

Kavas László¹ – Óvári Gyula²

A XXI. SZÁZAD HELIKOPTERFEJLESZTÉSÉNEK NÉHÁNY FONTOSABB IRÁNYZATA³

Az elmúlt évszázad '50-es éveitől napjainkig helikoptereket töretlenül egyre nagyobb számban és szélesebb körben alkalmaznak a világban, a polgári életben, a katasztrófa-védelemben és a honvédségeknél egyaránt. Ezzel természetesen együtt jár folyamatos fejlesztésük is, melynek néhány markáns, perspektivikusnak ígérkező, XXI. századi irányvonalát az alábbiakban kívánjuk bemutatni.

SOME MAJOR TRENDS OF 21TH CENTURY HELICOPTER DEVELOPMENT

Since the fifties of past century, helicopters have been used ever widely and in increasing number all over the world equally for civil, military and disaster recovery purposes. Of course, with this process, their development is also continuous, from which we would like to present some major trends of 21th century.

1. BEVEZETŐ

A forgószárnyas repülőgépek gyakorlati alkalmazása és ezzel együtt érdemi fejlődése az elmúlt évszázad '30-as éveiben kezdődött, de igazán intenzívvé 20 évvel később, az indokina háborúk időszakától vált. Ez a tendencia napjainkig töretlen. Jelenleg egyértelműen megállapítható és valószínűsíthető, hogy:

- a létrehozott forgószárnyas repülőgépek (autogiro, helikopter, kombinált helikopter, konvertoplán) közül egyértelműen a helikopter (ennek is a mechanikusan meghajtott egyforgószárnyas, faroklégcsavaros változata (ld. 1. ábra) terjedt el legszélesebb körben (~97%);
- a helikopterek repülési sebességüket ($v_{ut} \approx 280$ km/h), és fajlagos energiaszükségletüket tekintve lényegesen elmaradnak a hagyományos, merevszárnyú repülőgépektől (míg 1 kW teljesítmény, merevszárnyú repülőgéppel ~15 kg tömegű teher levegőbe emeléséhez elégséges, addig a helikopter ugyanezzel csak ~4 kg-ra képes!);
- az előzőekből következően, a helikopter fejlesztők számára kiemelkedő fontosságú tendenciák a repülési sebesség növelése, illetve a gazdaságosság érdemi javítása, párhuzamosan a repülésbiztonsági mutatók megőrzésével, illetve lehetőség szerinti javításával;
- a jelenlegi technikai színvonalon, belátható időn belül, a repülési jellemzők javításának, ezen belül is a repülési sebesség (v) növelésének olyan konstrukciós lehetősége, mely megtartja a helikopterek sajátos előnyeit (megfelelő gazdaságossággal, huzamos idejű, a környezetet, valamint az esetlegesen szállított külső függesztményt sem károsító függési

¹ (PhD) okl. mk. alez., egyetemi docens, NKE Katonai Repülő Tanszék kavas.laszlo@uni-nke.hu

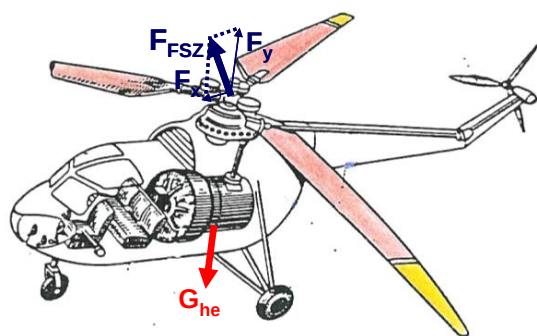
² (CSc) okl. repülőmérnök, egyetemi tanár, NKE Katonai Repülő Tanszék, ovari.gyula@uni-nke.hu

³ Lektorálta: Dr. Békési László ny. okl. mk. ezredes, főiskolai tanár, NKE KRT bekesi.laszlo@uni-nke.hu

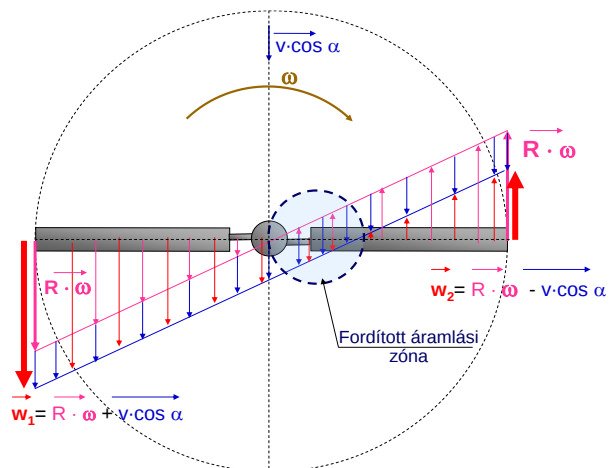
üzemmód és a hozzátartozó pontos, megbízható manőverező-képesség) – bár megvalósítható gázturbinás hajtómű megfelelő nagyságú, függőleges irányú tolóerejével is – a hatékonyan csak légcsavar/forgószárny alkalmazásával lehetséges.

A felsoroltak nem számítanak új felfedezésnek, megoldásukra – változó eredményességgel – évtizedek óta törekednek a gyártók és fejlesztők, mégis, az utóbbi évtized tudományos, technikai és nem utolsósorban informatikai fejlődése valószínűsíti az elvárt követelményeket maradéktalanul kielégítő, kiforrott szériagyártásra érett ilyen konstrukciók megjelenését.

A helikopterek vízszintes repülési sebessége növelésének alapvető akadály a forgószárny, mivel vonóereje (F_{FSZ}) összetevői egyaránt szolgálják a levegőben maradáshoz (emelkedéshez-süllyedéshez) szükséges emelőerőt (F_y), valamint vízszintes haladást biztosító vonó- (F_{xp}) és kormányzó erőt, illetve nyomatékokat. Az 1. ábra segítségével az is belátható, hogy a bemutatott hagyományos szerkezeti kialakítású helikopterrel, a forgószárny előre dönthetősége a vonóerő növelésére – a megfelelő nagyságú felhajtóerő folyamatos fenntartásának szükségessége miatt – korlátozott, így ez is meghatározó akadály a repülési sebesség adott határon túli ($v=280-300$ km/h), elfogadható gazdaságosságú növelésének.



1. ábra [5]



2. ábra[1]

Nem kevésbé kedvezőtlen, hogy a helikopter forgószárny-lapátjai haladó repüléskor (un. ferde átáramlási üzemmódon, ld. 2. ábra!) körülfordulásuk során más-más megfűvási viszonyok között működnek. Az előre haladó lapátok kerületi sebességéhez ($R \cdot \omega$) hozzáadódik a repülési (megfűvási) sebesség ($v \cdot \cos \alpha$), míg a hátrafelé haladónál ugyanez kivonódik (90° -os és 270° -os azimut szögeknél ezt a 2. ábra mutatja, α állásszögű⁴ forgószárnynál). Emiatt a helikopter jobb és baloldalán lévő lapátokon eltérő nagyságú, aszimmetrikus megoszlású felhajtóerő alakul ki, így azok függőleges irányban csapkodó mozgást végeznek, ami – a forgó, haladó mozgást végző rendszerben Coriolis-erőket generálva – a forgás síkjában vízszintes, lengőmozgást is létrehoz. Járulékosan a lapátok vég- és a törészein számottevő áramlási veszteségek is kialakulnak. (Utóbbira jó példa a 2. ábrán látható fordított áramlási zóna is, melynek kiterjedése a repülési sebességgel arányosa növekvő.) [1].

Mivel a faroklégcsavar is a forgószárnyal megegyező megfűvási viszonyok között működik,

⁴ A forgószárny α állásszöge, annak forgássíkja és megfűvási irány által bezárt szög.

ezért körüláramlási sajátosságai és veszteségei is megegyeznek azzal.

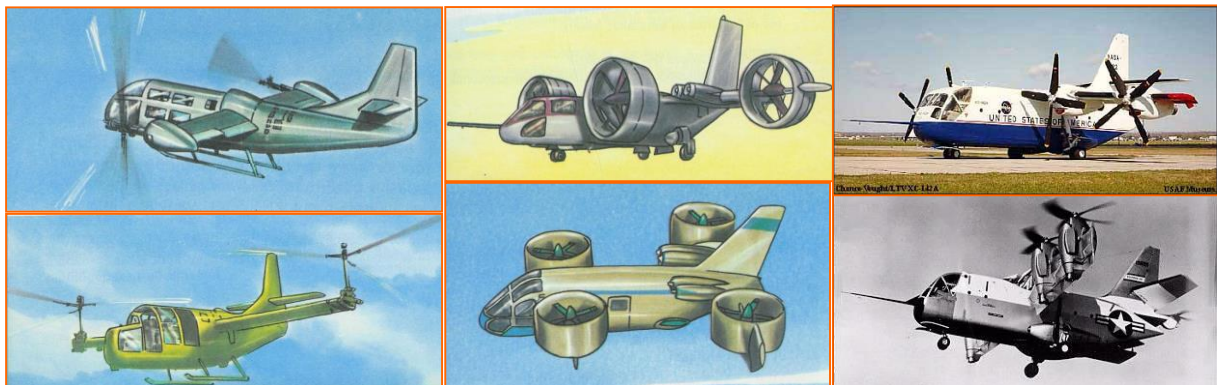
Mindezekből belátható, hogy a helikopterek sebességnövelésének lehetséges módjai:

- a forgószárny(ak)at csak függőleges emelkedésre használásával, a vízszintes vonóerőt külön eszközzel létrehozva;
- haladó repüléshez merevszárnyat is alkalmazva, a hajtómű(vek) vonóerejét a függőleges síkban, $\sim 95^\circ$ -os szögben elfordítva, azzal az emelkedést és haladást is biztosítva;
- a faroklégcsavart kiváltva, esetlegesen működése, alkalmazása átértékelésével

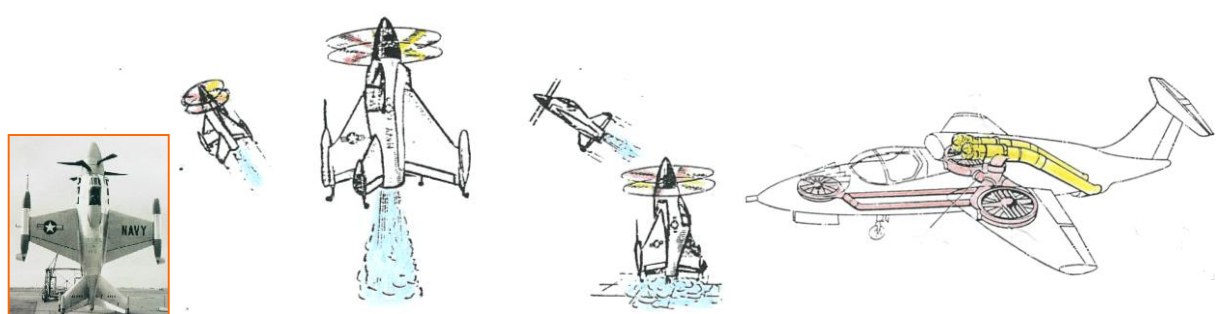
lehetséges.

2. KONVERTIPLÁNOK

Mivel a repülési sebesség növelésének kutatása a helikopter elterjedésével és alkalmazásával egyidős, érthetően, a '70-es évek közepéig (az első energiaválságig) az üzemanyag-fogyasztás mint hatékonysági jellemző, – különösen katonai alkalmazásnál – másodlagos szempontnak bizonyult. Ennek jegyében kézenfekvőnek olyan légi járművek megalkotása mutatkozott, melyek légcsavarjai (önállóan, vagy megfelelő teljesítményű hajtóművével, esetleg szárnyával is együtt) konvertálhatóak (itt a függőleges síkban elfordíthatóak $\sim 95^\circ$ -ra) így helikopterként fel-emelkedve és gyorsulva, hagyományos légcsavaros repülőgépként, 400–600 km/h utazó sebességgel haladhatnak céljuk felé. (3. ábra)



3. ábra [5]



4. ábra [5]

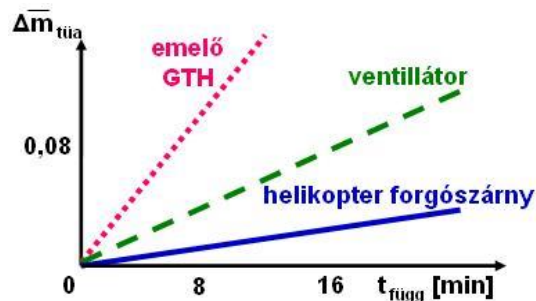
5. ábra [5]

Mivel az első repülési kísérletek – legalább is az elvárt sebességnövekedést illetően – többnyire

eredményesnek bizonyultak, további újdonságokat felvonultató, többségében USA konstrukciók is megjelentek az '50-es. '60-as években (4. és 5. ábra).

Valamennyi, a 3–5 ábrán bemutatott légijármű ténylegesen megépült és különböző mértékben repülőképességnek is bizonyult. Túl az egyes gyártmányok egyedi tapasztalatain – pl. a dugattyús motorral történő meghajtás kezelhetetlen vibrációt eredményezett (3. ábra baloldali kép), vagy a „visszapillantó tükrökből” történő leszállás kényszere (4. ábra), csak a halálfélelem gyakoroltatására igazán célszerűtlen megoldás – általánosan kezelhető konklúziók is adódtak, pl.:

- a függésre és a haladó repülésre is alkalmas légcsavar függéskor gyengébb jellemzőkkel rendelkezik mint a helikopter forgószárnya, vízszintes repüléskor viszont az erre optimalizált légcsavartól marad el;
- amennyiben a függőleges le- és felszálláson kívül a tartós függés is követelményként jelenik meg, a tüzelőanyag-fogyasztás és ezen keresztül az elérhető repült idő (6. ábra) mindenképpen a forgószárny alkalmazását célszerűsíti.



6. ábra [5]

2. KOMBINÁLT HELIKOPTEREK

Az előzőekben megfogalmazott problémák részleges megoldását szolgálták az ún. kombinált helikopterek melyek emelkedésükhöz forgószárnnal, a haladó repüléshez merev szárnnal és légcsavar(ok)al rendelkeztek. E konfiguráció három jellegzetes képviselője (AH-56 /USA/, Fairey Rotodyne /Anglia/ és Ka-22 /orosz/ helikopter (rendre a 7. a, c, és d. ábrák).



7. ábra

Mindhárom konstrukció - gázturbinás hajtóműveivel meghajtott forgószárnyával - a berepülési program során megfelelően emelkedett, illetve függött, valamint képes volt 400÷500 km/h

utazó sebességgel repülni, de ennek ára a:

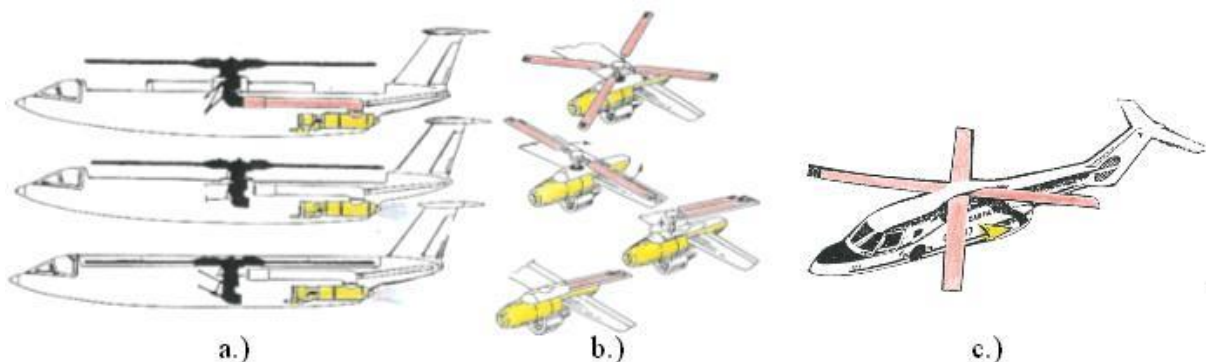
- rendkívül nagy fajlagos szerkezeti tömeg;
- bonyolult kormányvezérlés;
- nagyon magas zajszint (főként a reaktív forgószárnyú Rotodyne esetében)
- alig kezelhetően magas üzemanyag-fogyasztás

volt. Így, bár további fejlesztésüktől eltekintettek, de a velük nyert tapasztalatok érzékelhetően hozzájárultak 2–3 évtizeddel később - a siker lehetőségét is magukban hordozó – új, gyors helikopterek létrehozásához (ld. 3. fejezet!).

A legfontosabb tanúsága mindhárom konstrukció berepülésének mégis az volt, hogy a sebesség további növelésének alapvető akadálya a forgószárny megléte, szinte függetlenül attól, hogy az a haladó repülés során motoros vagy autórótiációs üzemmódon működik. Ennek elhárítására, több elképzelés is született, pl. a helikopterként történő emelkedést és gyorsulást követően a forgószárnyat:

- megállítani és bevonni a törzsbe, vagy erre kiképzett gondolába (8. a. és b. ábrák);
- forgását lefékezve megállítani, szabályos előre-hátra nyílazott merevszárnyként rögzíteni (8. c. ábra).

Az első két elképzelést már a modellkísérletek stádiumában elvetették rendkívüli bonyolultsága, nem kielégítő üzembiztossága és a tranziens üzemmódokon prognosztizálhatóan jelentkező hosszstabilitási nehézségek miatt.



8. ábra [5]

Az X-alakzatban megállítható forgószárny (8. c. ábra) viszont eljutott a repülési kísérletek stádiumába is, de a hézagos híradások szerint a reaktív meghajtású forgószárny vezérlését átmeneti, vegyes üzemmódon (lassuló, reaktív meghajtás és közben mechanikus beállítási szög állítását⁵) nem sikerült az elvárható hatékonyságúra megvalósítani.)

⁵ Forgószárnylapát beállítási szöge (ϕ): a lapát húrja és a forgószárnyagy forgássíkja által bezárt szög.



9. ábra [5]

A forgószárny és lapátjainak kialakítása alapvetően új elgondolású volt (9. ábra). Utóbbi a húr 50%-ánál állított merőlegesre szimmetrikus, vastag profilú volt, be- és kilépőélein, a teljes terjedtség mentén gázkifúvó résekkel és Coanda-felülettel. Azt, hogy a lapát melyik élen történt a kifúvás, azt a forgószárny üzemmódja határozta meg. A betáplált és a réseken a Coanda-felületre kifúvott levegő mennyisége – a (forgó)szárny forgatását, illetve megállítva – a cirkuláció vezérlésével – felhajtóerő létrehozását, valamint a hossz tengely körüli kormányzást egyaránt biztosította. Mindez az álló és forgó szelepsor kölcsönös helyzetével, a helikopter belső kormánysszerveivel volt vezérelhető. Természetesen alapvető fontosságú volt a forgószárny minden körülmények közötti, megbízható (hossz-) tengelyszimmetrikus rögzítése.

3. HELIKOPTERFEJLESZTÉS A XXI. SZÁZAD ELJÉN

Az elmúlt öt évtized fejlesztéseinek egyik legfontosabb konklúziója, hogy – bár igen sokféle repülőeszközzel lehetséges függőlegesen le- és felszállni – ennek ellenére

- gyors helikopterről sem célszerű mellőzni a forgószárnyat;
- az elmúlt évtizedek fejlesztéseinek (ld. 1. és 2. fejezet!) számos eredménye jól használható 1–3 évtizeddel később – sőt több közülük csak most válik gyakorlatilag is alkalmazhatóvá – a jelen és az elkövetkező időszak tudományos-technikai környezetben, mindennek előtt a számítástechnika térnyerésével.

V-22 Osprey

Az első konklúzióknak némileg ellentmond, hogy a kevés számú, szériában is megépül V(S)TOL⁶ repülőgépek egyike, a V-22 Osprey (10. ábra), egy olyan konvertiplán, melynek több modifikációját is létrehozták a különböző haderő- és fegyvernemek igényeinek megfelelően. A tervektől a megvalósulásig tartó közel három évtizedes időszak (!) valószínűsíti, hogy megalkotása nem volt kompromisszumoktól mentes.

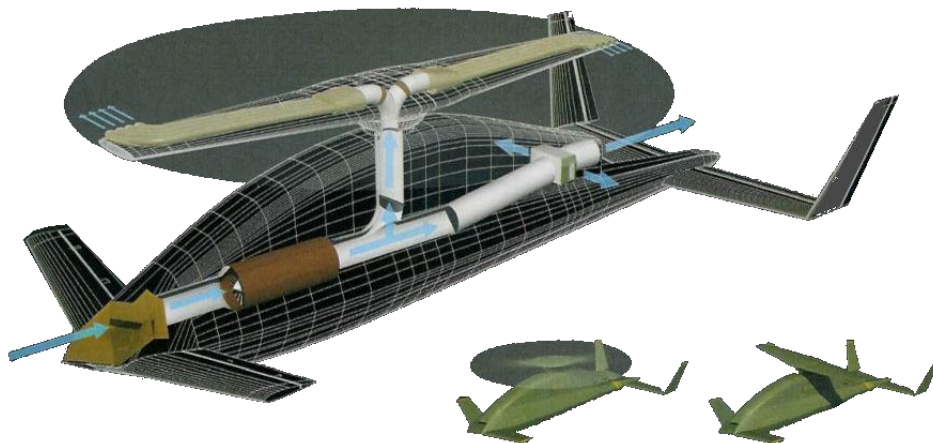
⁶ V(S)TOL /Vertical (Short) Take of Landing/ - függőlegesen (rövid pályán) fel-, leszálló



10. ábra

X-50 CRW

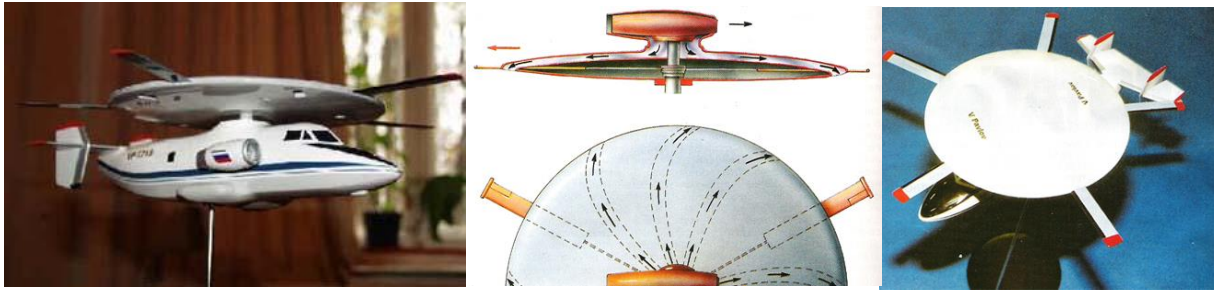
A Boeing, X-50 elnevezésű CRW (Canard Rotor Wing) UAW-projektje (11. ábra) is visszatükrözi a megállítható, X-forgószárnyú helikopter ötletének (8. c és 9. ábrák) elemeit. Felszálláskor az F-112 gázturbinás hajtómű forró gázaival, reaktívan hajtja meg a forgószárny trapéz alaprajzú lapátjait, majd ~200 km/h repülési sebességet helikopterként elérve, a repülőgép szimmetriasíkjára merőleges helyzetben rögzítik azokat, az utazó repüléskor már merevszárnyként funkcionálnak. Természetesen ilyenkor a hajtómű gázainak betáplálást is megszüntetik és az a továbbiakban csak a haladáshoz szükséges reaktív tolóerőt, valamint az útirányú kormányzáshoz szükséges legyezőnyomatékokat biztosítja a hajtómű a törzsben elhelyezett fűvócsővel, illetve kormányfűvókákkal.



11. ábra [5]

Diszkopter

A Kazányi Műszaki Egyetemen (Oroszország) 2004-ben koncepcionálisan kidolgozott előterve szerint a „Diszkopter”-nek nevezett helikopter, reaktív meghajtású forgószárnyának lapátjait - a repülési sebesség növekedésekor, bevonják a diszkosz alakú központi testbe, ami leállítva az utazó repülés során szárnyként funkcionál (12. ábra). Kedvezőnek tekinthető ennél a konstrukciónál, hogy indifferens a forgószárny megállítási-indítási helyzete, valójában rögzíteni sem fontos.



12. ábra [10]

X-2projekt

A Sikorsky cég, 50 millió USD-os programja keretében létrehozott koaxiális forgószárnyú, toló-légcsavaros kísérleti helikopter (13. ábra) repülései igazolták a fejlesztési koncepció helyességét.



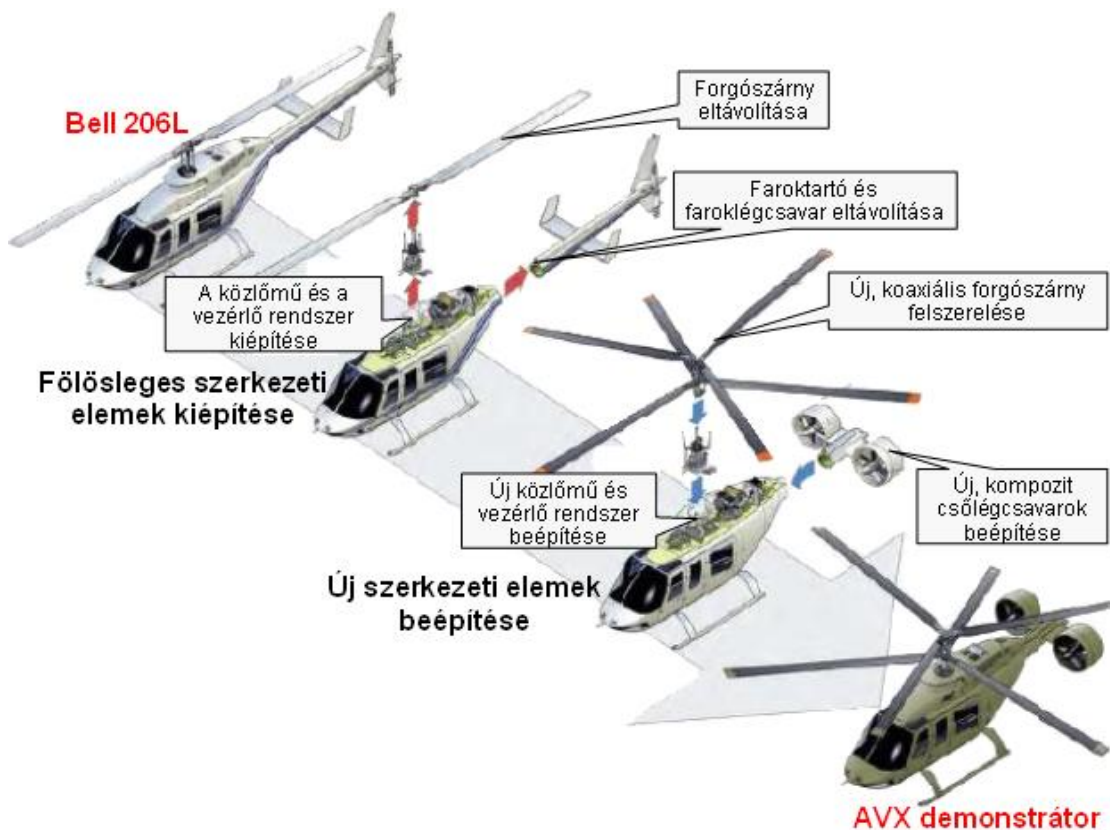
13. ábra [8. alapján]

Az elért eredmények – túl azon, hogy a helikopterben helyett kapott minden ami a csúcstechnológia termékeiből beépíthető volt (Fly-by-Wire, FADEC, kompozitok stb.) – döntően a speciálisan kimunkált forgószárnylapátoknak és azok teljesen új vezérlési rendszerének köszönhetőek. Utóbbi, a lapátok beállítási szögének változtatását nem a vezérlőautomata gyűrűjével és hozzákapcsolódó, kinematikailag célszerűen kialakított rudazatokkal, hanem külön-külön servókkal – az ún. IBC (Individual Blad Copntrol)⁷ módszerrel – valósítja meg. Így lehetséges például mindkét oldalon a hátrahaladó lapátoknál beállítási szög $\varphi=0^\circ$ értékre konfigurálása, megszüntetve ezzel a fordított áramlási zóna okozta, valamint a vég- és töveszteségeket.

A kedvező repülés tapasztalatok, – benne a már elért, 420 km/h-át már meghaladó, valamint a

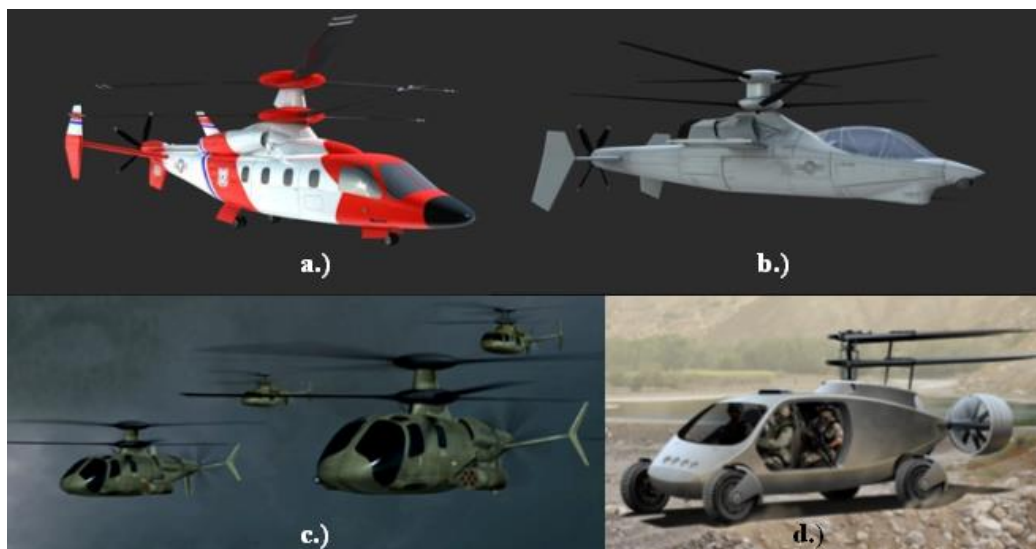
⁷ nevezik **RACT**-nak (Rotor Active Control Technology) is.

480 km/h-ás tervezett csúcs- és a 350 km/h-ás utazósebesség – miatt két irányban is megkezdődött a gyakorlati hasznosíthatóság vizsgálata a Sikorsky és az erre szakosodott AVX vállalatok részéről. Ennek egyike a korszerű, nagyszámba rendszeresített polgári és katonai helikopterek átépíthetőségi technológiájának kimunkálása (pl. Bell 206L, OH-48, stb.). (14. ábra)



14. ábra [8. alapján]

A másik lehetséges perspektíva, új konstrukciók létrehozása mindenek előtt mentési (MEDEVAC) (15. a. ábra) és különböző katonai célokkal, annak speciális komplex követelményrendszerét [8] figyelembe véve (15. b.–d. ábrák).



15. ábra [8. alapján]

X-3 projekt

Az európai fejlesztésű X-3 helikopter esetében (16. c. ábra) nem csak az 1957-es Fairey Rorodyne konstrukciója (7. c. ábra), de ugyan ennek elődjei, az 1946-os (!) Girodyne (16. a. ábra), majd továbbfejlesztett Jet Girodyne változata (16. b. ábra) is felfedezhető.



16. ábra [5]

A haladó repüléshez szükséges vonóerőt és a forgószárny reakciónyomatékának kompenzálásához szükséges nyomatékot egyaránt, a szárnyon elhelyezett légcsavarok biztosítják, beállítási szögüket szükség szerint differenciáltan vezérelve.



17. ábra

A csuklók nélküli, de konvencionális forgószárnyagy (17. ábra) burkolatát gondosan áramvonalasták. A 2010–2012 során végrehajtott 140 órás kísérleti repülések során 472 km/h csúcsebbséget sikerült elérni, ezt követően a programot leállították. Eredmények közvetlen, további hasznosításról jelenleg nincs hír.

VDTP (Vectored Thrust Ducted Propeller) projekt

A Piasecki Aircraft Co.-t, a Vectored Thrust Ducted Propeller (VTDP, vezérelhető tolóerővektoros csőlégcsavar) rendszerrel kívánja integrálni a hagyományos tolólégcsavar és a faroklégcsavar funkciót (egyebek mellett a ma is rendszerben álló, hagyományos helikoptereken).

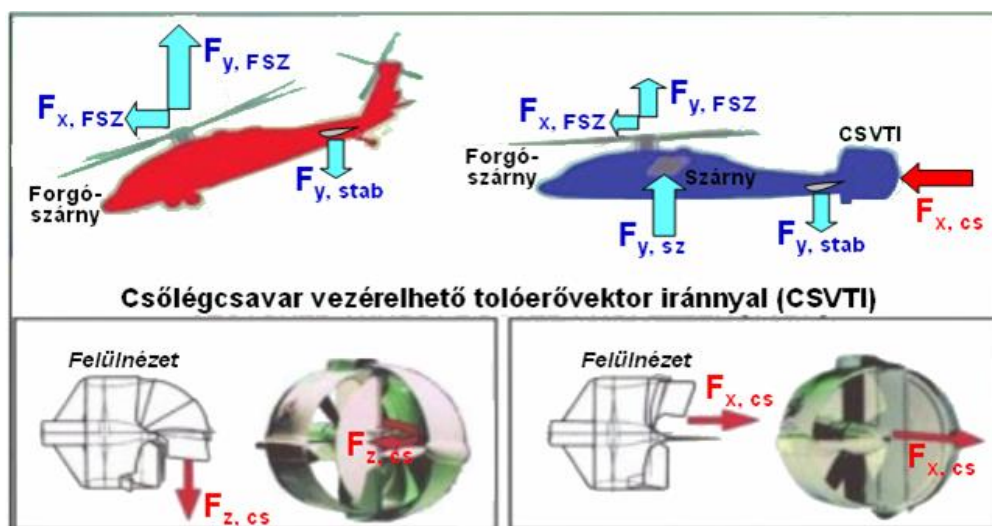
A merev szárnyal is felszerelt helikopter faroktartójára – a hagyományos faroklégcsavar helyett – olyan axiális megfűvású csőlégcsavart építenek (18. ábra), melynek áramlásába egy alaphelyzetében már kitérített, aerodinamikai oldalkormányt is elhelyeznek (ebből adódóan a rajta ébredő oldalirányú légerő független a légijármű földhöz viszonyított haladási sebességé-

tól!). A légcsavar burkolatára ezenkívül egy olyan, mozgatható, negyedgömb-alakú áramlástelőrő zsalut is rögzítenek, mellyel $0^\circ\text{--}90^\circ$ tartományban elfordítható oldalirányba a légcsavart elhagyó légáramlatot, ezzel annak tolóerő-iránya is. A kitérített oldalkormányon és a zsaluk segítségével létrejövő oldalirányú légerők nyomatókai egyaránt a forgószárny reakciónyomatékát hivatottak kiegyenlíteni.



18. ábra

Felszálláskor (19. ábra), – amely maximális emelőerőt, illetve ehhez ugyan ilyen közös beállítási szöget ($\varphi_{\text{közös}}$) feltételez, ebből adódóan a legnagyobb a forgószárny reakciónyomatéka (M_r) [1]. Ennek kiegyenlítése az oldalkormány, valamint a zsalu teljes kitérítésével lehetséges. A forgószárny forgássíkjának előre-döntésével megkezdett vízszintes, gyorsuló, haladó mozgás fokozatosan bekapcsolja a merevszárnyat is a felhajtóerő termelésbe. Ennek megfelelően csökkenthető a lapátok a közös, illetve ciklikus beállítási szöge is. Az előbbi eredményeként, $\varphi_{\text{közös}}=0$ elérésekor akár meg is szűnhet a reakció-nyomaték ($M_r=0$).



20. ábra

Így a **számított utazósebesség** (~ 200 km/h) elérésekor a zsalu és az oldalkormány alaphelyzetbe állítható és a légijármű tolólégcsavarja és szárnya segítségével merevszárnyú repülőgépként haladhat, forgószárnyát akár autó-rotációs üzemmódra is átállítva. A csőlégcsvár a forgószárnyánál, faroklégcsvarnál lényegesen kedvezőbb megfűvási viszonyai és hatásfoka miatt az elérhető repülési sebesség is magasabb lesz a hagyományos helikopterénél.

Kísérleti jelleggel VTDP rendszert a hadsereg legnagyobb példányszámban alkalmazott helikopterein tervezik felszerelni (20. ábra), így az **AH-64**-en és **AH-1W**-n. (Az első tesztek eleve az **YSH-6F** helikopterekkel (UH-60) kezdődtek.



20. ábra

A tervezők a sebesség, a hatótávolság és a manőverező-képesség jelentős javulását várják az átalakításoktól melynek lényeges részeként a katonai, illetve a harci helikopterekre tudományos igényvel kimunkált feltételrendszer [9], valamint az egyre szigorodó környezet-, benne zajvédelmi előírások, konstrukciós megfontolásai [2] kiemelt figyelmet kapnak.

Hatékonyabb, környezetkímélőbb energiafelhasználás kutatása

Mivel a Földünkön a perspektivikusan rendelkezésre álló, kőolajalapú üzemanyag készletek végesek, kitermelésük pedig egyre fokozódik, így áruk is rohamosan növekszik. Ezzel sajnálatosan lépést tart az elégetésével okozott környezetszennyezés mértéke⁸ is. Alapvetően e két tényező is szükségessé teszi a (légi)járművek meghajtására is alternatív energiák keresését. [6] A magas energiatartalmú gázok (H_2 , CH_4) felhasználása erre – azok alacsony cseppfolyósítási hőmérséklete, bonyolult gyártástechnológiája, infrastrukturális szükséglete miatt – belátható időn belül nem várható. Egyéb gázok (pl. propán, bután) csak ott alkalmazhatóak, ahol ilyen saját források jelentős mennyiségben rendelkezésre állnak (pl. Oroszország).

A repülésben még számításba vehető a nukleáris, illetve az elektromos energiák közül az első – bármennyire is vonzó lenne a tengeralattjárókhoz hasonlóan egyszerre többévi üzemanyagot tankolni – környezetvédelmi okokból egyelőre megvalósíthatatlan.

A belsőégésű motoroknál lényegesen jobb hatásfokú elektromos motorok főhajtóműként történő alkalmazására minden jelentősebb repülőipari – benne a helikoptereket – gyártó és fejlesztő vállalat törekszik. Pl. a **Sikorsky „Firefly”** kísérleti projektje keretében az S-300C helikopteren, a 190 LE-s (142 kW) dugattyús motort korszerű, magas hatásfokú villany-motorral váltották ki, melyet 150 db. 45A/h-ás, lítium-ion akkumulátor működtet (21. a. ábra).

A német **E-VOLO team** által fejlesztett, pilótát is szállító **technológiai demonstrátor** (21. b. ábra) 16 légsavarjával biztonságos repülésre és manőverezésre képes. Közös hiányossága a bemutatott két modellnek – túl a leghatékonyabb lítium-ion az elvárhatótól elmaradó megbízhatóságán – hogy egyszerre mindössze 10–30 perc tölthetnek a levegőben, az akkumulátoruk feltöltöttségétől és a környezeti viszonyoktól függően.

Az E-Volo cég, két személy szállítására kialakított, 426 kg tömegű, szintén 16 légsavaros

⁸ Jelenleg a repülés a Föld légszennyezésének 2%-át okozza, ami prognosztizálhatóan 2030-ra eléri a 3%-ot.

Volocopter VC200 modellje (21. c. ábra) emiatt hibrid meghajtású lesz - benne egy dugattyús motor generátort hajt meg – a vízszintes repülési sebesség növelést tolólégcsavar is segíti.



21. ábra [7]

4. ÖSSZEFOGLALÓ

Az előzőekben bemutatottakból két dolog állapítható meg:

- folyamatos (helikopter-) fejlesztésre (is) szükség van
- ennek jelenleg ismert irányzatai közül – ha az elért eredmények különbözőek is, – mint a repülésben általában, egyik sem a legjobb.

A leírtak viszont az olvasóból érdeklődést és a téma további kutatásának igényét válthatják ki

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Békési László dr.: Repüléselmélet (Multimediás elektronikus tansegédlet) 2005. ZMNE
- [2] Bera József, Pokorádi lászló: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, 2010 Camous Kiadó, Debrecen
- [3] <http://www.defenseindustrydaily.com/jmr-fvl-the-us-militarys-future-helicopters-014035/>
- [4] McCormick, Barnes W. Jr.: Aerodynamics of V/STOL Flight, 1999 Dover Publications, Inc. Mineola, New York USA
- [5] Óvári Gyula: Speciális repülőeszközök (multimediás tananyag, kézirat) 2010, BMGE
- [6] Óvári Gyula – Szegedi Péter: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2010. 04. 16. p. 1.-29.
- [7] Padfield R. Randal: US Army szerződéseket kötött, radikálisan új forgószárnyas légijárművek létrehozására <http://www.ainonline.com/aviation-news/publications/ain-defense-perspective/september-20-2013> (2013.08.02)
- [8] Product Innovation X2 TECHNOLOGY™ demonstrator, Sikorsky gyári ismertető 2011
- [9] Szilvássy László dr.: A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a magyar honvédségben, Elektronikus Műszaki Füzetek X., ISBN 978-963-7064-26-5, Debreceni Egyetem - MTA DAB Műszaki Szakbizottsága, 2011. p. 35, http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/AAAABCHF/doc/musz_fuz_10_2011.09.09-09.21.50.pdf
- [10] Дисколёт КТИ 2004, közlemény