

Békési László - Békési Bertold

## Forgószárnyas pilóta nélküli légi járművek

*Békési, László - Békési, Bertold: Rotary-Wing Unmanned Aerial Vehicles*

*The development of rotary and fixed wing Unmanned Aerial Vehicles has been continuous for decades. The weight of these flying devices ranges from some dekagrams to ten tons. They can be used even in cases when the mission is too dangerous to risk the life of human beings, so the main field of their application is the military aviation (reconnaissance, observation, and even armed attack).*

*The practical solutions of their airframe structure are more colourful than that of the traditional manned aircraft airframe structures. It is understandable considering that even extraordinary solutions can be tried with relatively small financial risk. The airframes of Unmanned Aerial Vehicles are smaller and their designers are not so keen for conventional solutions. By their airframe structure, three different categories can be separated: fixed wing, rotary wing and hybrid.*

*By the takeoff and landing solutions, also there are three categories: Horizontal Take Off and Landing – HTOL), Vertical Take Off and Landing – VTOL) and their combination. The objective of this paper is to introduce the performance of VTOL types and to present their possible applicability as well as their limitations.*

**Keywords:** UAV, rotary-wing, VTOL, quad-rotor

### ÖSSZEFOGLALÓ

Pilóta nélküli repülőgépeket, helikoptereket évtizedek óta fejlesztenek a gyártók, ilyen eszközök tömege néhány dkg-tól tíz tonnáig terjedhet. Ezeket olyan feladatokhoz is használhatják, amelyek túl veszélyesek ahhoz, hogy emberek életét kockáztassak, éppen ezért elsősorban a katonai repülésben jutottak szerephez (felderítésnél, megfigyelésnél, vagy akár fegyveres támadásoknál).

A pilóta nélküli légi járművek sárkányszerkezeti megoldásai „színesebbek” mint a pilóták által vezetett gépeké, ami azzal magyarázható, hogy a nem szokványos megoldások is jóval kisebb anyagi kockázattal próbálhatók ki. Az UAV-k (Unmanned Air Vehicle) sárkányszerkezete is kisebb és a tervezők sem annyira elfogultak az egyes megoldásokat illetően. A sárkányszerkezet kialakítását tekintve alapvetően három különböző megoldás ismerhető fel: merevszárnyas; forgószárnyas; hibrid hajtású kialakítás.

A fel- és leszállás módja szerint három csoportba sorolhatók: vízszintesen felszálló (Horizontal Take Off and Landing – HTOL), függőlegesen fel-

szálló (Vertical Take Off and Landing – VTOL), és ezek kombinációja. Az írásmű célja a VTOL típusok paramétereinek ismertetése, az alkalmazási lehetőségek és korlátozások bemutatása.

**Kulcsszavak:** UAV, forgószárnyas, VTOL, quad rotoros

### BEVEZETÉS

A szakirodalomban sokan sokféle megnevezést alkalmaznak ezekre az eszközökre, amelyek a fedélzeten tartózkodó irányító személyzet (pilóta) nélkül hajtják végre feladatukat. A legelterjedtebb angol kifejezés az Unmanned Aerial Vehicle (a továbbiakban: UAV), amely alapvetően kizárólag magát a légi járművet foglalja magába. A földi irányító rendszer, a személyzet, a légi jármű, és a közöttük fennálló adatkapcsolatokat összességében Pilóta nélküli légi jármű rendszer (Unmanned Aerial System - UAS) néven ismerhettük meg. Az UAV-k feladatukat távirányítással végrehajtó szűkebb csoportja a Remotely Piloted Aircraft (RPA).

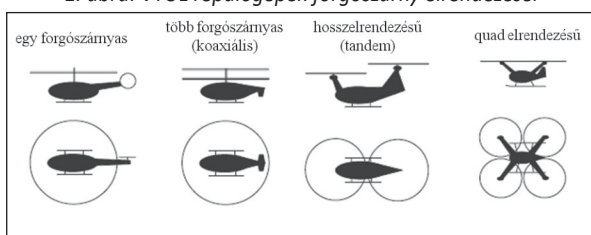


A légi járművek napjainkra már két nagy csoportba sorolhatók: a pilóták által vezetett „hagyományos” repülő eszközök és az akár emberi jelenlét nélkül, robot üzemmódban közlekedő gépezetek.

zása, melyek eredményeit gyakran bemutatókon, rendezvényeken ismertetik. [10]

### 1. FORGÓSZÁRNYAS KONFIGURÁCIÓK

1. ábra: VTOL repülőgépek forgószárny elrendezései



Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS PowerPoint) [7, 37]

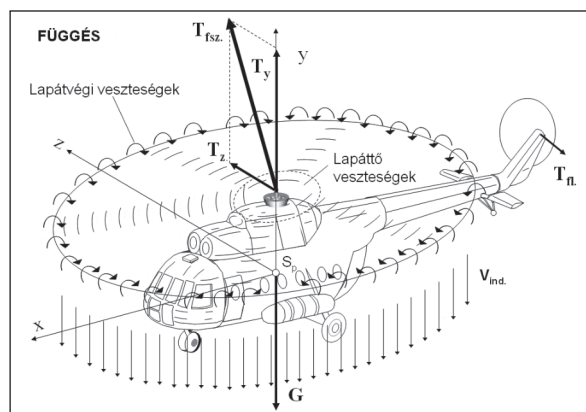
A létező UAV-k közel 80%-a a hagyományos merevszárnyú felépítésű rendszerű. Népszerűségét valószínűleg egyszerűségének és hatékonyságának köszönheti [34]. Vezérlése egyszerűbb, mint a forgószárnyú eszközöké. Képesek hosszú ideig a levegőben tartózkodni, ezáltal több különböző feladat végrehajtására is alkalmasak, mint például felderítés, harcmező megfigyelés, célmegjelölés, elektronikai harc illetve különböző polgári célú alkalmazás. [7]

A forgószárnyas UAV-k legjellegzetesebb típusai a mini, kis-, rövid-, közepes hatótávolságú és közepes magasságú hosszú időtartamú kategóriákban találhatók. A VTOL képes UAV-ok használata rohamosan növekszik, mivel képesek a konkrét helyszínek fölé repülni kis magasságon a városi területeken, ahol a megfigyelés, felderítés történhet épületek között vagy beltérben, ezek a képességek teszik kedvelté a polgári és kereskedelmi alkalmazások során. Ennek következtében több intézmény dolgozik különböző kutatási projektek keretében az ilyen típusú platformok kidolgo-

A VTOL típusú UAV rendszerek komolyabb fejlesztésére az utóbbi néhány évben került sor. Kis és közepes hatótávolságú tartományban működnek és a különösen közeli hatótávolságú műveletekre alkalmazhatóak leghatékonyabban. Talán ez az oka annak, hogy lényegesen kevesebb tapasztalattal rendelkeznek a forgószárnyas technológia terén, mint a merevszárnyú repülőek esetében. A személyeket is szállító helikoptereknek nagyon sok változata létezik – egy és több forgószárnyas (koaxiális), hosszfelrendezésű (tandem), és quad elrendezésű (1. ábra) [4, 7, 8, 30, 37].

A helikopter egyik fontos és a repülésekor gyakran előforduló repülési módja a gép egye-

2. ábra: Független repülési üzemmódokon a helikopterre ható erők



Forrás: a [9] irodalom alapján

nes-vonalú mozgása. A mozgás egyszerűbb formája, amikor az állandó sebességgel történik. A mozgás irányától függően a következő állan-

dósult repülési üzemmódokat különböztetünk meg [4, 9]:

- függőleges repülés;
- vízszintes repülés;
- ferde pályán történő emelkedés és süllyedés.

A továbbiakban kizárólag a függőleges repülési üzemmódokkal foglalkozunk, amelyeket az alábbiak szerint osztályozhatjuk [4, 9]:

- repülési üzemmódok működő hajtómű mellett (függés, függőleges emelkedés, függőleges süllyedés (3. ábra));
- függőleges és ferde pályán való süllyedés a forgószárny önforgási üzemmódjával.

Függőleges repülési üzemmódokon az 2. ábrán látjuk a helikopterre ható erőket [36].

A helikopter repülésének olyan üzemmódját nevezzük függésnek, amikor annak Földhöz viszonyított sebessége zérus. Ha függéskor szembe szél fúj, akkor a helikopter gyakorlatilag a szél sebességével vízszintesen repül, miközben a Földhöz viszonyított sebessége nulla, viszont ilyenkor a helikopter forgószárnya ferde átáramlási üzemmódban dolgozik.

A helikopter függése az egyik alapvető repülési üzemmód, ugyanakkor a helikopterszerű leszállás egyik fontos eleme is.

Függés végrehajtásakor a forgószárny és a farok-légcsavar igénybevétele és terhelése nagy, így a hajtómű nagy teljesítményére van szükség. Ezért függési üzemmódban ellenőrzik a hajtómű(vek) és a kormányzervek működését, valamint a hajtóművek teljesítmény tartálékát minden repülés előtt [38].

A függés végrehajtása, annak bonyolultsága miatt a helikoptervezetőtől (különösen kikapcsolt robotpilótánál) fokozott figyelmet és pontosságot igényel. Mindezen műveleteket UAV-k

esetében a kezelő személyzet végzi vagy pedig a robotpilóta.

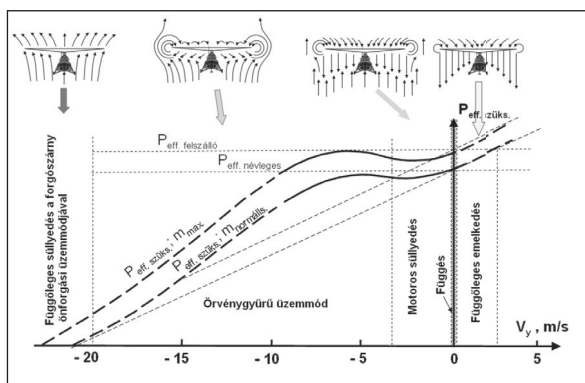
### 1.1 Az egy-forgószárnyas UAV-k

Mielőtt az ilyen szerkezetű UAV-kat bemutatnánk és főbb paramétereit megvizsgálánk, érdemes elméletben is megvizsgálunk néhány jellegzetességet.

A legegyszerűbb kivétel az egy-forgószárnyas faroklégcsavaros megoldás, ahol a forgószárny reakciónyomatéka a forgással ellentétes irányba próbálja a törzset elfordítani, amit a farok légcsavarral egyenlítene ki – a forgószárny teljesítményének mindössze 10%-val. A konstrukció viszonylag bonyolult felépítést és vezérlést igényel – emellett a faroklégcsavar fokozottan sérülékeny, könnyen ütközhet a talajjal a felszállás folyamán.

Az egy-forgószárnyas faroklégcsavaros helikopterek függési üzemmódjánál találkozhatunk a függőleges tengely körüli spontán elfordulás

3. ábra: A függőleges süllyedés esetei



Forrás: a [9] irodalom alapján

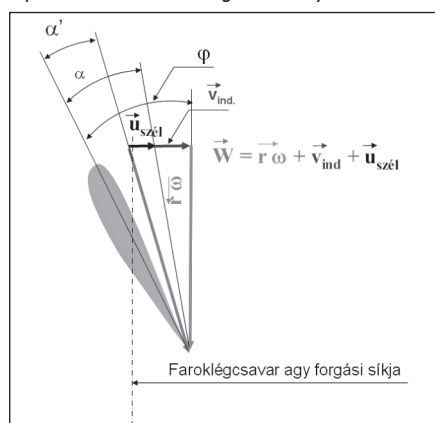
jelenségével. Azoknál a helikoptereknél, amelyeknél a forgószárny forgásiránya felülről nézve az óramutató járásával megegyezik, az irányíthatatlan elfordulás jelensége a helikopter balra való elfordulásában nyilvánul meg.

A helikopter kivétele ebből a függőleges tengely körüli forgásból akkor sikerülhet, ha áttérünk haladó repülésre, azaz áttérünk a forgószárny tengelyirányú átáramlási üzemmódjáról a ferde átáramlási üzemmódra, illetve (ha a helikopter külső terhet visz) a teher ledobásával.

Függés végrehajtásakor, ha a szél, lökészerűen balról éri a helikoptert a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási üzemmódban dolgozik (4. ábra). A szél sebességének hirtelen megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge lecsökken (5. ábra), így csökken a rajta keletkező erő nagysága is. Az útirányú egyensúly megtartásához, azaz a farok-légcsavar vonóerejének növeléséhez, a lapátelelemek beállítási szögét növelni kell [38].

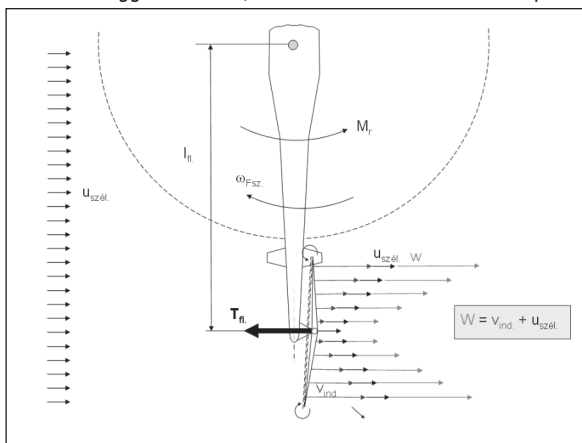
Ha a szél, lökészerűen jobbról éri a helikoptert (6. ábra) függés végrehajtásakor, akkor a farok-légcsavar ugyancsak tengelyirányú át-

5. ábra: A farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge bal irányú szél esetén



Forrás: a [9] irodalom alapján

4. ábra: Függés ha a szél, lökészerűen balról éri a helikoptert



Forrás: a [9] irodalom alapján

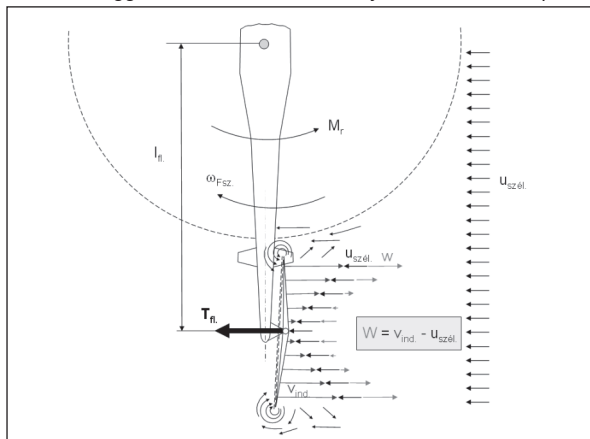
áramlási üzemmódban dolgozik. A szél sebességének megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge növekszik, és nő a rajta keletkező erő is (7. ábra). Amennyiben a szél sebessége nagy ( $u > 10$  m/s) akkor a farok-légcsavar lapátelelemek állásszöge oly mértékben megnőhet az útirányú egyensúly megtartásához, hogy leválik az áramlás róla, emiatt csökken a farok-légcsavar vonóereje, és a forgószárny reakciónyomatéka a helikoptert balra fordítja el [38].

A helikopter balra való elfordulásakor a szél sebességéhez hozzáadódik a helikopter elfordulásából adódó kerületi sebességgel azonos megfúvási sebesség (8. ábra). A két sebesség összegződik, így még nagyobb az esély arra, hogy a farok-légcsavaron, kialakuljon az örvénygyűrű üzemmód.

A farok-légcsavar vonóerejének csökkenése egyúttal a forgatáshoz szükséges teljesítmény növekedését okozza.

Amennyiben a szél sebessége megegyezik a farok-légcsavar indukált sebességének nagyságával a farok-légcsavar örvénygyűrű üzemmódja alakul ki, ilyenkor nincs átáramlás tengelyirányban a fa-

6. ábra: Függés ha a szél, lökészerűen jobbról éri a helikoptert



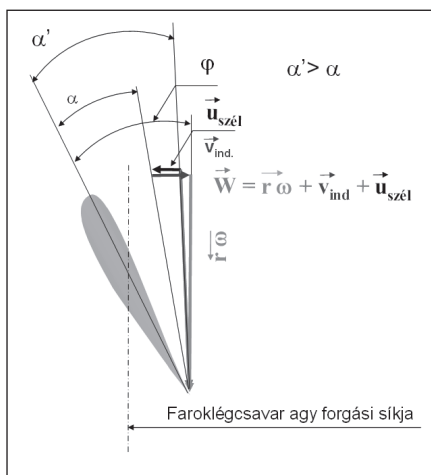
Forrás: a [9] irodalom alapján

rok-légcsavaron, tehát erő sem keletkezik rajta. A forgószárny reakciónyomatéka pedig, balra fogja elfordítani a helikoptert [12].

Probléma van tehát akkor, ha a szél jobbról váratlanul és a határértéket meghaladó erősségű.

A továbbiakban nézzünk meg néhány jellemző egy forgószárnyas UAV-t (9-14. ábrák) illetve

7. ábra: A fark-légcsavar lapátelemeinek állásszöge jobb irányú szél esetén



Forrás: a [9] irodalom alapján

azok főbb műszaki paramétereit (1. táblázat).

## 1.2 Kétforgószárnyas hosszrendezésű (tandem)

A nagy emelési képességet – 10 000 - 15 000 kg tartományban – egyszerűbb két forgószárnyal megoldani, amelynek egyik változata a „tandem” konstrukció [7, 8].

A hosszirányú kormányzás a forgószárnyak közös beállítási szögének differenciált változtatásával és egyidejű ciklikus változtatásával történik (9. ábra).

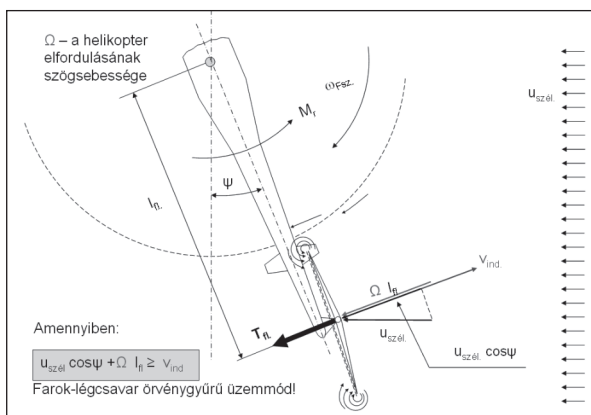
Ezáltal a forgószárnyak vonóereje és iránya úgy változik meg, hogy például a botkormány előredöntésekor a hátsó forgószárny vonóereje nő, a mellsőé lecsökken, s ugyanakkor mindkettő megdől előre. Ez az együttes hatás a vízszintes repülés biztosításához szükséges. Ekkor nemcsak a keresztengely körüli nyomatéki egyensúly bomlik meg, hanem az útirányú is a reakciónyomatékok különbözősége miatt. A helikopter vezetése bonyolultabb, mint a koaxiális elrendezésnél. A keresztengely körüli forgáskor a forgószárnyak eltérő megfúvási viszonyai miatt (alulról - felülről) jelentős a forgószárnyak csillapító hatása.

A keresztirányú kormányzás mindkét forgószárny egyidejű jobbra és balra döntésével valósítható meg.

Útirányú kormányzás a forgószárnyak beállítási szögének differenciált ciklikus változtatásával történik. Ezáltal a forgószárny vonóerők ellentétes oldalra dőlnek meg (egyik jobbra, a másik balra.)

A vonóerők  $T_z$  komponenei erőpárt alkotnak, s ez a nyomaték fordítja el a helikoptert a függőleges tengely körül.

8. ábra: A fark légcsavaron kialakuló örvénygyűrű üzem mód



Forrás: a [9] irodalom alapján

A csillapítást a törzsön és függőleges irányfelületen keletkező légerők és a forgószárnyak forgási kúpjának megfúvási sebességváltozása miatti dőlése ad [44].

Ha a nagy emelési képességet figyelmen kívül hagyjuk, akkor találhatunk olyan konstrukciókat, mint például a kis hatótávolságú DP-6 Whisper és a Ghost Micro UAV-ja, amelyek elektromos meghajtásúak és kétforgószárnyas hosszalrendezésűek.

A DP-6 Whisper egy távirányítással vezetett helikopter, amelynek feladata a nagy értékű célok és a járművek egyértelmű azonosítása titokban. Az eszköz autonóm üzemmódra képes, telepítése egyszerű, az elektromos meghajtás révén szinte hangtalan és gyakorlatilag karbantartásmentes. A kezelő (operátor) az akkumulátorokat 15 perc alatt újratöltheti vagy kicserélheti, amely körülbelül 3 percet vesz igénybe. A DP-6 biztosíthatja a mobil ad hoc WiFi hálózatot, a lehallgatást, a megfigyelést vagy közeli képek továbbítását. A DP-6 Whisper a lehetőségek széles körét és hasznos adatokat biztosít a műveletek során bonyolult terepen a mobilitást kihasználva [16, 24].

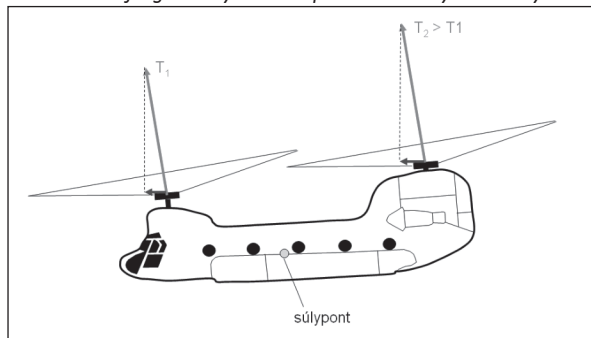
A miniatürizált UAV-k (pl.: IAI Ghost Micro UAV) alkalmasak a gyalogság támogatására, különösen hasznosak lehetnek egy harc megvívásában városi körülmények között, hiszen segítségükkel egy épület anélkül is átkutat-

1. táblázat A Firescout MQ-8B, a CamCopter S100, a NEO S-350 és a Skeldar V-200, BOEING A 160T, ORKA 1200 adatai

	Scheibel CamCopter S100	NEO S-350	Skeldar V-200	EADS ORKA 1200	Northrop Grumman Firescout MQ-8B	BOEING A 160T Hummingbird
Teljes tömeg [kg]	200	175	200	680	1429	2948
Forgószárny átmérő [m]	3,4	3,5	4,7	7,2	8,398	11
Motor teljesítmény [kW]	41	30	41	99	313	485
Utazó sebesség [km/h]	222	120	130	198	232	259
Repülési magasság (m)	5485	4500	4500	3600	6095	9145
Hasznos teher [kg]	50	35	40	180	272	454
Hatótávolság [km]	150	100	166	150	203	4630
Repülési időtartam [óra]	6	5	4	8	8	20

Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [1, 14, 21, 27, 31, 33, 39, 40, 43, 45]

9. ábra: Kétforgószárnyas helikopter hosszirányú kormányzása



Forrás: Szerkesztette Dr. Békési László (MS PowerPoint)

### Útirányú kormányzás

Az  $y$  tengely körüli vezérlőnyomaték a forgószárnyak közös beállítási szögének differenciált változtatása révén jön létre (18. ábra). Ez azt jelenti, hogy a lábormány elmozdításakor az egyik forgószárny lapátjainak beállítási szöge megnő, a másiké ugyanilyen mértékben lecsökken. Ezáltal az eredő vonóerő nem változik meg, a helikopter függőleges irányban nem mozdul el, viszont a reakciónyomatékok különbsége miatt a gép elfordul a függőleges tengelye körül. Az elfordulás értelme megegyezik azon forgószárny forgásértelmével, amelyen a beállítási szög csökkent, mert ennek reakciónyomatéka is csökken. A vezérlőnyomaték arányos a beállítási szögek differenciált változásával [44].

ható, hogy a katonáknak be kelljen hatolniuk, ezzel jelentősen csökkentve az emberáldozatok lehetőségét.

Az eszköz által szolgáltatott valós idejű képek éjjel-nappal információt szolgáltatnak a megfigyelt területről, kis energiaigényük miatt hosszabb időtartamig is alkalmazhatóak. Kis méretéből fakadóan, észrevétlenül berepülhetnek akár egy ellenséges ország fölé is, hasznos információkat szolgáltatva titkos katonai bázisokról, terroristákról, ABV fegyverekről [13].

### 1.3 Kétforgószárnyas (koaxiális) elrendezés

Pilóta vezette helikopterek esetén eléggé elterjedt megoldás a kétforgószárnyas alkalmazás. A hosszirányú és keresztirányú kormányzás hasonló az egyforgószárnyas helikopterekéhez. Mindkét forgószárny vonóerejét a kívánt értelemben dönti meg a helikoptervezető. A felső forgószárny nagyobb vonóereje és annak nagyobb karja miatt a kormányzás szempontjából is hatásosabb, mint az alsó forgószárny [3].

Az elfordulás értelme megegyezik azon forgószárny forgásértelmével, amelyen a beállítási szög csökkent, mert ennek reakciónyomatéka is csökken. A vezérlőnyomaték arányos a beállítási szögek differenciált változásával [44].

### 2. táblázat:

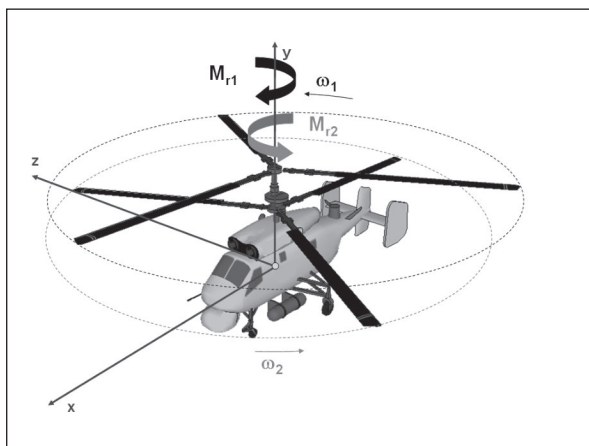
A DP-6 Whisper és a Ghost tandem elrendezésű UAV-k adatai

	DP-6 Whisper	IAI Ghost
Teljes tömeg [kg]	36,3	4,0
Forgószárny átmérők [m]	2,26	0,75
Motor teljesítmény [kW]	2 x 4,85 elektromos	2 x elektromos motor
Maximális sebesség [km/h]	122	65
Utazó sebesség [km/h]	56-83	-
Hasznos teher [kg]	14,1	0,5
Hatótávolság [km]	9,3	-
Repülési időtartam [óra]	1	0,5

Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [16, 24, 31]

A vezérlő nyomaték hatására az  $w_y$  szögsebesség igen nagy értékűre nőhetne, mert a forgószárnyak aerodinamikai csillapítása  $y$  tengely körüli elfordulással szemben minimális. Az

10. ábra. Kétforgószárnyas (koaxiális) elrendezésű helikopter útirányú kormányzása



Forrás: Szerkesztette Dr. Békési László (MS PowerPoint)

útirányú stabilitás javítása céljából felszerelt függőleges irányfelületen a függőleges tengely körüli forgáskor olyan irányú légerő keletkezik, mely a legyező mozgást csillapítja, s ezáltal a kormányzás érzékenysége csökken.

Előnyük, hogy a reakciónyomaték kiegyenlítés nem emészt fel külön energiát, hiszen az egyes forgószárnyak nyomatékai ellentétes irányúak.

Természetesen ennek a megoldásnak egyik hátránya a viszonylagos bonyolultsága, de tekintve, hogy itt is jelentős tapasztalat halmozódott fel a pilóta vezette járművek tervezésekor

és üzemeltetésekor, egész biztosan számítani lehet az elterjedésükre.

Az orosz KAMOV helikopterek és a legolcsóbb „asztali” robotrepülőgépek konstrukciós elvei nagy hasonlóságot mutatnak. A pilóta által vezetett változatnál a magas forgószárny szerkezet elhelyezési nehézséget okoz (a hangár ajtó nem csak széles, de magas is legyen). A két független hajtómű ugyan kihívást jelent – ugyanakkor a biztonságot is növeli. [7, 8]

Az automatizált fedélzeti rendszereknek köszönhetően az ilyen forgószárny-elrendezés

sem okoz a pilóták számára nehézséget. A robotrepülőgépek – már miniatűr változatukban is – GYRO-stabilizátorokkal működnek, ami a programozó számára csak az útvonal kijelölését teszi szükségessé – aminek betartására a GPS navigációs rendszer ügyel.

A VTOL robotrepülőgépek új példányai mind az egy-, mind a kétforgószárnyas megoldást képviselik. A KOAX X-240, Beijing Seagull és az EADS SHARC ezek egy-egy jellegzetes megoldása.

3. táblázat: A ML Aviation Sprite és az Infotron IT180-5 kishatótávolságú VTOL robotrepülőgépei

	Az ML Aviation Sprite	Infotron IT180-5 EL	Infotron IT180-5 TH
Teljes tömeg [kg]	36	17	19
Forgószárny átmérő [m]	1,6	1,8	1,8
Motor teljesítmény [kW]	2 x 5,25	Elektromos	üzemanyag-meghajtású
Maximális sebesség [km/h]	126	90	90
Utazó sebesség [km/h]	0-60	-	-
Hasznos teher [kg]	-	3	5
Hatótávolság [km]		5	10
Repülési időtartam [óra]	3	0,5	1,5

Forrás: Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [18, 37]



4. táblázat:  
A KOAX X-240, Beijing Seagull és az EADS SHARC adatai

	KOAX X-240	Beijing Seagull	EADS SHARC
Teljes tömeg [kg]	45	300	200
Forgószárny átmérő [m]	2,65	5	3,2
Motor teljesítmény [kW]	8	45	30
Utazó sebesség [km/h]	80	100	160
Hasznos teher [kg]	8	70	60
Repülési időtartam [óra]	1,5	4	4
Hatósugár [km]	30	-	-

Forrás:

Szerkesztette Dr. Békési Bertold (MS Word) az alábbi irodalmak alapján [7, 31, 33, 37, 43]

Az orosz forrásból nemrégén napvilágra került összehasonlítások a koaxiális VTOL helikoptereket találták energia-hatékonyabbnak.

#### 1.4 Quad elrendezésű UAV-k

Az utóbbi idők talán legnépszerűbb játéka a „Quad rotor”, aminek lényege a két-két szemben forgó ikerforgószárnyas helikopter „egybe fűzése” így a dőlés és függőleges tengely körüli elfordulás a forgószárnyak fordulatszámával szabályozható.

Az „igazi” helikopterhez képest nagy előny, hogy a lapát beállítási szögeket nem kell változtatni. A fordulatszám gyors változtatására különösen alkalmas „outrunner” – külső mágneses, kefe nélküli – motorok vezérlésére a GYRO-stabilizált fedélzeti elektronika szolgál. E-nélkül, emberi beavatkozással szinte lehetetlen a négy rotor fordulatszámát egy időben változtatva a kellő manővert végrehajtani. (A 60-as években emiatt sok sikertelen próbálkozás volt.)

A helikopter vezérlése emiatt a négy forgószárny összehangolt vezérlését igényli, ami nem egyszerű, de a korszerű elektronikának köszönhetően megoldható. A négy forgószárny – a többi konstrukcióhoz képest – a

szállókésekre érzékenyebb, a válaszreakció lassabb. A forgószárnyak közül bármelyik meghibásodása az irányíthatatlan mozgást és lezuhanást eredményezheti. [7]

Az utóbbi időben megjelent 6-8 forgószárnyas változatok erre próbálnak megoldást keresni a biztonságos leszállás érdekében. A meghibásodott forgószárny szerepének átvételét a közeli „szomszéd” automatikusan végrehajtja.

#### Összefoglaló

A pilóta nélküli repülőeszközök megjelenésüktől fogva egyre nagyobb szerepet töltek be számos területen. A 21. század kihívásai és veszélyei indokolják, hogy a korábbiaktól eltérő, újszerű elveket és eszközöket alkalmazzunk. Ez magába foglalja mind a jogszabályi rendelkezéseket, módosításokat, mind pedig a technikai újításokat, fejlesztéseket is. A harctevékenységek és a polgári alkalmazás során felmerült aggályok és kényszerítő tényezők szükségessé teszik a fejlesztők további tervező tevékenységét. A forgószárnyas UAV-k sárkányszerkezete meg kell, hogy feleljen a mostoha időjárású és terepi körülményeknek. A harci alkalmazású eszközök felépítése – a szerény gondoskodás ellenére is – megfelelő állóképességű kell, hogy legyen. Az ilyen típusú eszközök népszerűségének, sikerességének kérdése nagyrészt az írásműben bemutatott forgószárnyas pilóta nélküli légi járművek szélesebb körű megismerésén, az alkalmazási lehetőségek és korlátozások orvoslásán múlhat, de ezek közül is kiemelni a repülésmechanika témakörét, melyet a mai világban nem szabad elhanyagolnunk, elsődleges tárgykörként kell, hogy kezeljünk. Az előnyös tulajdonságok mellett fontos a repüléssel kap-

csolatos feladatok költséghatékonyabb végrehajtása is. A repülés biztonságának fenntartása érdekében azonban szem előtt kell tartanunk a felmerülő problémákat, kérdéseket, foglalkozni kell velük és megoldani azokat.

Az ismertetett cikk az „Adatintegráció” alprogramján belül „A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának légiközlekedés-biztonsági aspektusai” kiemelt kutatási területén valósult meg.

#### Felhasznált irodalom

- [1.] A160 Hummingbird Unmanned Rotorcraft, United States of America url: <http://www.airforce-technology.com/projects/hummingbird/> (2013.06.02)
- [2.] AirRobot AR100B kép. url: <https://www.atthereadymag.com/site/images/AR%20100B%20-%20UAV%20from%20AirRobot.jpg> (2013.10.23)
- [3.] R. H. Barnard - D. R. Philpott [2004]: Aircraft Flight, Pearson Prentice Hall, ISBN 978-0-13-120043-2
- [4.] Д. И. Базов [1969]: Аэродинамика вертолетов. Транспорт, Москва.
- [5.] Beijing Seagull kép. url: <http://www.sinodefence.com/airforce/uav/vtuav1.jpg> (2013.06.02)
- [6.] Беспилотные летательные аппараты MQ-8B Fire Scout kép. url: <http://bp-la.ru/sites/default/files/styles/large/public/wp-content/uploads/2009/12/3.jpg?itok=wK6hm1ej> (2013.09.21)
- [7.] Békési Bertold [2011]: UAV-k sárkányszerkezeti megoldásai Szolnoki Tudományos Közlemények XV. Szolnok, 1-11. p. [http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/kulonszamok/2011/cikkek/Bekesi\\_Bertold.pdf](http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/kulonszamok/2011/cikkek/Bekesi_Bertold.pdf)
- [8.] Dr. Békési Bertold - Dr. Palik Mátyás - Somosi Vilmos - Dr. Wühl Tibor [2012]: Pilóta nélküli légi járművek: kategorizálás, fedélzeti hardver besorolás, Kutatási jelentés, Szolnok. Könyvtári nytsz.: E8489.
- [9.] Békési László, Szabó László [2008]: Az egy-forgószárnyas, farok-légcsavaros helikopterek kritikus repülési üzemmódjai. Szolnoki Tudományos Közlemények XII., Szolnok, 1-8. pp. [http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/kulonszamok/2008/cikkek/bekesi-laszlo\\_szabo-laszlo.pdf](http://www.szolnok.mtesz.hu/sztk/kulonszamok/2008/cikkek/bekesi-laszlo_szabo-laszlo.pdf)
- [10.] Maria de Fátima Bento [2008]: Unmanned Aerial Vehicles - An Overview: InsideGNSS January/February 2008. url: <http://www.insidegnss.com/auto/janfeb08-wp.pdf> (2013.04.13)
- [11.] Boeing A 160T Hummingbird kép. url: [http://img-fotki.yandex.ru/get/5822/20682809.1d1/0\\_7b8d0\\_1a6b1046\\_orig](http://img-fotki.yandex.ru/get/5822/20682809.1d1/0_7b8d0_1a6b1046_orig) (2013.10.22)
- [12.] А. С. Браверман - А. П. Байнтруб [1988]: Динамика вертолета – Предельные режимы полета. Машиностроение, Москва.
- [13.] Bunkóczi Sándor – Dudás Zoltán [2003]: Hogyan tovább: pilótával vagy nélküle? Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, VII. évfolyam, 2. szám 64-77 o. [http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/nek/2003\\_2/05\\_bunkoczi\\_dudas.pdf](http://193.224.76.4/download/konyvtar/digitgy/nek/2003_2/05_bunkoczi_dudas.pdf) (2013.10.22)
- [14.] Центральный Военно-Морской Портал. На Черном море успешно проведены морские испытания БЛА вертолетного типа url: [http://flotprom.ru/news/index.php?ELEMENT\\_ID=98194](http://flotprom.ru/news/index.php?ELEMENT_ID=98194) (2013.11.02)
- [15.] DP-6 Whisper kép. url: [http://dragonflypictures.com/images/stories/dp-6\\_co\\_large.jpg](http://dragonflypictures.com/images/stories/dp-6_co_large.jpg) (2013.10.18.)
- [16.] Dragonfly Pictures, Inc. DP-6 WHISPER url: [http://dragonflypictures.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15](http://dragonflypictures.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15) (2013.10.21)
- [17.] Draganflyer X8 kép. url: [http://www.draganfly.com/images/gallery/full/DF-X8\\_25.jpg](http://www.draganfly.com/images/gallery/full/DF-X8_25.jpg) (2013.10.23)
- [18.] Drone helicopter IT 180-5 Infotron counter rotating rotors [http://www.armyrecognition.com/france\\_french\\_army\\_military\\_equipment\\_uk/drone\\_helicopter\\_uav\\_it\\_180-5\\_infotron\\_counter\\_rotating\\_rotors\\_technical\\_data\\_sheet\\_description\\_uk.html](http://www.armyrecognition.com/france_french_army_military_equipment_uk/drone_helicopter_uav_it_180-5_infotron_counter_rotating_rotors_technical_data_sheet_description_uk.html) (2013.06.02)
- [19.] EADS ORKA 1200 kép. url: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Paris\\_Air\\_Show\\_2007-06-24\\_n28.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Paris_Air_Show_2007-06-24_n28.jpg) (2013.10.22)
- [20.] EADS SHARC kép. url: <http://www.france-travel-photos.com/admin/photos/2021.jpg> (2013.10.23)
- [21.] EADS Systems & Defence Electronics at the Le Bourget International Air Show 2003 in Paris, France url: [http://www.eads.com/eads/int/en/news/press.en\\_20030614\\_lbsysde.html](http://www.eads.com/eads/int/en/news/press.en_20030614_lbsysde.html) (2013.11.01)
- [22.] F50 UAV kép. url: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/08/AEE-Technology-UAV.jpg> (2013.10.23)

- [23.] Flightglobal Aviation Connected, Skeldar V-200 kép. url: <http://www.flightglobal.com/assets/getasset.aspx?itemid=30882> (2013.10.22)
- [24.] Peter La Franchi [2007]: Dragonfly Pictures unveils tandem-rotor DP-6 UAV url: [http://www.barnardmicrosystems.com/L4E\\_2\\_rotor\\_helicopter.htm#Dragonfly](http://www.barnardmicrosystems.com/L4E_2_rotor_helicopter.htm#Dragonfly) (2013.10.21)
- [25.] Ghost Micro UAV kép. url: <http://www.unmanned.co.uk/wp-content/uploads/2011/08/Ghost-MUAV.jpg> (2013.10.18.)
- [26.] Infotron IT180 kép. url: <http://media.paperblog.fr/i/561/5613387/eurosatory-2012-mini-drone-dinfotron-it180-se-L-Lwe9xQ.jpeg> (2013.10.23)
- [27.] Joakim Kasper Oestergaard: MQ-8 Fire Scout url: <http://www.bga-aeroweb.com/Defense/MQ-8-Fire-Scout.html> (2013.06.02)
- [28.] Kamov Ka-37 kép. url: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Ka-37\\_NTW\\_2\\_93\\_2.jpg?uselang=ru](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Ka-37_NTW_2_93_2.jpg?uselang=ru) (2013.10.23)
- [29.] Kamov Ka-52 kép. url: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Ka-52\\_-\\_MAKS2013firstpix12.jpg?uselang=ru](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Ka-52_-_MAKS2013firstpix12.jpg?uselang=ru) (2013.10.23)
- [30.] Leishman, J. Gordon [2006]: Principles of Helicopter Aerodynamics, Cambridge University Press, ISBN-13 978-0-521-85860-1 Hardback
- [31.] Mark Daly: IHS Jane's All the World's Aircraft: Unmanned 2012-2013 page 8-11, 160-161, 163, 258-261 211-213 (ISBN - 13 978 0 7106 3003 2)
- [32.] ML Aviation Sprite kép. url: [http://pages.bangor.ac.uk/~ees064/ci\\_grp/images/sprite02.gif](http://pages.bangor.ac.uk/~ees064/ci_grp/images/sprite02.gif) (2013.10.23)
- [33.] Norman Friedman [2010]: Unmanned Combat Air Systems A New Kind of Carie Aviation. Naval Institute Press. Annapolis, Maryland, p. 98, 113, 122, 212, 219.
- [34.] Palik Máttyás [2007]: Pilóta nélküli légitármű rendszerek légi felderítésre történő alkalmazásának lehetőségei a légierő haderőnem repülőcsapatai katonai műveleteiben PhD értekezés, Budapest.
- [35.] Portuguese Aerospace & Defense Update, CAMCOPTER S-100 kép. url: [http://poadu.files.wordpress.com/2010/08/camcopter-s-100\\_97b.jpg](http://poadu.files.wordpress.com/2010/08/camcopter-s-100_97b.jpg) (2013.10.21)
- [36.] Re/1038 szabályzat [1983]: A helikopter aerodinamikája és repülési dinamikája. Honvédelmi Minisztérium, Budapest.
- [37.] Reg Austin [2010]: Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley & Sons Ltd. Figure 3.9, Figure 4.19, Figure 27.5, page 37, 62, 58, 294.
- [38.] В. Ф. Ромасевич - Г. А. Самойлов [1980]: Практическая аэродинамика вертолетов, Военное издательство Министерства Обороны СССР, Москва.
- [39.] Skeldar UAS counter IED one step ahead. url: [http://www.saabgroup.com/PageFiles/37401/Skeldar%20V-200Land/8592%20SAAB\\_Skeldar\\_IED\\_DataSheet.pdf](http://www.saabgroup.com/PageFiles/37401/Skeldar%20V-200Land/8592%20SAAB_Skeldar_IED_DataSheet.pdf) (2013.06.02)
- [40.] Skeldar V-200 Maritime Unmanned Aerial Vehicle (UAV). url: <http://www.naval-technology.com/projects/skeldar-v-200-maritime-uav/> (2013.06.02)
- [41.] Swiss UAV AG., KOAX X-240 kép. url: <http://img624.ph.126.net/vLxWsh3FReoU5OI10wmWWA==/3014597000573184671.jpg> (2013.10.23)
- [42.] Swiss UAV, NEO S-350 kép. url: [http://www.swiss-uav.com/uploads/pics/S-350-MUSECO\\_01.jpg](http://www.swiss-uav.com/uploads/pics/S-350-MUSECO_01.jpg) (2013.10.21)
- [43.] SWISS UAV VTOL UAV systems url: <http://www.swiss-uav.com/fileadmin/Kundendaten/pdf/VTOL-Systems.pdf> (2013.06.02)
- [44.] Szelestey Gyula [1974]: Áramlástan III. jegyzet, KGYRMF, Szolnok.
- [45.] UAS Engines: url: [http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/195-197\\_Reference-Section\\_Engines.pdf](http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/195-197_Reference-Section_Engines.pdf) (2013.05.20)
- [46.] ZALA 421-21 kép. url: [http://www.bnti.ru/dbtexts/ipks/alex25/zala/zala\\_421-21/zala\\_421-21.jpg](http://www.bnti.ru/dbtexts/ipks/alex25/zala/zala_421-21/zala_421-21.jpg) (2013.10.23)

A kutatás a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások,, A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

