

Lőrinczy Szabolcs
JFCNP Joint Engineering
slorinczy@afsouth.nato.int

KÜLÖNLEGES LÉGI UTÁNTÖLTŐ MÓDSZEREK (HELIKOPTEREK LÉGI UTÁNTÖLTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI VALAMINT A PILÓTA NÉLKÜLI, AUTOMATIZÁLT LÉGI UTÁNTÖLTÉS KIHÍVÁSAI)

Absztrakt

A szerző a cikkben áttekinti a különleges légi utántöltő módszereket, magába foglalva a helikopterek valamint az automatizált rendszerek által biztosított lehetőségeket. A szerző elemzi a helikopterekre jellemzően ható aerodinamikai kihívásokat, melyek kötelékrepülésnél jelentkezhetnek. Ezzel megvilágítva a légi utántöltés során fellépő turbulens áramlatok veszély forrásait. Az egyes fejezetek technikai áttekintést adnak a forgószárnyas repülő technikák által alkalmazott légi utántöltő módszereiről, valamint a pilóta nélküli légi utántöltés technikai szempontból megvalósító berendezéseiről. A cikk konklúziójában a szerző összefoglalja az automatizált légi utántöltés jelenlegi kihívásait és prognosztizál egy esetleges fejlődési irányt az ismert határértékek figyelembe vételével.

The author reviewed the special air refuel methods, including the helicopter and autonomous air refueling engagements. The chapters provide technical and aerodynamically background of rotary wing aircraft which are engaged in AAR. Furthermore, chapters provide technical informations about hands-off AAR which are used on tankers and receivers platform. In conclusion, the author summarizes the present challenges of unmanned („hands off”) AAR and makes a prognosis based on the known limitations.

Kulcsszavak: *légi műveletek, légi utántöltő műveletek, interoperabilitás ~ air operations, air to air refueling operations, air force, interoperability*

1. Helikopterek légi utántöltésének kihívása és kritériumai

A repülések végrehajtása során a pilóták számára az egyik legnehezebb és legnagyobb gyakorlatot kívánó feladat a légi utántöltés. Ennek oka viszonylag egyszerű a légi járművek

irányíthatóságának lehetőségei, különös tekintettel a kötelékben repülő gépek mögötti turbulens áramlatokban, meglehetősen korlátozott.

Ez a feladat fokozottan nehéz a helikopterpilóták számára, akik ritkábban hajtanak végre ilyen feladatot. Emellett egy merev szárnyú repülőgépet forgószárnyással hátulról megközelíteni, majd néhány méterről kíséni, beletalálni a töltőcsonkba a különböző sebesség kritériumok mellett nem egyszerű feladat. Mielőtt részletesen taglálnám a helikopterek légi utántöltésének jellemzőit, előtte egy történelmi áttekintést mutatok be, amely részletezi, mi és hogyan vezetett a forgószárnyas repülő technikák ilyen irányú tovább fejlesztéséhez.



1. ábra Az első kísérleti légi utántöltések egyike ahol az Amerikai Légierő CH-3C típusú helikopterét a Tengerész Gyalogság C-130F tankere tölti fel üzemanyaggal 1966. december 17-én

1965. december 17-én az amerikai Dunn őrnagyot kérték fel az első, helikopterrel végrehajtott légi utántöltésre¹. A művelet során először kellett megtapasztalnia ezen típusú feladat kihívásait. Számos ellenzője akadt a feladat végrehajtásának, különösen mérnöki körökben, akik attól féltek, hogy a KC-130-as tankerként repülő gép mögött keletkező turbulencia katasztrófát fog okozni és a helikopter és személyzetének pusztulását okozhatja. Ráadásul, az őrnagy még soha sem hajtott végre légi utántöltési küldetést. Azonban a feladat végrehajtása fényes sikert eredményezett: nemhogy katasztrófa történt, de a felzárkózás, megközelítés és a csatlakozás is elsőre, minden probléma nélkül sikerült. Ezután az Amerikai Légierő Kutató-Mentő Parancsnoksága elrendelte néhány HH-3C helikopter átalakítását légi utántöltés végrehajtására.

Az így átalakított helikoptereket új típusjelöléssel HH-3E látták el. Ez az átalakítás maga után vont a számos HC-130H légi utántöltő repülőgéppé való alakítását is, hisz tankerként ebben az időben csak nagy sebességű technika állt rendelkezésre és ezek nem feleltek meg a megváltozott igényeknek. A korai kutatások azt is bizonyították, hogy a gépszemélyzetet nem terhelte meg kritikusan a légi utántöltésből adódó hosszú távú repülés és levegőben tartás. Volt olyan kísérlet, amikor 18 órát tartózkodott a repülőgép és személyzete a levegőben, ezzel 2200 mérföldet tettek meg számos utántöltést végrehajtva.

¹ Helicopter areal refueling - Aerospace Medical Research Labs Wright-Patterson AFB OHIO, 1967. November



2. ábra Helikopter légi utántöltése függeszkedésben

Helikopterek levegőben történő utántöltésének alapvetően két különböző típusa ismert. Az egyik, amikor a légi járművet függeszkedés közben (egy helyben vagy relatíve – az utántöltő hajót követve - egy helyben) töltik fel üzemanyaggal. Az angol katonai terminológia HIFR (HOVER In-Flight Refueling) mozaik szót használja erre a töltési módra. Ez a módszer a kereskedelmi repülésben elterjedtebb, harcászati viszonylatban, például kutató-mentő feladatot végrehajtó helikopter esetében ezt a módszert igen ritkán használják.



3. ábra Black Hawk helikopter légi utántöltése kosaras módszerrel

A másik lehetőség, amikor a helikopter egy tanker légi járművet követ és így valósul meg a feltöltés. Ez utóbbi módszer gyakorlatilag nem különbözik a hasonló, kosaras légi utántöltő módtól a merevszárnyú repülő eszközök esetében, a manővernek itt is szigorú repülés-technikai feltételei vannak. A töltés során több, rendkívül fontos kritériumot kell figyelembe venni.

A repülőgépek sebessége, vagyis a különböző típusok (merev vagy forgó szárnyas technika) minimális és maximális repülési sebességéből adódó különbségek. Mivel a tanker gép merevszárnyú, annak repülési sebességtartománya jócskán eltér a mögötte repülő forgószárnyas repülőgépétől. Ekkor a tankernek a lehető legkisebb, még manőverezni képes sebesség tartományt kell választania. Abban az esetben, ha ez a sebesség tartomány nagyobb, mint a

fogadó helikopter maximális repülési sebessége (egyszerűen nem éri utol), más tanker típust kell alkalmazni. Ezt a kritériumot a műveletek tervezésekor veszik figyelembe és ennek megfelelően alakítják ki a légi utántöltési tervet.

A turbulencia kérdésköre is fontos szempont, abban az esetben, ha a tanker illetve fogadó repülőgép aerodinamikai szempontból két különböző repülő technikát képvisel, egészen más irányú áramlatokkal kell számolni. Ugyanis a tanker légesavarjai és sárkányszerkezete mögött keletkező légörvények egyenesen a mögötte repülő helikopterre hathatnak, ha az nem a megfelelő tér és távközzel követi.

A légi utántöltés e módjában különös figyelmet kell fordítani a megközelítés szakaszára a fentebb vázolt okok miatt. A helikopter forgószárny lapátjai egy síkban futnak, vagy inkább egy tetejére állított kúp palástját rajzolják. Ha ez a forgószárny-kúp megbomlik, az a lapátok töréséhez, a helikopter törzsébe csapódásához vezethet. A legrosszabb esetben, ha a megközelítést túlságosan alacsonyan hajtják végre, a turbulencia „*kifordíthatja*” a fogadó gépet, ami helikopter esetében katasztrófához is vezethet. Ennek oka rendkívül egyszerű: a helikopterek döntő többségét nem háton repülésre csak korlátozott mértékű műrepülésre tervezték. Mivel azok a helikopterek, amelyek légi utántöltésre is alkalmasak többnyire közepes vagy nagyméretű szállító helikopterek így csak korlátozottan műrepülhetőek.

A 4. ábrán látható képsorozat² hűen illusztrálja mennyire bonyolult manőver a helikopterrel végrehajtott légi utántöltés. Ebben az esetben ráadásul egyszerű időjárási körülmények között, nappal próbálták meg végrehajtani azt. Az MH- 53 pilótája is teljesen tisztában volt azzal, hogy mi történhet, ha a tanker alá süllyed. Mivel a személyzet a töltőcsonk megtalálásával volt elfoglalva, ez kismértékű süllyedéshez vezetett. A pilóta észlelve azt, hogy veszélyesen a tanker alá süllyedt, intenzív korrigálást hajtott végre ami a botkormány erőteljes hasra húzását jelentette. A probléma azonban ott jelentkezett, hogy ekkor a helikoptertörzs komoly pozitív állásszögre került. Hogy a pilóta megakadályozza a helikopter utántöltő fölé emelkedését, intenzíven előrenyomta a botkormányt. Mivel forgószárnyas repülő-technikáról lévén szó, a forgószárny és a sárkányszerkezet külön pályán és idővel mozognak. Ezért a forgószárnykúp rögtön lekövette a pilóta kormánymozdulatát, előre dőlt, míg a helikopter törzse még mindig nagy pozitív állásszögön volt. Ennek egyenes következménye, hogy a forgószárny és a törzs találkozott: a lapátvég levágta az utántöltő konzol végét.

Nem túl gyakran, de többször feljegyeztek hasonló repülő-eseményeket, melyek tipikusan akkor következtek be, amikor a botkormány intenzív hasra húzását intenzív előrenyomása követte. Az afganisztáni háborúban is több Mi-24-es harci helikopterrel előfordult, hogy a lapát levágta az operátor kabinjának tetejét, tipikusan ebből a repülés-technikai hibából adódóan.

² Sikorsky CH-53E Inflight Refueling Mishap - www.youtube.com/watch?v=tO0sRWCf9k4



4. kép: Tipikus repülés-technikai hiba helikopterrel végrehajtott légi utántöltés során

2. A pilóta nélküli (hands off), automatizált légi utántöltés megvalósítása

2006 szeptemberében az Amerikai Egyesült Államok két, az automatizált légi utántöltésre szakosodott és ezért jelentős fejlesztéseket folytató cége, illetve ügynöksége megkezdte a gyakorlati repülések végrehajtását és ezzel mérföldkövet teremtve a pilóta nélküli légi utántöltés rendkívüli kihívásokkal teli útján. A két fent nevezett fejlesztő csapat egyrészt a Védelmi Különleges Kutatások Ügynöksége (Defence Advance Research Projects Agency (DARPA), valamint a Boeing repülőgépgyár kutatói voltak. A bemutatott technológiák jelentős előrelépést jelentenek a légi utántöltés repülés-biztonságának fejlesztése terén, egyrészt a tankerek és személyzetük, másrészt a fogadó gépek pilótáinak biztonsága szempontjából.

2.1. A Boeing KC-767 tanker repülőgép légi utántöltő kamera rendszere

A Boeing repülőgépgyár a légi utántöltés biztonságának fejlesztése során a tankergépekre szerelt külső kamera rendszerek, valamint a töltést végrehajtó ún. „Boom operator – Boomer” háromdimenziós virtuális képalkotó rendszerének kifejlesztésén dolgozik (Remote Vision System - RVS). A tanker gépek törzskereteire szerelt külső kamerák nagyfelbontású sztereó képeket közvetítenek, ezzel megkönnyítve a töltő operátor dolgát egyszerű és bonyolult időjárási viszonyok között, éjjel és nappal egyaránt. A rendszer sikerességét 2006 augusztus 30-án a kaliforniai Edwards Légi bázisról felszálló KC-767 tanker demonstrálta. A gép személyzete a felszállást követően a feladat végrehajtás terepszakaszára érve aktiválta az RVS berendezéseket és sikeresen hajtottak végre számos töltő feladatot. A tesztrepülések végeztével nemcsak a rendszer életképességét bizonyították, de sikerült megszerezni a megfelelő minősítést a Szövetséges Légügyi Hatóságtól (Federal Aviation Administration - FAA) is további tanker gépek e rendszerrel való továbbfejlesztésére, felszerelésére. A Boeing cég nemcsak a belföldi

igények kielégítését célozta meg, 2007 februárjában a Japán Légvédelmi Erők is megkapták az első, már ezzel az RVS technikával tovább fejlesztett tankereket. Ezt követte a 2007 közepén leszállított „*csomag*” Olaszország számára.

2.2. Az amerikai Védelmi Különleges Kutatások Ügynöksége (Defence Advance Research Projects Agency (DARPA) által kifejlesztett, pilóta nélküli légi utántöltés

2007. május 3-án a NASA berepülő pilótája Dick Ewers, valamint Leslie Molzahn repülő mérnök a sorban az utolsó, „hátra tett kezű” légi utántöltő repülését hajtotta végre. A repülés során figyelemmel kísérték, ahogy a DARPA által kifejlesztett Független Légi utántöltő rendszere sikeresen hajtja végre a még képzett pilóták számára is különleges nehézséget igénylő, légi utántöltő feladatot. A feladat végrehajtása egyrészt bizonyította, hogy a rendszer működőképes, valamint azt is, hogy pilóta nélküli repülő eszközök is képesek lesznek levegőben történő üzemanyag felvételre harcászati körülmények között.

A légi utántöltés ezen módja folyamatos inerciális, GPS és videó kontrollt igényel amelyet összehangba állítottak a repülőgép irányításáért felelős repülés irányító rendszerrel. A repülés során a NASA Dryden Repülés Kutató Központ F/A-18 típusú, a feladatnak megfelelően átalakított fogadó gépe, valamint a Boeing 707-300 típusú tankere szerepelt. Az F/A-18-ban biztonsági okok miatt a repülő személyzet is jelen volt. Számos különböző lehetőséget kipróbáltak, közöttük a legnagyobb kihívást jelentő ± 5 láb függőleges kitérítésű manővert is. Ez, a kosár plusz-mínusz 5 láb vertikális kitérése közbeni dokkolás lehetőségét vizsgálja, ami már önmagában véve is a légi utántöltés határértéke. Az ettől nagyobb kilengéseket produkáló turbulens áramlat már nem engedi meg a légi utántöltés végrehajtását repülésbiztonsági okok miatt. Az új rendszer valamennyi körülmény között sikeresen teljesítette az elvárt követelményeket.



5. kép: NASA F/A-18 "kéz nélküli - hands off" légi utántöltése

Az AARD rendszer továbbá sikeresen bizonyította használhatóságát a forduló közbeni kapcsolódás során is. Közismert, hogy légi utántöltés során a csatlakozott repülőgépek lekövetik a tanker mozgását forduló közben is, de ez nem érvényes magára a csatlakozásra. Ezt vagy a forduló előtt vagy utána hajtják végre vízszintes repülés közben. A manőver kezdőpontja is módosult a hagyományos kapcsolat felvételhez viszonyítva. A rendszer biztosítja a több, mint 2 tengeri mérföld (kb. 4Km), 1000 láb negatív szintkülönbség és a 30° maximális oldalszögből érkezést. A tesztrepüléseket végrehajtó pilóta elmondása alapján a folyamatos szoftver fejlesztéseknek köszönhetően a rendszer a kezdeti „úgy repül mint egy kezdő” minősítéstől elérte a „jobb mint egy képzett pilóta” határfokot. A kosár kiszámíthatatlan mozgását fejlett matematikai alapokon nyugvó algoritmusok alapján számítja a fedélzeti komputer. Ez folyamatosan számítja és leképezi a kosár mozgását a repülőgép töltő csonkjával nem több mint 10 cm-es különbséggel (a központ tengelyhez viszonyítva), dokkolva. Mindezt 450 km/óra és 6000 méter magasságban. A végrehajtás során felmerült a kérdés, miért pont a kosaras töltő módszert alkalmazták? Vajon beválna-e ez a módszer a másik, teleszkópos töltési rendszernél is? A válasz egyértelműen: igen. A mérnökök azért választották az előző módszert, mert ez jelenti a legnagyobb kihívást a légi utántöltés technikái közül. Itt, a relatív kicsi kosár mozgása, „kóválygása” a turbulencia hatására jelentős. Ezzel szemben a robosztusabb, áramvonalas terelő lapokkal felszerelt teleszkópos töltőre jóval kevésbé hatnak a tanker mögött fellépő turbulens áramlatok. Természetesen, maga az automatizált repülés-irányító rendszer ebben a töltési módszerben is biztosított.

Ami a DARPA fejlesztés sikerét jelenti: nem csak olyan repülőgépek tölthetők fel üzemanyaggal, amelyek pilótái megsérültek, de a legnagyobb sikert ott könyvelhetik el, hogy a következő generációs repülőeszközöket már repülő személyzet nélkül tervezik és itt kritikus jelentősége van az ismételt bevethetőségnek, illetve a folyamatos őrzésközvetítésnek. Ez a tény már csak elméleti határt szab a pilóta nélküli repülő eszközök levegőben tartásának. Akkor, amikor az üzemanyaggal való elláthatóság már nem szerepel a hadműveletet befolyásoló tényezők között, a levegőben tölthető idő és a harcba vethetőség legnagyobb kritériuma csakis a fedélzeten meglévő, megmaradó fegyverzet mennyisége lesz.

Felhasznált irodalom:

1. In-depth coverage of the military, civil, and corp helicopter industry - www.aviationtoday.com
2. Air Combat Command, Air Force Modernization Planning, Combat Rescue Mission Area Plan, FY 1996
3. Boeing KC-767 Tanker Advanced Camera System Improves Aerial Refueling Safety http://www.boeing.com/ids/news/2006/q3/060906c_nr.html
4. First hands-off autonomous air refueling engagement (<http://www.gizmag.com/go/6144/>)
5. www.darpa.mil/tto/solicit/BAA07-51/VULTURE_Industry_Day_Consolidated_Briefs_2007/06
6. www.darpa.mil/testimony/hasc_3_27_03final
7. Smart Micro UAV Man Portable, Highly Configurable Gimbaled or IR Camera www.Prioria.com/MavericInfo
8. UAV Technical Services - www.aisc.aero Rotor & Wing Magazine