

A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon

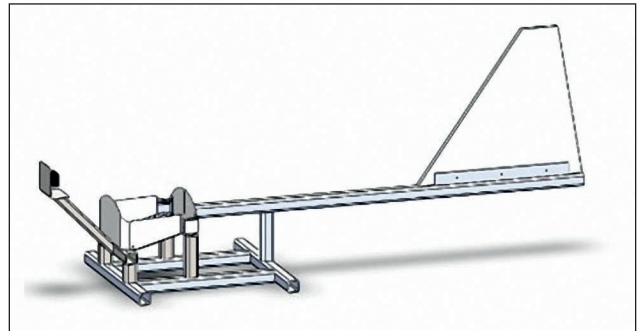
III. rész



39. ábra. Katapulton a Protar. Felszállásra előkészítve, üzem közben (Fotó: Nagy Attila)

A tanulmány első és második része⁸ Magyarországon a Magyar Honvédség Modernizációs Intézet felügyelete alatt, a Rotors&Cams Zrt. és a Genevation Aircraft Kft. konzorciális együttműködése keretén belül zajló, egyedülálló Protar T-UAV (Target-Unmanned Aerial Vehicle) légi jármű fejlesztésének időszerűségét, a tervezés főbb aspektusait és a repülőgép általános kialakítását, valamint a rendszer elemeit mutatta be. A szerzők a befejező részben a berepülés és az indítóberendezés (katapult) publikus információit ismertetik, és bemutatják a fejlesztés legizgalmasabb pillanatainak számító tesztrepüléseket is.

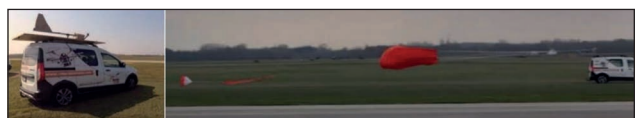
Rendkívül fontos mozzanat volt, hogy a Protar törzsébe történő integrálás és kipróbálás előtt a visszatérítő rendszer működését is validáljuk, hiszen a légi jármű stabil földet érését egy ejtőernyő biztosítja, így a leszállás során nincs szükség speciálisan előkészített területre vagy kifutópályára. Az ejtőernyő célja, hogy a leszállási eljárásnak megfelelő magasságon és sebességen aktiválva, a Protar az előre kijelölt területen, sérülés nélkül érjen földet. Az ejtőernyő, és a leszállító berendezés kiszolgáló komponenseinek tesztelését is külön eljárás során végeztük el. Első körben meggyőződünk arról, hogy a kifejlesztett ejtőernyő megfelelő sebességgel és 100%-os megbízhatósággal képes kinyílni, a vészhelyzeti túlterhelés esetén is üzembiztos, és a tervezett süllyedési sebességet nem lépi túl ereszkedés közben. A tesztek során, egy erre a célra lezárt területen ejtőernyővel, szenzorokkal és adatgyűjtő berendezéssel ellátott homokzsákokat dobtunk ki pilóta nélküli, és pilótás légi járművekből. A későbbi fázisban a leszállító berendezés komplex analizisét folytattuk le, amelynek során azt vizsgáltuk, hogy az ejtőernyő az ernyőfészket milyen módon hagyja el, és azt követően hogyan töltődik fel levegővel. Ennek érdekében megépítettük a Protar légi jármű szerkezeti modelljét az ernyőfészkekkel, az ernyőfészkekfedél-nyitószervekkel, és az ernyőnyitás útjá-



40. ábra. A Protar leszállító berendezésének tesztmodellje (Forrás: dr. Farkas Csaba szerkesztése)

ban álló függőleges vezérsíkkal, amelynek számítógéppel készült CAD-modellje a 40. ábrán látható.

A földi szimulációk során azt vizsgáltuk, hogy a tervezett leszállósebességnél az ernyő és az ernyőzsák milyen gyorsan hagyja el az ernyőfészket, a légijármű-tesztre ható erők csökkentése érdekében alkalmazott ernyőhajtogatósi módszer mennyire képes lassítani az ernyő belobbanását, és a folyamat kezdeti fázisában az ernyő képes-e akadálymentesen elhaladni a függőleges vezérsík mellett. A nyitási kísérleteket egy gépjármű csomagtartójára szerelt szimulált környezetben végeztük el, zárt területen. (41. ábra) Az elemzések lebonyolítása során a személyi és anyagi biztonságot helyeztük előtérbe, ezért sok esetben maga a tervezési fázis és az előkészítő tevékenység is jelentős erőforrásokat kötött le.



41. ábra. A Protar ejtőernyőrendszerének földi nyitási tesztje (Fotó: Nagy Attila)

A PROTAR SZÜZFELSZÁLLÁSA

A repülőgép szüzfelszállását megelőző hetek további biztonságirendszer-tesztelésekkel teltek. A folyamat protokoll alapján, egy megszerkesztett berepülési program szerint haladt előre. Végül 2021 nyarán jött el a nap (42. ábra), amelyet mind a fejlesztők, mind a megrendelői oldal nagyon várt. Több mint másfél évnyi tervezői munka, gyártás és földi tesztelés után a Protar a levegőbe emelkedett. Egy

* A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Genevation Aircraft Kft. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0001-9564-8026

** A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Rotors&Cams Zrt. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0002-7398-7112

*** Órnagy, Protar projektvezető, MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0003-0982-1721



repülőgép építése során az első repülés mindig különleges alkalom, amely ugyanakkor komoly aggodalommal is együtt jár. Egy légi jármű megalkotása olyan terület, ahol a prototípus-fejlesztés esetleges, a legtöbb esetben előre nem látható „hibái” hamar kiderülnek, és ennek eredménye szélsőséges esetben a gép sérülésével vagy elvesztésével is járhat. Annak ellenére, hogy a fejlesztésben részt vevő cégek és szakembereik komoly referenciákkal rendelkeznek, a Protar paramétereivel rendelkező T-UAV fejlesztésére Magyarországon még nem volt példa⁹. Nem állt rendelkezésre „best practice”, tehát egy olyan gyári protokoll, amelyhez igazodni lehetett volna. A fejlesztők csupán egyéb kategóriában szerzett légi jármű-tervezési, -gyártási, és -üzemeltetési tapasztalataikat hasznosíthatták. A helyzetet kissé bonyolította, hogy a berepülések első fázisában még nem állt rendelkezésre földi telepítésű indítóállomás (katapult), így a fejlesztőcsoport arra kényszerült, hogy a légi jármű levegőbe juttatására ideiglenes módszert dolgozzon ki.

Az első indítások kis hatótávolságú repülések voltak. Először céljuk a repülőgép alapvető viselkedésének felmérése, és a Protar optimalizálása volt a berepülési programban meghatározott feladatok alapján.

A berepülési program az alábbi fontosabb elemekre terjedt ki, amely feladatok végrehajtása logikai rendszer és repülésbiztonsági rendezővel sorozata alapján épült fel:

- Földi program keretében:
 - o a meghajtás, a vezérlés és a navigációs rendszerek földi ellenőrzése,
 - o a kormánykiterések ellenőrzése,
 - o hajtóműjáratási teszt,
 - o tömegmérés, súlypont-meghatározás,
- Légi program keretében:
 - o 1. fázis: a légi jármű repülési jellemzőinek megismerése, rendszerkalibráció:
 - a folyamat keretében a repülési tömeget, a sebességet, a terhelhetőséget, a szélsősebesség nagyságát, a repülési magasságot és a hatótávolságot korlátozzák;
 - főbb feladatok: a felszállási karakterisztika megismerése, emelkedés, vízszintes repülés, süllyedés, trimm helyzetek, gyorsítási jellemzők, rendszerkalibrációk, a hajtómű levegőellátásának vizsgálata, a hűtés hatásának elemzése, a duplex adatkapcsolatok vizsgálata, kis sebességű ($v < 120$ km/h) repülési jellemzők vizsgálata, átesés, lebillenési hajlamok vizsgálata és alapvető stabilitási tesztek.

42. ábra. A Protar első sikeres leszállása a belobbant visszahívó ernyőrendszerrel (Fotó: Nagy Attila)



- o 2. fázis: a teljesítmény-jellemzők megismerése:
 - a folyamat keretében a repülési tömeget, a sebességet, a terhelhetőséget, a szélsősebesség nagyságát, a repülési magasságot, a hatótávolságot még korlátozták, de a határok ~ 30%-kal kitolódtak;
 - főbb feladatok: repülés különböző hajtómű-teljesítmények mellett, úgymint utazó-, optimális, gazdaságos és maximálteljesítmény; az emelkedési idő mérése, a kifogyaszthatatlan tüzelőanyag mennyiségének mérése.
- o 3. fázis: a repülési korlátok feloldása:
 - ebben a szakaszban a légi jármű határértékeinek vizsgálata zajlott; a maximális terhelhetőség, a sebesség és a szélső szélhatások elemzése, valamint a fedélzeti robotrendszer alkalmazási tesztjei.
- o 4. fázis: a földi indítóberendezés (katapult) rendelkezésre állását követően vált lehetségessé, ezen tesztek egy része még napjainkban is zajlik. A napjainkban is tartó vizsgálatok többsége már nem közvetlenül a légi jármű-megfelelőség vizsgálatához tartozik, hanem a katonai alkalmazhatóság és felhasználás optimalizálása a célja.

A PROTAR INDÍTÓBERENDEZÉSE, A KATAPULT FŐBB JELLEMZŐI

Egy személyzet nélküli repülő eszköz (UAV – unmanned aerial vehicles) indítása és földre történő visszatérése az eszköz üzemeltetésének legkritikusabb és legkockázatosabb szakasza. A legnagyobb merevszárnyú UAV-k esetében ezek a műveletek szilárd burkolatú pályán, előkészített talajon vagy repülőgép-hordozó fedélzetén kialakított, megfelelő hosszúságú kifutópályáról történő felszállásra és leszállásra korlátozódnak. Amennyiben erre nincs lehetőség, speciális indítóberendezés, katapult alkalmazása válik szükségessé a felszállási művelet végrehajtásához.

Az UAV-katapultok általában gumiköteles, pneumatikus, vagy hidraulikus elven működnek. A pneumatikus katapult sűrített levegőt vagy más gázokat használ az indítóbolcső, más néven a katapultkocsi felgyorsítására. A gáz nyomás alá helyezéséhez kompresszorral, nagy méretű légtartályokra van szükség, ez a szerkezet alkalmazásának korlátozásával jár, alacsony környezeti hőmérséklet esetén nagy a jegesedés veszélye, valamint a rendszer ismételt kilövéshez történő feltöltése hosszabb időt vesz igénybe. A hidraulikus UAV-katapultok kétrekeszes hengert használnak, amelyek olajat és összenyomható gázt tartalmaznak, dugattyúval szeparálva. Az olaj szivattyúzásakor a dugattyú összenyomja a gázt, amely energiát tárol az UAV indításához. A pneumatikus katapultokhoz hasonlóan a hidraulikus változatok is hasonló hátrányokkal üzemeltethetők, bár itt a rendszer méretei némiképp csökkenthetők. A gumiköteles UAV-katapultok egyszerűbbek, mint az előzőek, ezeknél a gyorsítási folyamat során a rugalmas kötéletben tárolt energiát használják fel. A gumikötélzet általában kézzel vagy elektromos motorral feszíthető. A legolcsóbb és legegyszerűbb megoldás a gumiköteles rendszer, amely egyszerűsége ellenére a rendszer hatósságának korlátai miatt csak a kisebb UAV-k esetében terjedt el. A gumikötél a hőmérsékletváltozásra érzékeny, nehéz állandó gyorsítási energiát kinyerni belőle, valamint a nagy tömegű és felszállósebességű légi járművek indítása körülményes.

A Protar légi járművek levegőbe juttatásához ezen a területen új, innovatív gyorsítási eljárást választottak és fejlesztettek ki. Az alapelv az elektromos mobilitás területén



43. ábra. A Protar indításához használt katapult (Fotó: Nagy Attila)

már használatos: a gyorsításhoz szükséges energiát elektromosan nyerjük. (43. ábra)

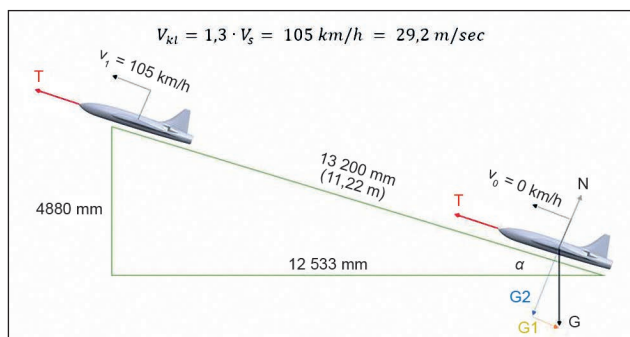
A legfontosabb paraméterek és műszaki követelmények, amelyek miatt szakember kollégáimmal a szokványos eljárások helyett az újítás mellett döntöttünk, a következők:

- nagy felszállósebességű UAV indítása;
- későbbiek során, különböző méret- és sebességtartományba tartozó lehetséges más típusú UAV-ok indítása;
- kompakt szerkezet, rövid indítósn;
- környezeti hőmérsékletre nem érzékeny kivitel;
- gyors üzembe helyezés;
- azonnali kilövésisméltés;
- szélirányba forgatható;
- könnyen szállítható kivitel;
- hosszú élettartam;
- valamint alacsony karbantartási és üzemeltetési költségek.

A Protar célrepülő rendszer fejlesztésének megkezdésekor kulcsfontosságú elemként definiáltuk a könnyen mobilizálható, egyenetlen talajon telepíthető, széliránynak megfelelően forgatható és kedvezőtlen környezeti viszonyok mellett is üzemeltethető katapultot. A katapult tervezését azonban, a fenti követelményeken túl, egy olyan paraméter határozta meg leginkább, amely szerint a kilövési folyamat végén, a katapult elhagyásakor az UAV sebességének legalább $1,3 \cdot V_s$ -nek kell lennie a biztonságos elemelkedés érdekében, szélcsendre vonatkoztatott esetben. (44. ábra)

A fenti követelmények és paraméterek elérését leginkább az elektromotoros gyorsítás esetében láttuk megva-

44. ábra. A Protar-indítás erőviszonyai minimumsebesség és szélcsend esetén (Forrás: dr. Farkas Csaba szerkesztése)

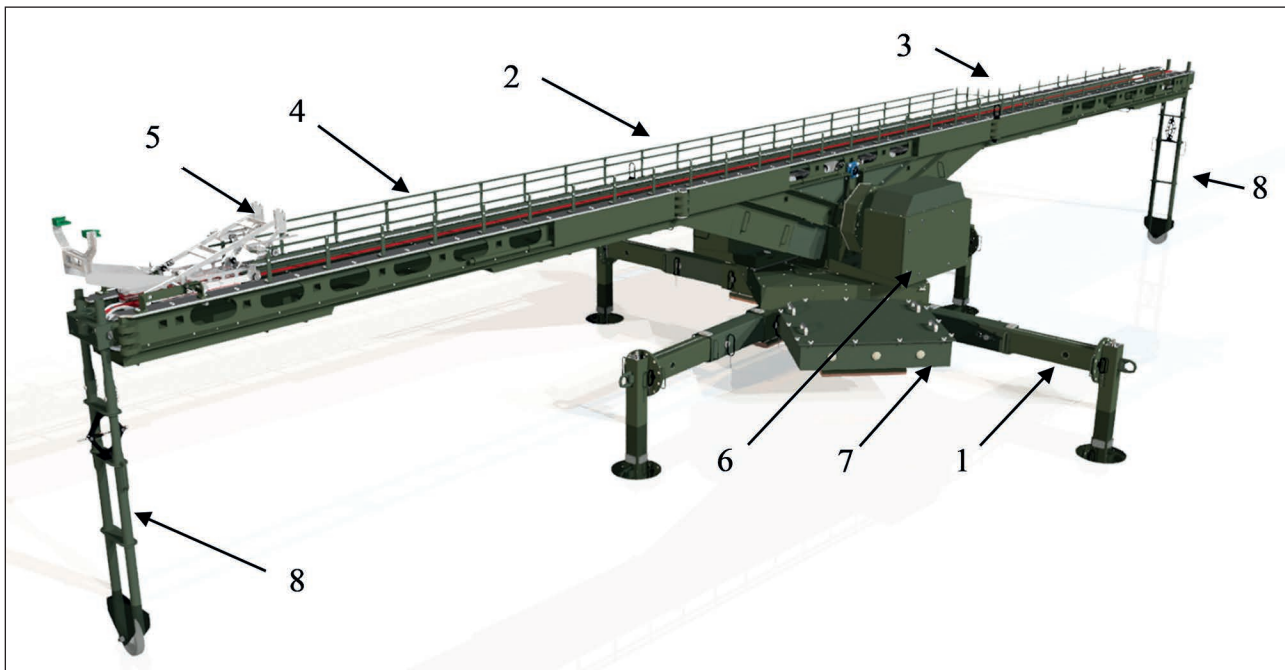


lósíthatóknak, a számítások azonban már a kezdeti stádiumban rávilágítottak a fejlesztés egyik legnagyobb kihívására, amely szerint a katapultkocsit és ezzel a légi járművet kevesebb mint fél másodperc alatt kell felgyorsítani a kívánt felszállósebességre. Ez a hajtás és a táprendszer oldalon is kihívás elé állította a fejlesztő csapatot, hiszen ezen a területen nemzetközi viszonylatban sem volt felhasználható tapasztalat.

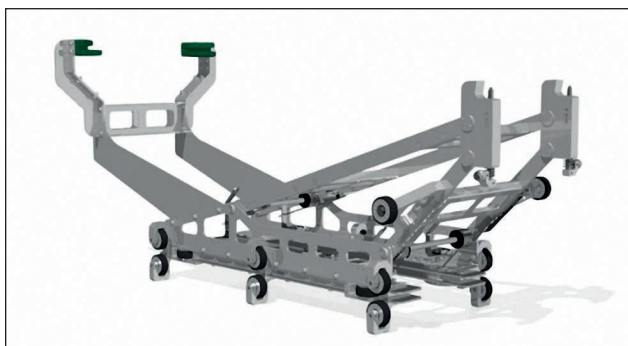
A katapult akkumulátoros táplálású, szervomotoros hajtásra épülő gyorsítási eljárás alapul oly módon, hogy a gazdaságos üzem rekuperáció is támogatja. Az indítóberendezés a katapultkocsin rögzített UAV-t elektromos szervomotorral gyorsítja fel 105 km/h sebességre. A gyorsításhoz szükséges nyomatékot, így a gyorsító erőt az elektromotor egy hajtóművön keresztül adja át a katapultkocsi mozgó szíjhajtás hajtott kerekére, ami hevederrel kapcsolódik a katapultkocsihoz. A katapult mechanikai szempontból négy fontos részegységből áll (45. ábra). A szerelt alázat biztosítja a katapult stabil talpalását és vízszintezését, a szerelt konzolok az UAV kilövési pályáját állítják be, a katapultkocsi pedig a gyorsítóerő átadásáért, a légi jármű biztonságos kilövéséért felelős. A katapult alacsony súlypontját és ezzel a stabilitását növeli a szerelt alapzatra integrált akkumulátortálcá.

A szerkezeti elemek kialakítása során előnyben részesültek az általános szerkezeti acélok (S235), amelyek megfelelő szilárdságot biztosítanak, jól megmunkálhatók és hegeszthetők. A katapultkocsi és minden mozgó alkatrész kialakítása esetén kiemelt szempont a kis szerkezeti tömeg melletti jó szilárdság, ezért AlZn5Mg3Cu alumínium ötvözetet alkalmaztuk. A szerelt alázat biztosítja a katapultszerkezet biztonságos letalpalását, kialakítása lehetővé teszi az előkészítetlen terepen történő üzemeltetést. A talpak mechanikusan (manuálisan) lenyithatók, nincs szükség a letalpaláshoz elektromos, pneumatikus vagy hidraulikus energiára, a leegyszerűsített szerkezet szavatolja a hosszú élettartamot és a „gondozásmentes” üzemeltetést. A katapultkocsi kialakítása illeszkedik az UAV sárkányszerkezeti kialakításához. A kocsi két erőbevezetési ponton, a törzs első részén adja át a szükséges gyorsító erőt a sárkányszerkezetnek, és további két ponton, hátul a kilépőélen támasztja meg a légi járművet. Az UAV hajtóműve maximális tolóerővel ($F = 400\text{N}$) működik a kilövés során. A légi jármű rögzítését úgy oldottuk meg, hogy az, a megfelelő sebesség elérésekor biztonságosan le tud válni a kocsirol (46. ábra).





45. ábra. Az indítóberendezés műszaki ábrája. 1. szerelt alapzat, 2. szerelt konzol I., 3. szerelt konzol II., 4. szerelt konzol III., 5. katapultkocsi, 6. elektromos szekrény, 7. akkumulátortálca, 8. nyitást segítő kerekes szerkezet (Forrás: Nagy Attila szerkesztése)



46. ábra. Katapultkocsi (Forrás: Nagy Attila szerkesztése)

A katapulton integrált akkumulátorpakk biztosítja a meghajtó szervomotor számára a szükséges elektromos energiát, amely $U = 560\text{ V}$ mellett $I = 640\text{ A}$ leadására képes. Az akkumulátor és az elektromos szervomotor a légi járművet 0,45 másodperc alatt gyorsítja a felszállósebességre. A ka-

tapultkocsi, a gyorsítás során kivett energia egy részét a lassítása során visszatáplálja, így az akkumulátorok töltésére nagyon ritkán van szükség. A katapultkocsi gyorsítását egy aszinkron szervomotor biztosítja. Optimális szabályozási tulajdonságok, nagy forgatónyomaték és dinamika jellemzi ezeket a szervomotorokat, amelyek tökéletesen illeszkednek a katapult speciális alkalmazási körülményeihez. A szervomotorok vezérlését egy integrált ipari számítógép végzi, amelynek segítségével nemcsak a kilövési sebesség, de a gyorsítás karakterisztikája is rugalmasan paraméterezhető. (39. ábra)

A katapult az elektromos hajtáslánc és akkumulátoros táplálás eredményeként – a gumiköteles, a hidraulikus és a pneumatikus indítási eljárásokkal ellentétben –, rövid időn belül, nagyságrendileg 1 perccel a kilövést követően képes újabb légi járművet indítani. Ezt az időt csak a légi jármű felhelyezése és felkészítése növelheti. Ezzel a paraméterrel az indítóberendezés a használhatóság szempontjából jelentősen kiemelkedik a szokványos katapultok közül, főleg olyan alkalmazások esetén, mint a Protar légvédelmi célre-

47. ábra. A katapult szállításra előkészítve (Fotó: Nagy Attila)



pülógép-rendszer, ahol egymást követően több légi jármű kerül indításra.

A katapult további előnye a 360°-os forgathatóság. Amennyiben üzem közben megváltozik az uralkodó szélirány, a kilövési pálya iránya könnyedén módosítható. A szállíthatóság terén is minden lehetséges tervezési praktikat bevetetünk, hogy a szállítási méret töredéke legyen az üzeminek (47. ábra).

A tervszerű, tudatos előkészítés és fejlesztés eredménye egy nemzetközi viszonylatban is különleges indítóberendezés lett, amely a Protar légvédelmi célrepülőgépek kiszolgálásán túl, lehetőséget biztosít a jövőben más típusú pilóta nélküli légi járművek indítására is.

ZÁRÓ GONDOLATOK

A Protar és a hozzá tartozó háttérműködési infrastruktúra fejlesztésének sikere hazai vállalatok sikeres együttmű-

ködése révén valósult meg, alapvetően magyar szellemi tőke kiaknázása révén, magas hozzáadott értékkel növelve az eszköz presztízsét. A fejlesztők bíznak a termék Magyar Honvédségbe történő integrálásnak lehetőségében, továbbá a jövő távlatában a nemzetközi felhasználás sikerében.

JEGYZETEK

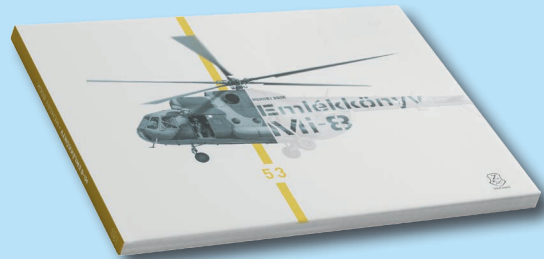
8 Dr. Farkas Csaba, Nagy Attila, Csák Attila, „A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon I. rész” *Haditechnika* LVI. évf. 3. szám (2022): 41–49. DOI: 10.23713/HT.56.3.08; II. rész: *Haditechnika* LVI. évf. 4. szám (2022): 65–72, DOI: 10.23713/HT.56.4.11.

9 A korábbi Szojka típus a felszállótömegét tekintve meghaladta a Protar azonos paraméterét, azonban sebességben messze elmaradt a jelenlegi géptől. Hasonló okból a Denevér sem tekinthető kiindulási alaplannak, valamint az csak személyzettel repült. A Meteor típusok tömegükben és sebességükben is elmaradnak a Protartól.

Magó Károly

Emlékkönyv – Mi-8 – Búcsúznak a katonák a Mi-8 helikopterektől

Mi-8 Memory Book – Troops say farewell to the Mi-8 helicopters



A Mi-8 (NATO-kód: Hip) szovjet-orosz gyártású, közepes szállító helikopter, amelyet a Mihail Leontyjevics Mil vezetése alatt álló OKB-329 tervezőirodában fejlesztettek ki polgári és katonai feladatokra. A Mi-8 típus sorozatgyártása 1967-ben kezdődött, és azóta több mint 7000 példány készült el. A szovjet légierő és a Varsói Szerződés tagállamainak hadseregei is széles körben alkalmazták a típust, hiszen nemcsak katonák és utánpótlás szállítására, de nem irányított rakétáival közvetlen tüztámogatásra is képes volt. Bár szállítóhelikopternek tervezték, a hadművelleti alkalmazás során bebizonyította sokoldalúságát. Egyaránt használható harci, kutató-mentő, vagy tűzérési-tűzfelderítő helikopterként is. Külső függesztményrendszere lehetővé teszi nagy méretű, a teherterben el nem helyezhető, akár 3 tonnás terhek emelését, szállítását. A helikoptertípus az évtizedek során számos módosításon, fejlesztésen ment keresztül, amely nyomán egy szerteágazó funkciójú típuscsalád jött létre. A Szovjetunió afganisztáni háborújának tapasztalatai alapján jelent meg a Mi-8 MT altípus, amelynek exportra gyártott változata a Mi-17 típusjelzést kapta. Kategóriájukban a Mi-8/17 helikopterek sikeres és elismert konstrukciók, a világ mintegy 80 országában mind a mai napig alkalmazásban állnak katonai és polgári változatban egyaránt. A magyar haderőben 1969–2022 között, tehát 53 évig összesen 62 db Mi-8 típusú helikopter szolgált.

A „Minyó” becenevű géptípustól 2021. március 26-án országjáró búcsúrepülés keretében köszöntek el egykori üzemeltetői és hajózoói. A szakma az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis állományában szolgáló 3304-es oldalszámú helikopterrel búcsúztatta a típust. Azon a napon a személyzet a szolnoki katonai repülőtérrel indulva ellátogatott az MH Pápa Bázisrepülőtérre, az egykori szentkirályszabadjai katonai repülőtérre és a kecskeméti MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázisra is.

2022 júniusában nemcsak kőbe vésték a „Minyó” emlékét a helikopterbázis területén elhelyezett márványtáblán, hanem egy emlékkötet is megjelent Magó Károly zászlós, repüléstörténeti kutató tollából. A magyar–angol kétnyelvű kötet olyan, mint egy búcsúrepülés utáni állománygyűlés: a típus hazai üzemeltetésének történeti áttekintését követően a Mi-8-sal kapcsolatos felejthetetlen eseményeket idézik fel azok a katonák és szakemberek, akik mindezt megélték. Az emlékkönyv végén felvarrók és fényképek sorakoznak, amelyek mind-mind egy izgalmas korszakról tanúskodnak.

A Zrínyi Kiadónál 2022-ben megjelent, kétnyelvű (magyar–angol), kartonált fedelű kötet terjedelme 312 oldal. 6400 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a kiadótól helyszíni kedvezménnyel 4800 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmrzinyi.hu), továbbá megrendelhető a shop.hmrzinyi.hu weboldalon is. (DRU.)