

**MAKKAY Imre – MOLNÁR András – STOJCSICS Dániel –
SZEGEDI Péter – BÉKÉSI Bertold**

drmi48@gmail.com - molnar@uni-obuda.hu - stojcsics.daniel@nik.uni-obuda.hu -
szegedi.peter@uni-nke.hu - bekesi.bertold@uni-nke.hu

NEMZETKÖZI VERSENYEN A HUNOK CSAPAT

Absztrakt

2015 május 8-10 között immár harmadik alkalommal rendezett nemzetközi megmérettetést, Future Flight Designe 2015 (FFD 2015) elnevezéssel a Török Légierő Akadémia az isztanbuli Hezarfen repülőtéren. Egy saját tervezésű, fejlesztésű és gyártású távirányított repülőeszközzel lehetett nevezni a dinamikus versenyre. A versenykiírás nyújtotta lehetőségeket és korlátozásokat figyelembe véve a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar csapata felkérte a hazánkban ezen a területen kimagasló eredményeket elérő Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Karának oktatóit és hallgatóit, hogy közösen alkotott csapattal induljanak a rangos vetélkedésen. 2014 decemberében több mint 10 különböző országból 49 csapat nevezett, köztük a HUNOK csapat is, akik 2014 december 23.-án nyújtották be a jelentkezésüket. A cikk a versenyre való felkészülés tapasztalatait és a rangos versenyen szerzett élményeket foglalja össze.

The Future Flight Design 2015 National Competition was organized third times in the Hezarfen Airport, Istanbul, Turkey, on 08-10 May 2015. by Turkish Air Force Academy. The competitors had to design, fabricate, and demonstrate the flight capabilities of their prepared unmanned, electric powered, radio controlled aircraft which could meet the specified mission profile. The teams of the two universities, Óbuda University and National University of Public Service united to adequately face with the requirements of the FFD 2015 competition. 49 teams from more than 10 countries included HUNOK team, applied for the contest in December 2014. The HUNOK team applied for the FFD 2015 on 23 December 2014. The paper try to present the experience of the international competition and how the joint team developed and completed the MELÁK UAV.

Kulcsszavak: *pilóta nélküli légi járművek, drónok, távirányítású repülőgép ~ unmanned aerial vehicles, drones, remote controlled aircraft*

Bevezetés

A Török Légierő Akadémia parancsnoka 2014 októberében egy levélben kereste meg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) rektorát, amelyben meghívta az egyetem pilóta nélküli repülő eszközök (UAVs) fejlesztésekkel foglalkozó csapatát az Isztambulban, 2015 május 8-10 között megrendezésre kerülő FFD 2015 „Future Flight Design 2015” nemzetközi pilóta nélküli repülő eszközök versenyére. A harmadik alkalommal megrendezett nemzetközi megmérettetésnek az isztanbuli Hezarfen repülőtér adott otthont.

A versenyre egy saját tervezésű, fejlesztésű és gyártású távirányított repülőeszközzel lehetett nevezni, ahol az eszköz „életképességét” is bizonyítani kellett. A versenyen intézetek, főiskolák, akadémiák, egyetemek csapatai indulhattak. A csapatok tagjai (kivéve a pilóta) az intézmény teljes idejű hallgatói kellett, hogy legyenek és egy intézmény több csapatot is nevezhetett, illetve az intézmények összefogva közös csapatként indulhattak.

A felkészülési idő rövidege, a feladatok összetettsége a versenykiírás nyújtotta lehetőségeket és korlátozásokat figyelembe véve az NKE csapat úgy döntött, hogy az eseményre hazánkban ezen a területen kimagasló eredményeket elérő Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Karának oktatóival és hallgatóival (akik már évek óta terveznek, fejlesztenek, készítenek különböző UAV-kat) közösen alkotott csapattal jelentkeznek. A nemzetközi megmérettetésre több mint 10 különböző országból 49 csapat nyújtotta be jelentkezését 2014. decemberében.

1. A HUNOK csapat

A versenyre 2014 december 23.-án nyújtotta be a jelentkezését a HUNOK csapat. Prof. dr. Makkay Imre ny. ezredes egyetemi tanár, dr. Békési Bertold alezredes egyetemi docens, dr. Szegedi Péter alezredes egyetemi docens és Fábíán Kristóf, Kiss Zsolt és Kolláth Gábor honvéd tisztjelöltek alkották a HUNOK csapatot a Nemzeti Közszolgálati Egyetemről, míg dr. habil. Molnár András egyetemi docens, dékán, dr. Stojcsics Dániel egyetemi adjunktus és Lovas István és Sziklai Zsolt hallgatók alkották a csapat Óbudai Egyetemről érkező részét (1. ábra).



1. ábra. A HUNOK csapat és a verseny házigazdái

¹ saját készítésű fotó

2. A VERSENYKIÍRÁS ÉS A SZABÁLYOK

Az FFD 2015 célja volt, hogy lehetőséget teremtsen pilóta nélküli légi járművek tervezésére és építésére, ösztönözve az eredeti és egyedi tervek megvalósulását, továbbá, hogy teret biztosítson a repülő eszközök működőképességének bizonyítására, az elkészült járművek széleskörű bemutatására, megmérettetésére.

A nevezés elfogadásának feltétele volt egy technikai jelentés benyújtása és a szervezők általi elfogadása, amelynek maximum 60 oldalban tartalmaznia kellett:

1. a teljes felkészülési folyamatról egy összefoglalót, indokolva, hogy miért esett a választás az alkalmazott technológiákra, a megépített repülőgépre;
2. a rendszer képességeiről egy leírást, elemzést az előzetesen meghatározott követelményrendszer teljesítéséről;
3. a csapat szervezésének folyamatát, felépítését, feladatkörök meghatározottságát, teljesíthetőségét, és szabályozottságát;
4. időtervet, fő fázisok, döntési és ellenőrzési pontok megjelölésével.

A szervezők az FFD 2015-t, a „MOTHER SHIP UAV”-k versenyeként hirdették meg (a végső kiírásban módosították a téma megnevezését „UAV Mothership & Swarm”-ra, ami a kezdeti tartalmat nem befolyásolta) [6, 11, 12].

Mi az a "MOTHER SHIP UAV"?

A „MOTHER SHIP” egy olyan rádió távirányított repülőgép, amely egyrésztől minél több kis méretű repülésre alkalmas eszközt (MAV - Micro Air Vehicle) képes szállítani és a 2. 3. feladatoknak megfelelő módon repülés közben a fedélzetről indítani, kidobni, másrésztől amelyet a csapatok erre a versenyre terveztek és építettek, kereskedelmi forgalomban kapható alapanyagokat és alkatrészeket felhasználva. Az eszköznek önerőből kellett felszállnia (semmilyen külső energia forrás használatát nem tették lehetővé a szabályok) és a felszálló út hossza nem lehetett hosszabb 20 méternél. Az elektromotoros légcsavart hajtóművel hajtott repülőgép energia ellátó rendszerébe 40 A-es biztosítékot kellett építeni, hogy az előírt áramkorlátozás garantálva legyen. A fedélzeten elhelyezett maximálisan 3 kg tömegű villamos energiaforrás (LiPo, NiCad, NiMH akkumulátor egyaránt engedélyezve volt) felhasználásával működtetett eszközről a repülés alatt nem lehet ledobni, illetve elveszteni semmilyen alkatrészt (mint például futómű, stb.), kivéve ha a repülési feladat megkövetelte (pl. 2., 3. feladatok esetén).

Csak kereskedelmi forgalomban kapható légcsavart lehetett alkalmazni, akár a feladatokként váltva az alkalmazott típust, méretet, de a repülőgépek konfigurációjának megváltoztatására (pl.: biplánról monoplánra változtatni) nem adtak lehetőséget a szabályok. Az RC és a szervók működtetéséhez független energia forrásokat kellett használni.

A biztonság szem előtt tartása a repüléssel foglalkozók számára nem ismeretlen. A repülési feladatok megkezdése előtt biztonsági és technikai vizsgálatnak kellett alávetni az elkészített UAV-kat. Az előre megadott biztonsági követelmények teljesítése feltétele volt a repülési feladatok megkezdésének.

Az átvizsgálás kiterjedt:

1. a repülőeszköz minden elemének rögzítettségének, sértetlenségének, integritásának (minden felszerelést, hasznos terhet úgy kellett biztosítani, hogy a repülés alatt ne veszélyeztesse a működtetést (a tömegközéppont ne mozdulhasson el));
2. a légcsavart és a motor megfelelő integritására;
3. a villamos rendszer műszeres ellenőrzésére;
4. a gyors „áramtalanítás” lehetőségének ellenőrzésére (a repülőgéptörzs könnyen elérhető részére áramtalanító szerkezetet kellett beépíteni, amelyet csak a repülés megkezdése előtt a felkészülési körletben lehetett „élesíteni”);

5. a rádió távvezérlő előre meghatározott módon való működésének (a motor indul, motor leáll funkciójának, a kormányok működésének) ellenőrzésére.

Fokozottan ellenőrizték a Radio fail-safe funkció működőképességét (automatikusan be kellett, hogy kapcsoljon, amikor az összeköttetés a légi jármű és a földi irányítás között megszakadt), minden alkalommal a feladatok megkezdése előtti földi ellenőrzéskor be kellett mutatni, hogy az RC adó kikapcsolására működésbe lép a rendszer. Ekkor a biztonsági üzemmódban az eszköz vevője „motor állj”, „magassági kormány teljesen fel”, az „oldal kormány teljesen jobbra”, a „csűrő lap teljesen kitérítve” (jobbra, vagy balra), és a „fékszárny teljesen le” állásba vezérli a megjelölt berendezéseket. A csapatok csak a verseny bíróság által a szabályoknak megfelelőre értékelt repülő eszközzel kezdhették meg a repülési feladatok teljesítését [6, 11, 12].

3. A REPÜLÉSI FELADATOK

A versenyt az isztanbuli 681 méter hosszú kifutópályával rendelkező szilárd (aszfalt) burkolatú Hezarfen repülőtérén rendezték meg (2. ábra). A technikai ellenőrzésen átesett repülőeszközökkel három repülési feladatot kellett teljesíteni.

A repülés előtti felkészítésében a pilóta és további 2 fő vehetett részt. Az előkészítő területen a 3 fős felkészítést végző csapatnak 5 percen belül kellett repülésre kész állapotba hozni a repülőgépet, beleértve a hasznos teher behelyezését is a repülőeszközbe. Az értékelő bizottság hívására a startvonalra kellett állítani a repülőt, és a feladat teljesítés csak közvetlen utasításra volt megkezdhető. A további feladatok megkezdésének feltétele volt a megelőző feladat sikeres teljesítése. Az egyes feladatok teljesítésére 5-5 lehetősége volt minden csapatnak. A feladatok értékelhetőségének a kifutón történő sérülésmentes landolás minden esetben feltétele volt. A repülési magasság megfelelő megválasztásának követelménye a folyamatos vizuális kontaktus megléte volt [6, 11, 12].

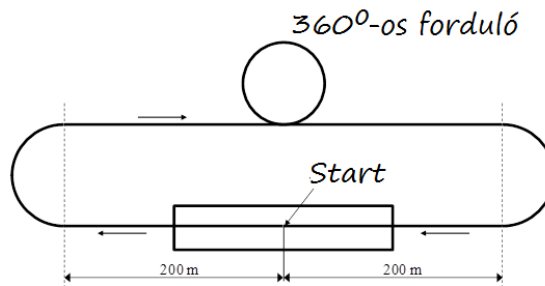


2. ábra. Hezarfen repülőtér²

3.1 Az első repülési feladat

Az első feladat, repülés végrehajtása 4 db fél literes (az adott országban kereskedelmi forgalomban kapható) ásványvizes palack vízzel, mint szállítandó hasznos teherrel a 3. ábrán látható repülési útvonalon. A 20 méteren belüli felszállást követően a pályát háromszor kellett végig repülni a lehető leggyorsabban, majd sikeresen leszállni a feladat eredményes teljesítéséhez. A hasznos terhet, a palackokat biztonságosan kellett rögzíteni a repülőgép belsejében, bennük a fél liter víz meglétét a repülés után ellenőrizték.

² saját készítésű fotó



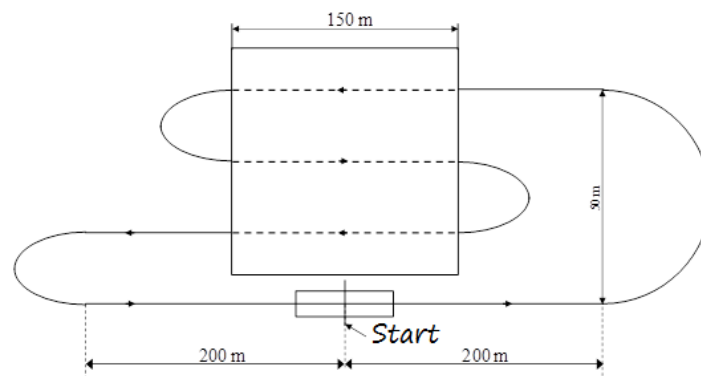
3. ábra. Az első repülési feladat³[6]

Az első feladat pontozása az $M_1 = 100 \cdot \frac{t_{ref}}{t_{team}}$ összefüggés alapján történt, ahol t_{ref} az első feladatot leggyorsabban teljesítő csapat ideje, a t_{team} az adott csapat számára szükséges idő [1, 6, 11, 12].

3.2 A második repülési feladat

A második repülési feladat egy zárt hurok teljesítése volt, a 4. ábrán látható repülési útvonalon 3 darab MAV-val a fedélzeten. Az első feladatban begyakorolt rövid felszállást követően a 150 méteres célterület felett minden forduló alkalmával egy-egy MAV-ot kellett leoldani a „MOTHER SHIP”-ből. A fedélzetről katapultált MAV-oknak bizonyítaniuk kellett repülési és leszállási képességeiket. Ha egynél több MAV-ot indítottak egyszerre, illetve bármi más kiesik a szállítógépből a feladat nem teljesítettnek számított.

A feladat pontozása az $M_2 = 100 \cdot R$ összefüggés alapján történt, ahol az R a sikeresen katapultált, repült és landolt MAV-ok számával arányos szám (3 sikeres MAV esetén $R=1,5$; 2 sikeres MAV esetén $R=1,0$; 0 és 1 sikeres MAV esetén $R=0,5$). [1, 6, 11, 12]



4. ábra. A második repülési feladat⁴[6]

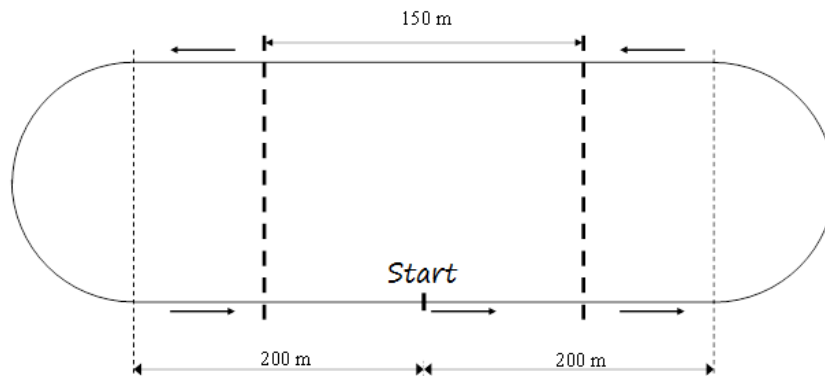
3.3 A harmadik repülési feladat

Az utolsó repülési feladatban a lehető legtöbb MAV-ot (2. feladatban alkalmazottal azonos típusú, méretű MAV) kellett indítani a „MOTHER SHIP”-ről az 5. ábrán látható repülési útvonalon megjelölt 150 méteres célzóna felett. A feladat megkezdése előtt a hordozó repülőgépen szállított (törzsön belül, illetve külső függesztményként egyaránt), leoldott MAV-ok számát meg kellett adni a verseny bíróság számára. A felszállásnak ennél a feladatnál is az előzőekben meghatározott 20 méteren belül kellett megtörténnie és a három kört lerepülve. Az

³ készítették a szerzők (MS Paint)

⁴ készítették a szerzők (MS Paint)

utolsó körben a MAV-ok leoldása egyesével történhetett a 150 méteres cél terület fellett (5. ábra).



5. ábra. A harmadik repülési feladat⁵[6]

Ebben az esetben is, ha bármi más kiesett a szállító repülőgépből a feladat nem teljesítettnek számított. A „MOTHER SHIP” biztonságos landolása a feladat teljesítésének itt is a feltétele volt. A feladat pontozása az $M_3 = 100 \cdot \left(\frac{n_{team}}{n_{ref}} \right)$ összefüggés alapján történt, ahol n_{team} a verseny során a legtöbb sikeresen a célterület felett kidobott, repült és landolt MAV-ok száma, az n_{ref} az adott csapat által sikeresen katapultált MAV-ok száma. Látható, hogy az előző összefüggés egy viszonyszámot generálva a legtöbb MAV-ot katapultáló csapat minden más résztvevő feladatra kapott pontszámát csökkentette, így növelve saját győzelmi esélyeit. [1, 6, 11, 12]

4. FELKÉSZÜLÉS A VERSENYRE

A tervezés megkezdéséhez alapvetően a versenykiírásban szereplő követelmények jelentették a kiindulási szempontrendszer. Elemezve a követelményeket és a rendelkezésre álló lehetőségeket megkezdtuk az elvégzendő feladatok ütemezését, és a végrehajtás erőforrás igényeinek meghatározását. Egy több síkon zajló tervező és szervező munka vette kezdetét.

A második és harmadik feladat teljesíthetőségének alapkövetelményei a gyorsaság, a jó manőverezhetőség és a rövid felszállási út (20 méter) teljes terheléssel. Az első feladtnál ez a nagy teherbíró képességgel egészült ki. Ezeknek a képességek együttes elérése komoly előkészítő munkát igényelt. Közös beszélgetések, ötletelések, kutatások kezdődtek, hogy milyen legyen az elkészítendő repülőgép felépítése, milyen olyan ismert megoldások jöhetnek szóba, amelyekre alapozva elkészíthetjük a MOTHER SHIP-et, majd később pedig a MAV repülőeszközeinket.

A számos tervezési követelményt csoportosítottuk és priorizáltuk. Elsődleges szempontként jelöltük ki a bekerülési, üzemeltetési és egyéb költségek minimalizálását. A tervezési és méretezési feladatok kidolgozása időigényes folyamat, így a rendelkezésünkre álló idő korlátos volta miatt számos tervezési és méretezési lépés pontos, számításokon alapuló kivitelezését tapasztalati úton határoztuk, illetve valószínűsítettük meg. A tesztrepülések alkalmával vizsgáltuk feltételezéseink életképességét, javítottuk a hibákat, kiküszöböltük a hiányosságokat.

A mielőbbi elemelkedéshez és a stabil repüléshez szükséges felhajtóerő létrehozásához a vonóerő irányának változtatásával létrehozott emelőerő komponensben ítéltük meg a megfelelő megoldást (ESTOL - Extremely Short Takeoff and Landing).

⁵ készítették a szerzők (MS Paint)

Arra a következtetésre jutottunk, hogy a rövid nekifutást ESTOL megoldás alkalmazásával biztosítjuk, majd a tesztrepülések alkalmával a gyakorlatban próbáljuk ki működőképességét. A konfiguráció kiválasztásánál a Bell Boeing V-22 Osprey⁶ multifunkcionális katonai repülőgépet vettük alapul. Megvizsgáltuk a repülőgép tulajdonságait (a függőleges fel-, és leszálló (VTOL - Vertical Takeoff and Landing), illetve a rövid fel-, és leszállási (STOL - Short Takeoff and Landing) képességét) és úgy döntöttünk, hogy alap tervezési modellként használjuk fel a „MOTHER SHIP” szállító repülőgép elkészítéséhez.

A szárnyakon elhelyezett iker motoros gondolás megoldás kivitelezhetőnek tűnt és a gondola mozgatásával a légszavak által létrehozott vonóerő vektorának iránya változtatható. A repülőgépet a szárnyra szerelt két (a törzs két oldalán elhelyezett) motorgondolával építettük meg, amely gondolák a vízszintes síkból felfelé 15 fokban téríthetők el, hogy a rövid felszállás során a szükséges emelő erő biztosítható legyen a teljesítmény korlát (a motoronkénti 40 A-s áramkorlát) betartásával (6. ábra).



6. ábra. A motorgondolák elhelyezése⁷

Feltételeztük, hogy a két motor által biztosított vonóerő, illetve a hatékonyabb csűrő hatás (és stabilizáló hatás) lehetőségének kihasználásával a fordulók rádiusza is csökkenthető, aminek következményeként a repülési idő (a feladatok teljesítésének ideje) csökkenni fog. Ennek a képességnek az alkalmazása a pilótától nagyobb fokú felkészültséget követel, amit vele egyeztetetten vállaltunk, úgy ítélve meg a lehetőséget, hogy jelentő előnyökkel járhat a benne rejlő veszélyekhez képest is.

Az egyik legfontosabb részegység a törzs volt, melynek az elsődleges funkciója a repülőgép fő egységeinek összefogása mellett a hasznos teher szállítása. A törzzsel szemben támasztott követelményeink a következők voltak: legyen könnyű, tartós, kellően merev és erős, hogy elviselje az üzemeltetés során (felkészülés és verseny) felmerülő igénybevételeket. A meghatározott követelmények teljesítése érdekében a törzse EPP habból készült, és balsa fával és szénszálalás téglalap keresztmetszetű csövekkel erősítettük meg (7. ábra).



7. ábra. A törzs megerősítése balsa fával és szénszálalás téglalap keresztmetszetű csövekkel⁸

A légi jármű másik fontos része a szárny, aminek tervezése számos paramétertől függ. A tervezéshez és kivitelezéshez a szakirodalomban megtalálható elveket és módszereket követtük. Ennek során szembesültünk olyan korlátozó tényezőkkel, mint például a stabilitás, az irányíthatóság, gyárthatóság, költség, és a repülésbiztonság problémaköre.

⁶ A repülőgépet úgy tervezték, hogy egyesítsék, egy hagyományos helikopter fel-, és leszálló képességét egy légszaváros repülőgép nagy hatótávolságával nagy repülési sebességével.

⁷ saját készítésű fotó

⁸ saját készítésű fotó



8. ábra. MELÁK a háromrészes szárnyal⁹

Figyelembe véve a lehetőségeinket (pl.: a verseny helyszíne, a szállítás), úgy döntöttünk, hogy a szárny három részből fog felépülni (8 ábra). Külső részei (fehér színű) könnyen lecsatlakoztathatók a szárnyközép részről (fekete). Utóbbi négy műanyag csavarral kapcsolódik a törzshöz. A kapcsolódó felületek balsa fával megerősítettek (9. ábra). A fa alkatrészek számítógép vezérlésű lézer vágóval készültek.



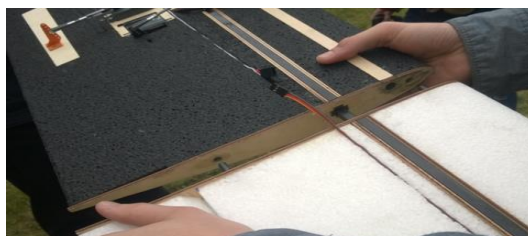
9. ábra. A szárny rögzítése a törzshöz¹⁰

A szárnyközép és a szárnyvég részek közötti teherviselő kapcsolatot egy szénszálaz zártszelvény biztosítja, amit kiegészít két kör alakú szénszálaz cső, hogy a szárny csavarodását megakadályozza (10. ábra).



10. ábra. A szárnyvégek kapcsolódása a szárnyközéphez¹¹

A vezetékek, csatlakozások a habba lettek integrálva. Az elektromos kapcsolatok könnyen bonthatók (11. ábra). A nagy kormány felületek mozgatásához szükséges erőt biztosító szervókra balsa fával megerősített felületeket ragasztottunk.



11. ábra. Elektromos csatlakozás a szárnyon¹²

⁹ saját készítésű fotó

¹⁰ saját készítésű fotó

¹¹ saját készítésű fotó

¹² saját készítésű fotó

A 12. ábrán látható hagyományos farok kialakítást választottuk, mert egyszerűen legyártható és könnyen felszerelhető (biztonságosan rögzíthető) a törzsre (ragasztható).



12. ábra A modell farokrésze¹³

Egy a levegőnél nehezebb légi járműnek, hogy képes legyen megfelelő manőverezésre a levegőben valamilyen meghajtó rendszerre is szüksége van. A versenykiírásnak megfelelően villamos motorokat használva biztosítottuk a légi jármű mozgásához szükséges meghajtó erőt. Figyelemmel az előírt meglehetősen nagy tömegű hasznos teherre és a viszonylag rövid felszállási útra, két villanymotor alkalmazása mellett döntöttünk. A két motort a szárnyközépre telepítettük, így elég hely maradt a törzsben az akkumulátoroknak és a vizes palackok elhelyezésére.

A két villanymotor fordulatszáma külön-külön vezérelhető, így lehetőségük volt a vonóerő vektor nagyságának változtatásával is befolyásolni a légi jármű hossz- és keresztengely körüli mozgását. A differenciált meghajtás úgy viselkedik, mint egy aktív csűrőkormány. Háromfázisú, kefenélküli villanymotorokat alkalmaztunk, mivel ezeknek rövid a reakció idejük (a motorok fordulatszámának gyors szabályozását követelmény), és megbízható a működésük. A motor típusa: AXI 282612 kV-os 760 (13. ábra).



13. ábra. A MOTHER SHIP erőforrása¹⁴

A 14. ábrán látható villanymotorok egy-egy mozgatható motorgondola alkalmazásával a szárnyközépen történő felszerelése.



14. ábra. A motorgondolák elhelyezkedése a szárnyközépen¹⁵

¹³ saját készítésű fotó

¹⁴ saját készítésű fotó

¹⁵ saját készítésű fotó

A 15. ábra a repülőgép három részből álló futómű rendszerét mutatja be.



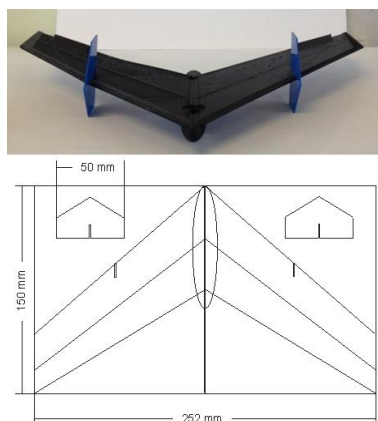
15. ábra. A futómű rendszer¹⁶

A „főfutók” EPP alapanyagból készültek és egy hajlított lemez szerkezetű futószár segítségével a törzs oldalára lettek rögzítve. Az orr-futóművet, a törzs első harmadán félig süllyesztve építettük be. A futómű rendszer harmadik része a törzs utolsó harmadára ragasztott a balsa fából készített csúszó sín [1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

5. A MIKRO REPÜLŐESZKÖZÖK, A MAV-ok

A „MOTHER SHIP” fedélzetéről indított MAV (Micro Unmanned Vehicle) önálló repülési (vitorlázó) képességgel rendelkező, hagyományos, vagy csupaszárny elrendezésű pilóta nélküli repülőszerkezet egyaránt lehetett, amely biztonságosan (károsodás nélkül) volt képes landolni. A MAV tervezésekor a könnyű és gyors sorozat gyárthatósági kritériumot önmagunknak fogalmaztuk meg és döntöttünk a 3D nyomtatóval elkészíthető felépítés mellett. A 3D technológia lehetővé tette a könnyű, gyors és nagyon pontos sorozatgyártást. A prototípus modell könnyen elkészíthető volt közvetlenül a számítógépen készített vezérlő program segítségével. A tartós ABS-ből készített modellek erősek, festhetők, csiszolhatók és forgácsolhatók és rugalmasak voltak [1, 11, 12]

A 16. ábrán az első próba MAV látható, amely teljesítette a meghatározott verseny követelményeket (súly, méret). Az elvégzett tesztrepülések azonban felfedték, hogy nem képes önálló repülésre, illetve biztonságos landolásra.



16. ábra. Az első MAV¹⁷

A további probléma volt, hogy a kioldó berendezésre csak öt darab fért el belőlük. Az eredmények figyelembevételével módosítottuk a MAV-ot a 17. ábrán látható kivitelre.

¹⁶ saját készítésű fotó

¹⁷ saját készítésű fotó, készítették a szerzők (MS Paint)



17. ábra. A módosított MAV¹⁸

A függőleges vezérsíkokat eltávolítottuk, és pótlásukra a hátra nyilazott szárnyra 45°-ban döntött szárnyvégeket ragasztottunk. Ez a módosítás azt eredményezte, hogy több MAV-ot lehetett felfűzni a kidobó mechanizmusra (18. ábra). Ezen kívül javította a MAV siklási képességét.



18. ábra. MAV-ok a kidobó mechanizmuson¹⁹

6. A MAV KIDOBÓ MECHANIKA KÉSZÍTÉSE

A versenyfeladat szempontjából a MAV kidobó mechanika egy önállóan kezelhető és tervezhető alrendszer. Az egység tervezése során figyelembe vettük, hogy a MAV kidobás a modell távirányítójáról működtethető, illetve gyorsan fel-, és leszerelhető legyen. A prototípus tervezésénél a további szempontok is figyelembe lettek véve, mint például:

- kisméret és tömeg;
- egyszerűség (a lehető legkevesebb mozgó alkatrész);
- a mikro légi járműveket (MAV) könnyen rászerezhetőek legyenek.

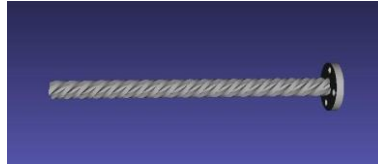
A megoldást egy végtelenített RC szervomotorral meghajtott menetes szár és a MAV-ok törzsébe fűrt menetes rész együttes alkalmazásában találtuk meg. Az elv egyszerű. A menetes szárat a motor segítségével a megfelelő irányba elforgatva, egymás után fel lehet fűzni a MAV-okat. A kieresztés folyamata pedig ennek a fordítottja.

Az RC szervomotorra azért esett a választás, mert a hordozógépen is számos ilyen aktuátor található, így annak vezérlése a gép működtetéséhez szükséges modul egyik szabad csatornájának a kihasználásával egyszerűen megoldható.

¹⁸ saját készítésű fotó

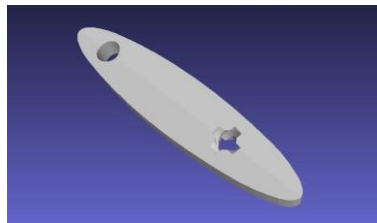
¹⁹ saját készítésű fotó

A menetes szár és a hozzátartozó „anyacsavar” kialakításához egy viszonylag új, a prototípusgyártásban is egyre gyakrabban alkalmazott 3D nyomtatás technológia adott megoldást. A nyomtatás extrudálással történik, azaz magas hőmérsékletű fúvókán átréselt műanyag rétegekből épül fel az objektum. Kétféle anyag létezik. Az egyik az ABS (acrylonitrile butadiene styrene), a másik a PLA (polylactic acid). A PLA sokkal merevebb szerkezetű, mint az ABS. Ezt a tulajdonságot figyelembe véve, a menetes szár PLA-ból készült el (19. ábra), míg a MAV-okat ABS-ből készítettük. A nagy magasságból kidobott MAV-ok a puhább, rugalmasabb műanyagoknak köszönhetően sokkal ellenállóbbak lesznek.



19. ábra. Nagy emelkedésű nyomtatott menetes szár 3D terve²⁰

Tervezés során, az anyacsavarnak megfelelő menet a MAV törzsében kapott helyet, ami a 20. ábrán látható.



20. ábra. MAV törzse (megvezető nyílás és menet)²¹

A tesztelés után a szervomotor egy konténerben kapott helyet, amit szintén 3D technológiával készítettünk el. Úgy lett kialakítva, hogy a motor mellett a vezérléshez szükséges vevő és az akkumulátor is elférjen (21. ábra). A konténer 64 mm széles, 96 mm hosszú, 57 mm magas és négy csavarral lehet a raktérbe rögzíteni. A tömege csökkentésének az érdekében, az oldalára további lyukakat fűrtünk.



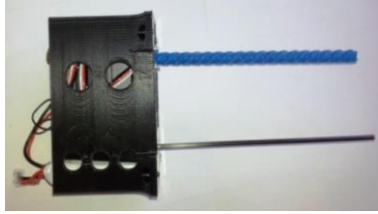
21. ábra. A konténerben elhelyezett szervomotor, vevőmodul és akkumulátor²²

Mivel MAV-ok egy tengelyre vannak felfűzve, ezért a menetes szár forgatása közben azok elfordulnának. Ennek megakadályozására egy vezető rúddal lett ellátva a modul. (22. ábra)

²⁰ saját készítésű fotó

²¹ saját készítésű fotó

²² saját készítésű fotó



22. ábra. Összeszerelt modul, a szénszálás megvezető rúddal együtt.²³

A rúd 3 mm átmérőjű szénszálás anyagból készült. A MAV törzsén egy további nyílás kapott helyet, melyen keresztül a rúd áthalad és megakadályozza az elforgást. Az akadálytalan működés érdekében a nyílás a rúd méretének a duplája, továbbá a rúd hossza 10 mm-el hosszabb, mint a menetes szár. Ennek köszönhetően végig a tengely mentén van megvezetése a MAV-nak, illetve ledobáskor a törzs nem tud rászorulni a szénszálás rúdra. [1, 11, 12]

ÖSSZEGZÉS

A szerzők és egyben a csapat tagjai is a Török Légierő Akadémia szervezésében immár harmadik alkalommal kiírt és megrendezett nemzetközi versenyre történt felkészülésének tapasztalatait kívánták bemutatni. Egy olyan folyamatot, amely során egy saját tervezésű, fejlesztésű és gyártású távirányított prototípusú repülőeszközzel kellett részt venni egy dinamikus versenyen, ahol a prototípus életképességét is bizonyítani kellett. A hallgatóknak és az ezen a területen kutató oktatóknak egyaránt értékes gyakorlati tapasztalatokat nyújtott a szigorú versenykiírásoknak történő megfelelés, vagyis a mérnöki tevékenység „soft” és „hard” részének gyakorlati megtapasztalása.



A versenyre való felkészülésünkről tudomást szerezve a BHE Bonn Hungary Electronics Hungária Kft. támogatásra érdemesnek érezve a csapat erőfeszítéseit egy nagylelkű szponzori segítséget ajánlott fel, amit ezúton is nagyon szépen köszönünk. Külön köszönet Dr. Kazi Károly igazgató úrnak, címzetes egyetemi docensnek, és Papp Tímeának a szíves és segítőkész támogatásért és segítségért.

Felhasznált irodalom

- [1] FFD 2015 Technical Report of the MELÁK unmanned aerial vehicle by HUNOK TEAM 2015.
- [2] MOHAMMAD H. SADRAEY: Aircraft Design A Systems Engineering Approach, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Chennai, India. 2013, ISBN 978-1-119-95340-1
- [3] CHRISTOS KASSAPOGLOU: Design and analysis of composite structures with applications to aerospace structures, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Noida, India. 2010, ISBN 9780470972632
- [4] IAN MOIR, ALLAN SEABRIDGE: Design and development of aircraft systems, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, New Delhi, India, 2013, ISBN: 978-1-119-94119-4

²³ saját készítésű fotó

- [5] JAN R. WRIGHT, JONATHAN E. Cooper: Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons Ltd, 2007, West Sussex, England
- [6] FFD 2015 Competiton Rules.
- [7] DR. PÁSZTOR MÁRIA: Műanyagok alkalmazása, utóműveletek - <http://www.muanyagipariszemle.hu/2012/01/uj-muszaki-habtipusok-14.pdf>, letöltve: (2015.03.24.)
- [8] GAUSZ TAMÁS: Légcsavarok, Budapest 2013. http://www.3dhabvagas.hu/wp-content/uploads/2013/04/LEGCSAVAROK_konyvecske_2013.pdf.
- [9] JOHN BRANDON: Manoeuvring Forces. http://www.pilotfriend.com/training/flight_training/aero/man_force.htm
- [10] ROHÁCS JÓZSEF, GAUSZ ZSANNA, GAUSZ TAMÁS: Aerodinamika. Typotex Kiadó. 2012. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/0018_Aerodinamika/Rohacs_Gausz_Aerodinamika_1_1.html letöltve: (2015.06.29.)
- [11] Békési Bertold, Szegedi Péter, Makkay Imre, Molnár András, Stojcsics Dániel: Preparation of a Drone for an International UAV Competition Istanbul 2015. Deterioration, Dependability, Diagnostics. Brno, University of Defence, 2015. pp. 79-91. (ISBN:978-80-7231-431-7)
- [12] Szegedi Péter, Békési Bertold, Makkay Imre, Molnár András, Stojcsics Dániel: The "MELÁK" UAV Design for the International Competition, Istanbul 2015. Proceedings of 19th International Scientific Conference Transport Means 2015. Kaunas, Technologija, 2015. pp. 266-270.