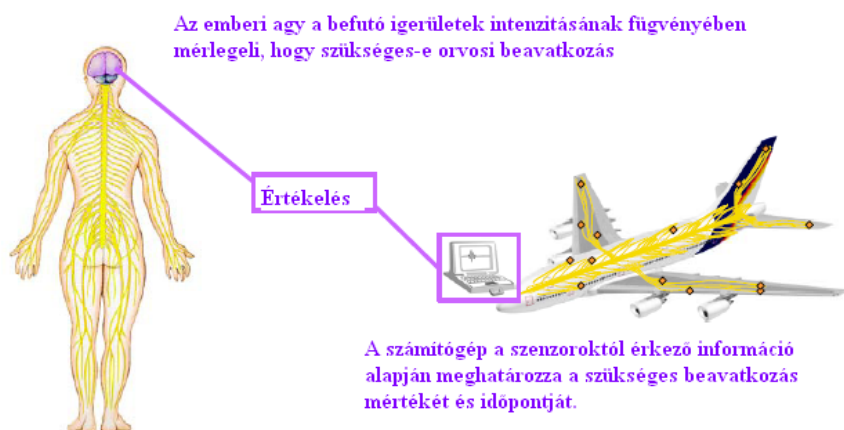
REPÜLŐGÉPEK ÁLLAPOTFELÜGYELETE

Mit is kell értenünk állapot –felügyeleti rendszeren? Az alapötlet, mint számos más fejlett technikai megoldásnál, itt is a természetben keresendő. Ebben az esetben az emberi idegrendszer szolgált alapul. Sőt

³ Structural Health Monitoring=Szerkezeti állapot ellenőrzés

bizonyos értelemben a rendszer még fejlettebb is mivel az ember esetében a csontok nem tartalmaznak idegvégződéseket, így fennállhat az esélye, hogy egy esetleges törésnél egyáltalán nem, vagy csak minimális fájdalmat érzünk. A repülőgépek esetében cél az idegvégződéseket (szenzorokat) úgy elhelyezni, hogy a szerkezet integritásáról folyamatosan reális képet kapjon az üzemeltető.[4]

Terjedelmi korlátok miatt, jelen előadásban a repülőeszközök sárkány (váz-) szerkezetének alapvető állapotfelügyeletével kapcsolatos rendszereket kívánom példaként meghivatkozni.



1. ábra Ember-repülőgép idegrendszer vázlata [4]

A szükséges beavatkozások megítélése szempontjából elengedhetetlen az állapot felmérése, nyomon követése, ami minél pontosabb és szélesebb körű adatgyűjtést, adatfeldolgozást jelent. A rendszer korszerű integrált szenzorok, adatfeldolgozó egységek, algoritmusok és az eltelt évtizedek során felgyülemlett tapasztalatok, statisztikai adatok, kifejlesztett korszerű anyagok célirányos alkalmazásán alapul. Nagyban hozzájárul a fejlett felügyeleti rendszerek alkalmazásához a repülőgép építésben alkalmazott anyagok fizikai tulajdonságainak minél pontosabb megismerése, technikai eljárások fejlődése.

A felügyeleti rendszerek tervezésénél, integrálásánál alapvető cél a minél nagyobb érzékenység, az alacsony bekerülési ár és ami lényeges, hogy a rendszer alkalmazható legyen nagy kiterjedésű, komplex geometriájú szerkezetek megbízható felügyeletére. A komplex geometria alatt olyan szerkezetek értendők, amelyek tartalmaznak csatlakozó felületeket, bordákat, változó vastagságú héjszerkezetet, görbületeket, különböző anyagokat, méhsejt vagy szendvics szerkezetet.

Az SHM egy új alternatív megoldása a roncsolásmentes anyag- és szerkezet-vizsgálati módszereknek, melynek célja biztosítani a repülőgép szerkezetének, szerkezeti elemeinek integritását.

A gyakorlatban számos eljárás mód alkalmazásra kerül, példaként említve: a repülőgép szerkezetet érő terhelések folyamatos nyomon követése, majd a nyert adatokból a szerkezeti elemek kifáradási határának meghatározása, vagy mesterséges behatásokra (akusztikus, elektromágneses, termikus) a szerkezet által adott „válaszreakciókból” a már jelentkező szerkezeti eltérések behatárolása.

Napjainkban már széles körben alkalmazott eljárás mód, ahol a felügyeleti rendszer a szerkezetre ható terheléseket regisztrálja - főként kitüntetett szerkezeti elemek felületére ragasztott nyúlásmérő bélyegek segítségével – vagy a repülési paraméterekből származtatja vissza az egyes szerkezeti elemekre az azokat ért terhelést.

A korszerű repülőeszközök esetében a fentebb említett eljárás mód ötvözésre került, vagyis nyúlásmérő bélyegek segítségével bizonyos bekötési pontokon folyamatos adatgyűjtést végez az üzemeltetést támogató adatgyűjtő egység, illetve a repülési paraméterekből, függesztmények fizikai jellemzőiből, elhelyezéséből indirekt módon származtatásra kerül a terhelés.

A Magyar Honvédség által korábban üzemeltetett repülőeszközökön klasszikus, jelenlegi értelmezésben vett állapot-felügyeleti rendszer még nem működött, azonban Mig-29 típusú repülőgépek fedélzeti adatrögzítő rendszere - a pontosságából, rögzített paraméterek számából, digitális jelalakból adódóan – már lehetővé teszi a terhelés származtatását az egyes szerkezeti elemekre. Ez alapként szolgált a Mig-29 típusú repülőgépek állapot szerinti üzemeltetési formára történő átállásánál.

Ugyanakkor kijelenthető, hogy a korszerű UAV-k kivételével mind a Gripen, mind pedig a Mig-29 repülőgépek esetében a rendszer passzívnak tekintendő, mivel a repülés során gyűjtött adatok csak a földön kerülnek kiértékelésre.

Az állapot felügyelet szükségessége

A rendszerek fejlesztésének egyik legfontosabb mozgatórugója a műszaki üzemeltetési költségek – előzetes kalkulációkból adódóan - közel 75 %-os csökkentése és a repülésbiztonság növelése. A szerkezeti elemek állapota közvetlenül kihatással lehet a teljes rendszer teljesítmény paramétereire, amely arányosan kihat a repülés biztonságára.

A szerkezeti elemek állapotában bekövetkező és bizonyos szintet meghaladó változások maguk után vonják a javító tevékenység szükségszerűségét. A szerkezeti javítások közvetlenül és közvetett módon is kihatnak az élettartam költségekre. Direkt módon csökkenthetőek a javítási költségek, amennyiben a meghibásodást korán felismerjük és kisebb mértékű beavatkozással, korrigáljuk. A költségekre közvetett hatást gyakorol az SHM rendszer alkalmazásából adódó információkon alapuló döntési lehetőség, hogy az azonnali javítás a soron következő időszakos munkáig elnapolható-e, elkerülve az eszköz, rendelkezésre állásának csökkenését.

Továbbá az SHM alkalmazásának köszönhetően új szerkezeti konstrukciók jelenhetnek meg, mellyel a jelenleg alkalmazott szerkezetek optimálisabb méretezése biztosítható. Ebből adódóan a szerkezeti elemek szintjén a tervezők 15 % súlycsökkenést remélnek, ami kihatással van az eszközök alkalmazhatósági korlátaira, hatékonyságára, élettartam költségeire.[4]

A napjainkban még gyakorta alkalmazott tervszerű megelőző, javítás, karbantartás - melyet állapottól függetlenül előre meghatározott időközönként kötelező érvénnyel végrehajtandóak – egy a repülőgép tervezése során felvett, becsült igénybevételi modellen alapulnak. A felvett modellek a használat során természetesen korrigálásra kerülnek az úgynevezett „leader” gépek üzemeltetése során

szerzett tapasztalatok alapján. A repülőgépek valós igénybevétele – főként katonai alkalmazások tekintetében – gyakran eltér az üzemeltetési irányelvek meghatározásához alapként szolgáló modelltől. Az igénybevétel, a szerkezeti állapot minél pontosabb ismerete nagymértékben hozzásegítheti a repülőeszközök fenntartó szervezetet a karbantartási, javítási feladatok, minél pontosabb hozzáigazítását a szükségletekhez.

A felhasznált szerkezeti anyagok közt a repülőeszközök építésében egyre nagyobb mértékben jelennek meg a kompozit anyagok, ami például a Gripen esetében a sárkányszerkezet összsúlyának megközelítőleg 20 százalékát teszi ki.

A kompozit anyagok alkalmazása fokozza a sárkánytest szerkezeti hatékonyságát, egyben a gyártási költségeket is csökkenti.



2.ábra. Kompozit anyagok alkalmazása [3]

Az ábrán szereplő feliratok jelentése: Carbon-Fiber Composit (CFRP) - Szénszálas kompozit anyag; Glass-Fiber Composit (GFRP) – Üvegszálas kompozit anyag; Aramid-Fiber Composit (AFRP) – Aramidszálas kompozit anyag

A korlátozott mértékben homogén kompozit szerkezetekkel ellentétben a korábban alkalmazott fém szerkezeti elemeknél - az igénybevétel függvényében - a kifáradásos folyamatok, repedésének megjelenése, illetve azok terjedésének sebessége nagy pontossággal meghatározható. Ebből adódóan főleg a kompozit szerkezetek esetében fontos szerep jut a fejlett szenzorokon alapuló állapot felügyeletnek.

Továbbá gyakran hallani azt a mondást, hogy „Tévedni emberi dolog”. Nos ezt általánosságban véve a technikai eszközök nem tolerálják, de a repülőtechnika esetében bekövetkezett katasztrófák meghatározó többsége humán tényezőkre vezethető vissza. Az integrált rendszerek nem csak a vizsgálatok állandó minőségének biztosítását szolgálják, hanem a költséges emberi munkaórák

mennyiségét is jelentősen csökkenthetik. Laboratóriumi méréseken alapuló becslések szerint a kereskedelmi repülőgépek karbantartása során a fedélzetre integrált rendszerek több mint 40 %-al lecsökkenthetik a karbantartás szükséges időráfordítását, amit a 3. számú ábra táblázatában bemutatott területenkénti megoszlás szemléltet.

Ellenőrzés típus	Jelenleg végrehajtott ellenőrzések időigénye %	Becsült megtakarítás integrált rendszerekkel	Megtakarítható idő %
Start ellenőrzés	16	0,4	6,5
Időszakos ellenőrzés	31	0,45	14,0
Nem tervezett ellenőrzés	16	0,1	1,5
Javítás, hibabehatárolás	37	0,6	22,0
	100		44,0

3. ábra. Karbantartási időszükséglet összehasonlítása [4]

Teljesen automatizált, fejlett adatfeldolgozó rendszer integrálása a katonai alkalmazások esetében megközelítheti az 50 %-os karbantartási időráfordítás csökkenést eredményezhet, ami a repülőeszközök rendelkezésre állásának növekedését eredményezi, illetve az ismételt feladatra történő előkészítés idejének csökkentése szempontjából fontos hadművelleti tényező lehet.

Az állapot felügyeleti rendszerek lehetséges működési elvei

Az alábbi táblázatban egy összefoglaló áttekintés található a napjainkban alkalmazott technológiai eljárásokról. Az eljárásokkal kapcsolatban egyértelműen kijelenthető, hogy azok nem egymással versengve, hanem egymást kiegészítve fejlődnek, hiszen mindnek megvan a létjogosultsága a gyakorlati alkalmazás során.

Technológia	Fizikai működési elv	Felderíthető hiba típusok	Alkalmazási terület	Alkalmazható anyag típus	Érzékelési mód
Üvegszál (Bragg Gratings)	A szerkezetre vagy a szerkezetbe integrált optikai szálak, melyekben szerkezeti feszültség hatására a fény diffrakciót szenved.	Terhelés Fizikai behatások Kompozit rétegek szétválása	Helyi	Fém és kompozit szerkezetek	On-line
Ultrahang	Mesterségesen generált majd speciálisan elhelyezett érzékelőkkel felfogott akusztikus hullámok. Szerkezetben bekövetkezett változás a vett jelek torzulását eredményezi.	Repedés Kompozit rétegek szétválása	Teljes	Fém és kompozit szerkezetek	Off-line
Összehasonlító Vákuum monitoring	Szerkezeti elem felületére ragasztott csatornák. Esetleges repedés a szerkezetben a csatornák közti nyomás kiegyenlítődést vagy szivárgást eredményez.	Korrózió Repedés Ragasztás fellazulása	Helyi	Fém és kompozit szerkezetek	On-line
Akusztikus emisszió	A szerkezetben bekövetkezett szerkezeti változások (repedés kialakulása, növekedése, külső behatás, kompozit szerkezet rétegződése) által generált akusztikus jelek érzékelése, rögzítése	Külső behatás Repedés Kompozit rétegek szétválása	Teljes	Fém és kompozit szerkezetek	Off-line

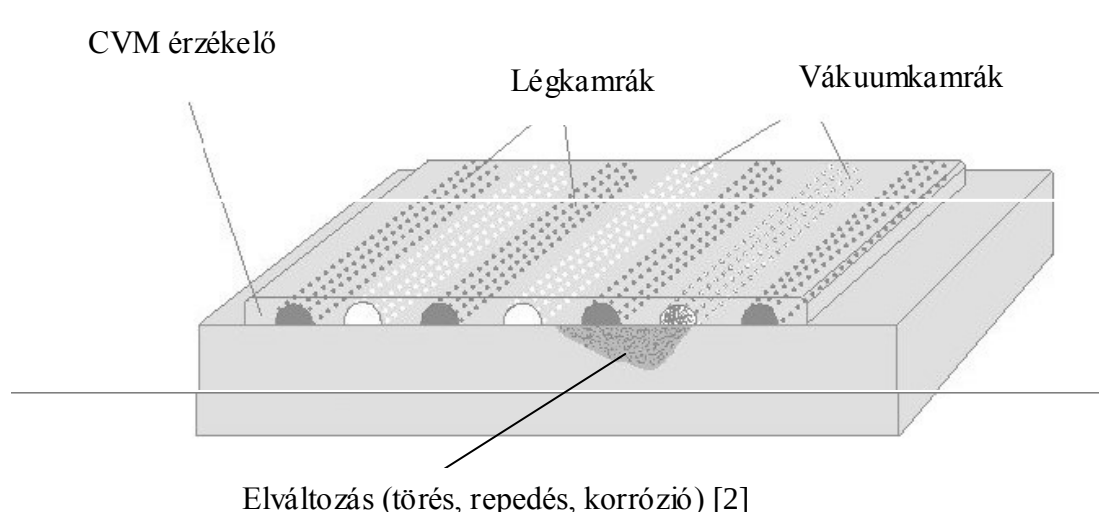
Inteligens bevonatok	Mikro méretű piezo vagy más elven működő elektronikus érzékelő elemek közvetlenül a felületre ragasztva vagy kompozit szerkezet esetében a rétegek közé ágyazva	Korrózió Repedés	Helyi	Fém és kompozit szerkezetek	On-line
Környezeti tényezőket felügyelő érzékelő	Multifunkciós érzékelők segítségével folyamatosan nyomon követésre kerül: páratartalom, hőmérséklet, nedvesség időtartama és pH értéke. A mért adatokat beillesztve a korróziós modellbe, meghatározható a szerkezet korrodáltságának foka.	Korrózió	Helyi a szenzor környezetére vonatkoztatva	Fém és kompozit szerkezetek	Off-line
Mikrohullámú érzékelő	Mikrohullámok segítségével pitch-catch mode a szerkezeti elemekbe behatolt nedvesség helye, mennyisége határozható meg	Víz behatolás a szerkezetbe	Helyi	Kompozit szerkezetek Szendvics szerkezetek	Off-line
Ultrahang képalkotással	A klasszikus ultrahang elvén működő rendszer, mely miniaturizált és integrált szenzor hálózat segítségével átfogó 2 dimenziós képet ad a szerkezet állapotáról	Minden ami ultrahanggal felderíthető	Helyi	Fém és kompozit szerkezetek	Off-line
Örvényáramú érzékelők	Fóliára nyomtatott és a felületre felragasztott tekercsek segítségével örvényáram kerül generálásra a szerkezetben és az adott válaszreakciókból az állapot meghatározható.	Repedés Korrózió	Helyi	Fém	Off-line

4. ábra. Napjainkban alkalmazott technológiai eljárások [4]

A teljesség igénye nélkül az alábbiakban a 4. számú ábrán bemutatott eljárásmódok közül a szélesebb körben elterjedtek kerülnek bemutatásra.

Összehasonlító vákuum monitoring (CVM=Comperative Vacuum Monitoring)

A megoldás hatékony módszert kínál szerkezeti elemek belső felületén a repedések, korróziós elváltozások kialakulásának, terjedésének valós idejű felügyeletében. A szenzor a 3. sz ábrán látható felépítésű. A rendszer a működése során összehasonlító mérést végez az egymás mellett lévő kamrákban, ahol az egyik kamrában alacsony nyomású vákuumot hoznak létre, míg a másikban atmoszférikus nyomás uralkodik. A rendszer nem csak homogén felületen, de hegesztett varratokon, illetve kompozit szerkezetek belsejébe is elhelyezhető. A rendszer gyors és egyszerű megoldást jelent kritikus helyen lévő szerkezeti elemek lokális felügyeletében.



5. ábra. Az összehasonlító vákuumos ellenőrzés működési vázlata [4]

Mikrohullámú érzékelő

A mikrohullámú antennák alkalmazása a roncsolásmentes vizsgálati eljárások során teljesen újszerű. A rendszer működése azon alapul, hogy a víz jelenléte torzítja az elektromágneses mezőt. A zárt szerkezeti elem belsejében elhelyezett antenna ($l=30\text{ mm}$ $\phi=8\text{ mm}$) elektromágneses teret hoz létre. Az elektromos impulzus koaxiális kábelén keresztül jut el az antennához. Kifejlesztés alatt állnak olyan rendszerek, amelyek önálló egységként képesek lesznek a helyi mérések elvégzésére. A rendszerek nagy jövő előtt állnak, mivel a szénszál erősítésű kompozit szerkezetek hajlamosak jelentős károsodást elszenvedni, amennyiben a víz kerül a szerkezetükbe.

Akusztikus emisszió

A rendszer 20 kHz-1MHz-es ultrahang tartományban működő átalakítókon alapul melyek képesek érzékelni a szerkezeti elemekben keletkezett repedések növekedésekor, az anyagszerkezetben bekövetkező hidrogén elridegedés, képlékeny alakváltozáskor keletkező hanghullámokat. A rendszer alkalmas továbbá nagynyomású gázok szivárgásának érzékelésére. A kompozit szerkezetek esetében alkalmas igénybevétel hatására bekövetkező elemi szálak törését, ágyazóanyag repedését, illetve rétegek szétválásának az érzékelésére.

Örvényáramú érzékelők

Örvényáramú érzékelők széles körben elterjedtek a mindennapi roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások során. Alapvetően repedések detektálására szolgál a fémes szerkezeti elemekben. Kézi érzékelővel kerül letapogatásra a szerkezeti elem felszíne és képi megjelenítő eszközön válik láthatóvá a detektált repedés, zárvány. A klasszikus technológia került átalakításra, úgy hogy a réz tekercs nyomdatechnológiai eljárással kerül előállításra vékony hordozó fólia felületén. A kis méretnek, és a vizsgálni kívánt szerkezeti elem geometriáját lekövetni képes szerkezeti kialakításnak köszönhetően sokoldalú alkalmazása válik lehetővé. A szenzorok elektromos kivezetése is a tekercsekhez hasonlóan

alakítható ki. Elsősorban olyan összekötő elemeknél, illetve kritikus helyeken kerül alkalmazásra, ahol a szerkezeti elemhez nagyon nehézkes a hozzáférés, illetve a repülőeszköz nagymértékű megbontását eredményezné.

AUTOMATIKUS FEDÉLZETI ELLENŐRZŐ RENDSZEREK

A repülőeszközök fedélzeti rendszerei folyamatos felügyelet mellett működnek, mely felügyeleti rendszer jelei felhasználásra kerülnek a fedélzeti önellenőrző (Built In Test) rendszerben, továbbá a műszaki üzemeltetési adatokat rögzítő rendszerben (Maintenance Data Recording System).

A repülési feladatok végrehajtása során közel 3500 mérési pont adatai, kerülhetnek rögzítésre a repülőgép fedélzeti számítógép rendszerében megtalálható adatátviteli egységek, digitális adatrögzítő tömegtáras egység (MMU⁴) a tömegtár kazettával, (MMC⁵), valamint egy fedélzeti baleseti adatrögzítő egység (CSMU⁶). Ezen információk statisztikai feldolgozása (rendszerezés, elemzés kiértékelés) biztosítja az alapját az egyes szerkezeti elemek megbízhatósági szint, valamint jellemző paraméter figyelésén alapuló üzemeltetésnek. [3]

A beépített önteszt

A beépített önellenőrzés funkciót a rendszerszámítógépben (System Computer) lévő program felügyeli és gyűjti a rendszerektől érkező állapotjeleket, melyek itt kerülnek értékelésre és összegzett formában jelentésre az alkalmazó részére.

A beépített önellenőrző rendszer az úgynevezett „Safety Check” (SC) lehet automatikus, vagy kézi indítású. A rendszerek elektromos táplálásának felkapcsolásakor minden esetben lefut egy beépített teszt, amely ellenőrzi a rendszer elemeinek működőképességét, illetve az összeköttetést a perifériákkal. Amennyiben valamely rendszerelem meghibásodása feltárássra kerül a beépített önkontrol segítségével úgy a rendszer meghibásodását a repülőgépvezető fülke központi kijelzőjén „Central Display” kijelzi.[2]

Az ellenőrzés egy összegzett állapotjelentéssel zárul, mely szerint a repülőgép a repülési feladat végrehajtására alkalmas „Safety Check OK”, vagy a rendszer meghibásodást észlelt „Mission Critical Fault” esetleg a repülés biztonságra kiható hiba üzenet jelenik meg „Flight Safety Critical Fault”.

A funkció ellenőrzés „Function Check”(FC) egy adott rendszer működőképességének ellenőrzését hajtja végre ahol már nem csak a rendszerelemek állapotjelei, illetve a perifériák közti kapcsolat megléte alapján kerül minősítésre a rendszer, hanem vizsgálójelek alapján, a rendszerelemek valós működésének elemzése révén.

⁴ MMU, Mass Memory Unit= Tömegtáras adatrögzítő egység

⁵ MMC, Mass Memory Cassette= Tömegtáras adatrögzítő kazetta

⁶ CSMU, Crash Survivable Memory Unit= Fedélzeti baleseti adatrögzítő egység

A hibabehatárolás „Fault Isolation” (FI) amennyiben a SC vagy a FC során a teszt rendszer meghibásodást tárt fel, úgy a hibabehatárolás almenüben bináris, illetve hexadecimális formában kiolvashatóak azok a rendszerparaméterek, amelyek segítségével a meghibásodott rendszerelem viszonylag nagy pontossággal behatárolható. Ez a funkció a cserélhető berendezésekre is ajánlásokat tesz.

Az repülési feladat befejezését követő állapotjelentés a „Quick Report” (QRPT) a repülőgépvezető és a műszaki személyzet részére csak állapot információkat és ciklusparamétereket közöl. Jelzi, hogy volt-e meghibásodás a repülési feladat során, vagy sem, illetve a repülőgép milyen tartalékokkal rendelkezik bizonyos ellenőrzések, műszaki munkák elvégzéséig. (Gépágyú karbantartás, memória kapacitás, stb...)[3]

Üzembentartási adatokat rögzítő rendszer (MDRS⁷)

Az üzembentartási adatokat rögzítő rendszer által rögzített adatok feldolgozására általában egyszerű számítógép szolgál. Ez alkalmas a repülőgép memóriegységeinek fogadására, illetve rendelkezik a megfelelő szoftverekkel.

Ezen kívül az üzembentartáshoz szükséges adatok is folyamatosan rögzítésre kerülnek. Nem csak a repülési feladatok paraméterei, hanem a földön végrehajtott műszaki munkák adatai is. Az adatokat a Rendszerszámítógép belső memóriája, illetve a hordozható memóriegység tárolja. A rendszer által gyűjtött adatok feldolgozása során a hordozható memóriakazettából átkerül az információ a kiértékelő állomásba, ahol a végrehajtott feladat automatikus kiértékelése megtörténik. A rendszer vizsgálja, hogy a folyamatosan rögzített paraméterek vonatkozásában volt-e paramétertúllépés, illetve az egyszeri státuszinformációk között olyan, amelyik meghibásodásra utal. Ebben az esetben a rendszer a meghibásodásról jelentést készít.

Az üzembentartási adatokat rögzítő rendszer az operátor által kiválasztott paraméterek grafikus, repülési idő függvényében történő megjelenítésével, illetve táblázatos formában a változók pontos értékeinek szemléltetésével lehetőséget biztosít a manuális kiértékelésre is. A rendszer használata során biztosítja valamennyi rögzített adat archiválását, a repülőgép rendszerei által ledolgozott ciklusok alapján frissíti a statisztikai adatbázist, biztonsági mentést készít az adatokról a rendszer megsérülése esetén.

Ezen kívül a fenti rendszer adatokat szolgáltat a gyártó felé a megbízhatósági szint értékeléshez, a rendszerek továbbfejlesztéséhez, valamint az üzembentartási rendszer fejlesztéséhez.

Az élettartam követő rendszerek felé (például a Gripen esetén DIDAS⁸ rendszer) is adatokat szolgáltat, ami alapján a teljes életciklus alatt követhető a repülőgép és minden egyes felépített berendezés ciklus és üzemidő paramétere.

⁷ MDRS, Maintenance Data Recording System=Üzembentartási adatokat rögzítő rendszer

⁸ DIDAS, Drift Data System=Karbantartási és Üzembentartási Adatnyilvántartó rendszer

Az üzemeltetési adatokat rögzítő rendszer fontos funkciója még bizonyos hitelesítő adathalmazok létrehozása. A repülőgéppel szigorúan meghatározott manőverek végrehajtása mellett rögzítésre kerülnek a beépített szenzorok jelei, amiből a hitelesítő adatbázis a földi állomás segítségével kerül meghatározásra.

Nagy előnye még az üzemeltetési adatokat rögzítő rendszernek, hogy adatai felhasználhatóak a repülőeszközök élettartam követő és támogató rendszerében, ahol minden egyes szerkezeti elem ciklus és üzemideje, valamint állapotparaméterei folyamatos felügyelet alatt vannak.

Földi kiszolgáló eszközök (GSE⁹), és a támogató rendszerek

A földi kiszolgáló eszközök úgy kerültek kifejlesztésre, hogy azokat viszonylag kis számú személyzet képes legyen mozgatni, illetve hadműveleti alkalmazás esetén, légi úton is könnyen szállíthatók legyenek.

A korszerű repülőeszközök műszaki kiszolgálása viszonylag kis számú mérő és ellenőrző berendezést tartalmaz, hiszen a beépített önellenőrző rendszer nagyon sok olyan funkciót átvesz, amelyeket korábban költséges tesztberendezésekkel lehetett végrehajtani. A korábban üzemeltetett típusok esetében számos ellenőrző berendezés hitelesítése, javítása, karbantartása további terheket rótt a rendszerre és jelentős erőforrásokat vont el. A negyedik generációs eszközök kiszolgálási rendszere az üzemanyag kezelés kivételével mellőzi a gépjárműre telepített aggregátokat, folyadék és gázutánpótlást biztosító rendszereket.

Az összes eszközt, ami a repülőgépek repülési zónában történő kiszolgálásához szükséges, általában egy egytengelyes utánfutón készletezik. A speciális kenőanyagok feltöltéséhez szükséges eszközöket rendszerint egy ember képes mozgatni és nem igényelnek elektromos, vagy túlnyomásos energiaforrást a rendszerek feltöltéséhez. A speciális gázok (oxigén, nitrogén) feltöltésére egypalackos rendszerek szolgálnak.

Minden nehezebb rendszerelem, esetenként még a hajtóművek is csak emberi erő alkalmazásával, csörlők segítségével mozgatható. Ugyanazon csörlők kerülnek felhasználásra a fegyverzet, póttartály függesztéséhez, illetve a hajtómű és segédhajtómű ki- illetve beépítéséhez.

Itt kiemelném, hogy a korszerű pilóta vezette repülőeszközöknél a fedélzeti oxigén szükségletét az (OBOGS¹⁰) (On Board Oxygen Generation System) fedélzeti oxigén előállító rendszer biztosítja. Ebből adódóan a szinte minden feladatot követő oxigéntöltés gyakorlata megváltozik, és csak alkalmanként válik szükségessé a tartalék oxigénpalack töltése.[3]

A támogató rendszerekhez sorolhatóak mindazon szoftveralapú rendszerek, amelyek a műszaki munkavégzést egyszerűbbé, átláthatóbbá és a folyamatok kézbentartását lényegesen kisebb számú adminisztratív személy segítségével biztosítják.

⁹ GSE, Ground Support Equipment=Földi kiszolgáló berendezések

¹⁰ OBOGS, On Board Oxygen Generation System=Fedélzeti oxigén előállító rendszer

Ebben az esetben a repülőgépek üzemeltetési ciklusait, az időszakosan illetve a ledolgozott üzemidőt követően végrehajtandó munkákat az üzemeltetést támogató számítógépes rendszer szolgáltatja. A rendszer nyomon követi a repülőgépre felépített berendezéseket, az azok által ledolgozott üzemidőket, ciklusokat, naptári terminusokat és folyamatosan összehasonlítja azokat az egyes részelemre meghatározott élettartamhatárokkal. Az időszakosan letöltött feladat listában „service package” pedig feltüntetésre kerül, hogy az elkövetkező időszakban milyen karbantartó tevékenységet kell végrehajtani. A rendszer automatikusan nem figyelmeztet, minden egyes repülőgépre időszakosan le kell tölteni a „szervizcsomagot”, melynek letöltése az üzemeltető század feladata.

A számítógépes támogató rendszer által szolgáltatott információ megtalálható a típus üzemeltetési dokumentációjának részelemét képező elektronikus formátumú Repülőgép Üzemeltetési Tervében (AMP¹¹).

Műszaki kiképzésre és a repülőgép rendszerei működésének szimulálására szolgál a (GMS¹²) rendszer, amelyben virtuálisan nyomon lehet követni a rendszerek működését bizonyos beavatkozások hatására. Például a hajtómű indítását, tüzelőanyag kifogyasztás folyamatát, sőt repülés közben a repülésvezérlő rendszer működését. A rendszer működése monitorokon követhető nyomon, ahol tetszőlegesen lehet választani egy adott kijelző felület kinagyítása, rendszerek sematikus vázlata, valamint a teljes repülőgép vezető fülke között.[1]

HUMÁN ERŐFORRÁSRA KIHATÓ TÉNYEZŐK

Az előzőekben leírtak alapján látható, hogy az repülőeszközök üzemeltetési rendszerében nagy változások várhatóak illetve jelentek meg az úgynevezett „robotizáció” során. Ennek szemléltetésére, az és az emberi tényezőkből adódó tévedések kizárása jó példa lehet az UAV, mely az előre programozott rendszerei révén a világ bármely részén repülhet, így igen sokoldalúan alkalmazható. Többek között egy légtérfigyelő bázis utasítására automatikusan kidolgozza a repülési útvonalat és folyamatosan figyeli a felszínt. A hadsereg számára szabadabb irányítást jelent a fegyveres és a felderítési feladatok során.

"Az UAV legnagyobb előnye az hogy az ember nincs veszélyben. A ha szükséges kifejezés helyett a nincs szükség ember kockáztatására érvényes."[1]

Az UAV gép megépítése is olcsóbb a kiszolgáló személyzet kiképzése is sokkal kevesebbe kerül, mint a többi repülőnél.

Rendeltetés/Eszk	Program	Első	Intervallum	Program	Költség első
őz típus	Kezdet	Repülés	hónapban	típus/	repülésig

¹¹ AMP, Aircraft Maintenance Plan=Repülőgép üzemeltetési utasítás

¹² GMS, General Modular Simulation System=Repülőgép rendszer szimulátor

				Program Szponzor	USD-ben
Felderítő					
U-2	Dec 54	Aug 55	8	SAP*/CIA	\$243M
RQ-4/Global Hawk	Oct 94	Feb 98	41	ACTD/DARPA	\$205M
Csapásmérő					
F-16	Feb 72	Jan 74	23	DAB*/ US Air Force	\$103M
X-45/UCAV	Apr 98	May 02	49	ATD/DARPA	\$173M
Felderítő, mélységi felderítő					
SR-71	Aug 59	Apr 62	32	SAP/CIA	\$915M
D-21	Mar 63	Feb 65	23	SAP/US Air Force	\$174M
Lopakodó					
XST/Have Blue (F-117)	Nov 75	Dec 77	25	SAP/US Air Force	\$103M
RQ-3/DarkStar	Jun 94**	Mar 96	21	ACTD/DARPA	\$134M

*SAP = Special Access Program;

DAB = Defense Acquisition Board (Milestone Process)

ACTD=Advanced Concept Technology Demonstrations,

DARPA= Defense Advanced Research Projects Agency

6. ábra. Néhány repülő és pilótánélküli eszköz összehasonlító fejlesztési költségei. [1]

A kiszolgáló személyzet a számítógépes kiképzés közben alapvetően az automatikus fel és leszállást gyakorolja. A kiképzési követelmények révén az operátorok kellő gyakorlatot szereznek, sokáig nincs szükség a továbbképzésükre. A pilótánélküli légijárművek irányítása gyorsan elsajátítható a gyakorlatban azonban mégis inkább képzett pilótákat alkalmaznak, mivel a kezdeti fázisban is szükség van egyfajta légijártasságra.

A bevetések során a pilótánélküli repülő eszközök irányításához még pilóta kell de már elkészült a pilótánélküli gépek fejlettebb változata. Ehhez már a távirányító pilótára sincs szükség ez az eszköz az úgynevezett UCAV¹³.

Egy UCAV teljesen automatikusan működik, harcközben figyeli a hadműveleti területet és a helyzetnek megfelelően módosítja az eredeti feladatkört, képes arra, hogyha új fenyegetést észlel, vagy fontosabb célpontot talál akkor a betáplált döntésmechanizmusnak köszönhetően, átprogramozza magát, és önállóan reagál a helyzetekre. A lefejlettebb ilyen gép a Boeing X-45-ös, amely mindent tud, amit egy taktikai vadászgép csak pilóta nélkül. Valamennyi vezérlő egysége ott van, ahol a pilóta, ülne, így a személyzet hiányának minden előnyét kihasználja.

¹³ UCAV=(Unmanned Combat Aerial Vehicle)

Ez azt jelenti, hogy a pilóta jelenléte nélkül a gyártók 30-40%-os súlycsökkenést értek el, hiszen nem kell katapult és a hozzá tartozó járulékos rendszerek, valamint a pilóta köré épült védelmi rendszerre sincs szükség.

Eszköz típus		MTBF órában	Rendelkezésre állás	Megbízhatóság	100 ezer repült óra eső vesztések* száma
RQ-1A Predator	Követelmény	n/a	n/a	n/a	n/a
	Aktuális	32,0	40%	74%	43
RQ-1B Predator	Követelmény	40	80%	70%	n/a
	Aktuális	55,1	93%	89%	31
RQ-2A Pioneer	Követelmény	25	93%	84%	n/a
	Aktuális	9,1	74%	80%	363
RQ-2B Pioneer	Követelmény	25	93%	84%	n/a
	Aktuális	28,6	78%	91%	139
RQ-5 Hunter	Követelmény	10	85%	74%	n/a
1996 előtti	Aktuális	n/a	n/a	n/a	255
RQ-5 Hunter	Követelmény	10	85%	74%	n/a
1996 utáni	Aktuális	11,3	98%	82%	16

* Veszteség=A repülőeszköz elvesztésével, halálessel vagy több mint 1 millió USD kár bekövetkezése esetén számítva.

7. ábra. Néhány UAV üzemletetési mérőszámainak összehasonlító táblázata. [1]

A tervező irodák adatai szerint az UCAV-k elméletileg tervezhetők akár 20-30 szoros gravitációs terhelésre is, ami egy vadászgépnél a pilóta miatt maximum 8-9 G lehet, így az UCAV olyan manőverekre képes, amire egyetlen pilóta által vezetett repülőeszköz sem. Tervezésük során megvalósítható, hogy csak a harci feladat elsődlegességét kell szem előtt tartani, a konstrukciót tehát nem korlátozza az emberi jelenlét. A katonai vezetés ezen eszközök alkalmazása során egyre inkább ezeket küldi a frontra a vadászgépek előtt, mivel elsősorban támadásokra tervezték, mely során elsődlegesen a föld levegő fenyegetések kivédése a cél.

Figyelembe véve az eddigi fejlődési tendenciát, még az 1990-es évek elején sem állt rendelkezésre a mai technológia. A pilótanélküli légijárművek fejlődése ma olyan szintre emelkedett melyről korábban csak álmodozni lehetett. Ezek alapján prognosztizálható, hogy ha a jövőbe pillantunk, akkor kizárható, hogy a pilótanélküli rendszereket bármi is helyettesítheti a jövőbeni légi bevetések során. Ez akár jelentheti azt is a kezdetekben feltett kérdéssel összefüggésben, hogy a katonai hadviselések terén a 21.század az UAV-ké lehet. Az előreutató fejlesztési folyamatok alapján akár az sem kizárható, hogy a jövő légi közelharcai akár robot és robot között is történhet.

Ez azonban ma még az UAV és UCAV rendszerek lenyűgöző teljesítménye ellenére sem történhet az emberi tényező azaz a klasszikus haderő, a gyalogság kizárásával, hiszen ez a képesség egyetlen háborúban sem nélkülözhető.

A nagy hadműveletek a jövő összeapásaiban folyhatnak távirányítva és automatizálva. A katonai és civil élet kockázata egyaránt csökkenhet. Az ellenséges területek mélyén a bonyolult hírszerzési akciók jelentős részét kicsi készülékek végezhetik egy aktatászkából.

Az üzemeltető század szintjén a negyedik generációs repülőgépek közvetlen kiszolgálása alapvetően nem igényli azt a szakági specializációt, ami napjainkig megszokott a Magyar Honvédség repülőcsapatai működésében. Gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a repülések közvetlen kiszolgálásához kevesebb szakember szükséges, azonban az időszakos munkák során továbbra is célszerű a „specialisták” alkalmazása. A típus átképzés során sem kerülnek megkülönböztetésre és kiemelésre a szakági ismeretek. Minden „technikus” ugyanazt az ismeretanyagot sajátítja el mind elméletben mind gyakorlatban, amely ismeretanyag feljogosítja őt arra, hogy a műszaki szakutasításokban technológizált munkafolyamatokat elvégezze. Ez a gyakorlatban szigorúan a repülőgép üzemeltetési tervének (AMP) követését és abban előírt munkák elvégzését jelenti.

A repülőgép rendszerei nem a klasszikus Sárkány-Hajtómű, Elektromos Műszer Oxigén, Rádió, Lokátor és Fegyver szakágak szerint kerülnek osztályozásra, hanem a rendszerek működése, úgynevezett Material Group-k (MG) szerint.[2]

Természetesen az előzőekben említett „specializálódás” csak a repülések kiszolgálása során nem jelentkezik közvetlenül, azonban a repülőgép üzemeltetése megköveteli, hogy a svéd terminológia szerinti úgynevezett „specialistákat” alkalmazzunk. E szerint nálunk is szükséges katapult, kerékszerelő, kompozit javító, boroszkópos stb. szakemberek képzése, a különbség csak annyi, hogy valamennyiüknek a gyártó által minősített tanfolyamokon kell megszerezni a tudásukat.

Hangsúlyozni kell, hogy a fenti képességekre alapvetően nem a repülések idején végzett rutinműveletek során van szükség, hanem főként a javításoknál, esetleg az időszakos munkáknál.

A fentiekből következően, repülések közvetlen kiszolgálása valóban igényelhet kisebb létszámú személyzetet, mivel a kiszolgálás szinte lekorlátozódik a folyadékokkal és egyéb anyagokkal, eszközökkel történő feltöltésre, mivel a beépített önellenőrző rendszer folyamatosan felügyelet alatt tartja a repülőgépet. Amennyiben a megelőző repülési feladatról a repülőgép úgy érkezett vissza, hogy a beépített önellenőrző rendszer nem tárt fel meghibásodást, úgy a repülőgép rendszerei üzemképesnek tekintendők, és nem kerül végrehajtásra úgynevezett „meleg” ellenőrzés.

Statisztikai adatként említendő, hogy hadműveleti repülés esetén a repülőgépen egy hat főből álló csoport részére 10 percet vesz igénybe egy ismételt feladatra történő előkészítés. Amennyiben fegyverzet függesztése nem szükséges akkor 2 fő is elegendő a munkavégzéshez.

Esetleges meghibásodás esetén melyet a beépített önellenőrző rendszer tárt fel, a meghibásodott rendszerelem egy hiba behatárolási algoritmus segítségével viszonylag nagy pontossággal behatárolható. A javítási munkák nem igényelnek átlagon felüli képzettséget és egyéb

„bűvészmutatványokat”, amelyek alkalmazása a korábban hadrendben álló repülőgépeknél elengedhetetlen volt. A berendezések jól áttekinthető és véletlenül sem agyonzsúfolt berendezésterekben kerültek elhelyezésre. A blokkok rögzítése többnyire hátsó csatlakozóval és a homlokfelületen két rögzítőcsavarral biztosított. Mind a berendezések mind pedig a csatlakozók mechanikai védelemmel vannak ellátva azok véletlen felcserélésének elkerülése végett.

A javítási munkákhoz kapcsolódóan megemlítendő, hogy Gripen típusa felépített RM12 típusú hajtómű moduláris felépítésének köszönhetően a hajtómű karbantartása egyszerűbb, a karbantartás iránti igény csökken. Az állapot szerinti “on condition” karbantartási munkálatok során a hajtómű moduljai külön – külön is kiszerezhetők, illetve cserélhetők. Az összes hajtómű paraméter, beleértve a karbantartási adatokat is, a teljeskörű digitális hajtómű vezérlés (FADEC¹⁴) rendszerből nyerhetők ki. A hajtómű paraméterek a működés-felügyelő rendszerből átkerülnek a rendszer számítógépbe, amely figyelemmel kíséri a hajtómű teljesítményét, és karbantartási jelentéseket készít.

A hajtómű felépítésének köszönhetően a hajtómű kiépítése nélkül lehetőséget biztosít a piros vonalon cserélhető részegységek (line replacement units, (LRUs¹⁵) cseréjére.

Összességében elmondható, harcászati repülőeszközök váltásával egyidejűleg a korszerű számítógéppel támogatott földi támogató rendszerek és korszerű diagnosztikai berendezésekhez kapcsolódó új technológia már nem kopogtat az ajtónkon, hanem megérkezett a Magyar Honvédség üzemeltetési rendszerébe, ahol az új rendszerek magas fokú integráltsága és számítógépes felügyelete a napi gyakorlatban sok olyan képességet is kíván a használatától, melynek megszerzése esetenként szemlélet és gondolkodásbeli változtatásokat is követel. Olyan személyek munkáját igényli, akik összefüggéseiben átlátják a rendszereket, azok kapcsolódási felületeit és az egymásra gyakorolt hatásukat. Napjainkban ahhoz, hogy valaki jó „repülőműszaki szakemberre” váljon, készségszinten alkalmaznia kell a kiszolgálást támogató rendszereket, illetve komplex módon kell kezelnie a rendszerek közötti összefüggéseket. El kell fogadnia, hogy a repülőeszközök üzemeltetésében támaszkodnia kell a támogató rendszerek adta lehetőségekre és a gyártói előírásoknak megfelelően követnie kell a "kötelezően" előírt tevékenységi rendet.

Az üzemeltetésben résztvevő személyekre gyakorolt hatások közül ki kell emelnem, hogy a rendszerek moduláris felépítése, fejleszthetőségük, informatikai függőségük, az új anyagok (kompozitok), valamint ezek együttes hatása a környezetre új kihívásokat jelent az üzemeltetésben résztvevők számára.

Zárszóként még csak annyit, hogy a mai repülőgépek a száz évvel ezelőtti, a mai szemmel kezdetleges eszközökből fejlődtek ki, a katonai vezetők pedig gúnyolták a levegőben röpködő tárgyakat. Több katonai vezető is kijelentette az 1900-as évek elején, hogy a repülés jó sport ám a hadsereg számára használhatatlan. Aztán tudjuk, hogy nélkülözhetetlen lett és a hadviselés egyik

¹⁴ FADEC, Full Authority Digital Engine Control = Teljes digitális hajtómű vezérlés

¹⁵ LRU, Line Replacement Units = Piros vonalon cserélhető elemek

legfontosabb eszközévé vált. A pilótanélküli harci gépek ugyanakkor meglepően hasonló feladatokat teljesítenek, mint 100 éve a pilóta vezette aeroplánok.

„Mi lehet a jövő? Pilóta nélküli légierő, harctér, ahol nincsenek katonák?

Néhány emberöltő múlva talán csak emlék lesz a mai értelemben vett harcoló katona, és talán a harccal járó felesleges, túlzott pusztító hatás is megszűnhet.” [1]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Pogácsás Imre: Pilóta nélküli hadviselés eszközei. Katonai Logisztika 2008. 1. szám
- [2] Pogácsás Imre: A korszerű diagnosztikai berendezések és földi támogató rendszerek alkalmazása a repülőgépek üzemeltetésében. Katonai Logisztika 15. Évfolyam 2007.1.szám
- [3] Csöke Zoltán-Pogácsás Imre: Új technológia-új elvek az üzemeltetésben. Repüléstudományi Közlemények különszám 2006.
- [4] Beral, B., Speckmann H.: Structural Health Monitoring (SHM) for Aircraft Structures A Challenge for System Developers and Aircraft Manufacturers, Proc. Forth International Workshop on Structural Health Monitoring, September 2003, Stanford, California, USA