

Pokorádi László

A helikopteres repülés első 100 (?) éve

*„A jármű ötlete, amely képes függőlegesen felemelkedni a földről
és mozdulatlanul lebegni a levegőben, valószínűleg akkor született,
amikor az ember először álmódott a repülésről.”*
Igor Sikorsky

Szerzői előszó

2007 nyarán felkérést kaptam a kolozsvári Korunk folyóirat szerkesztőitől, hogy a decemberi, „1907 – Száz éve történt” mottójú, alapvetően az 1907-es romániai parasztlázadásra emlékező számba írjak egy tanulmányt a „helikopteres repülés első száz évéről”.¹ A feladatot elvállaltam, elvégeztem. Később, Szilvássy László barátom katonai helikopterek fegyverrendszereivel kapcsolatos doktori értekezésének² – melyben Ő is kitért a helikopterek fejlődéstörténetére – műhelyvitája során fogant meg bennem egy gondolat. Így, a korábbi tanulmányomat átdolgozva, kibővítve és – a benne olvasható – személyes véleményemet jobban hangsúlyozva most ismét közreadom azt a Debreceni Szemle olvasói számára. Teszem ezt azért is, hogy a Tisztelt Olvasók jobban megismerjék a helikoptereket, amelyek kifejlesztése – szerintem – a repülőtechnika egyetemes történetének egy nagy és szép kalandja.

1907. november 13-án emelkedett fel a földről először a francia Louis és Jacques Bréguet testvérek Gyroplane No. 1 típusjelzésű szerkezete. A korabeli sajtóhírek szerint a 330 kg tömegű gép alig másfél méteres magasságra volt képes felemelkedni, s ott önállóan, kikötés nélkül lebegni körülbelül 40 másodpercig, majd visszahuppant a földre. A gépet egy 24 lóerős, Antoinette típusú dugattyús motor hajtotta. Ezzel a szerkezettel azonban csak függőleges irányban lehetett manőverezni, ugyanis a pilóta a fedélzetről kizárólag a motor fordulatszámát volt képes szabályozni a gázkar segítségével. A pilóta és konstruktőr Louis-Charles Bréguet szerencsésen túlélte a kísérletet.

A szakemberek egy köre szerint ez tekinthető a világon az első levegőnél nehezebb szerkezetnek, amely függőlegesen emelkedett a levegőbe, emberrel a fedélzetén. Így többen a tavalyi, 2007-es évben ünnepelték a helikopteres repülés első 100 évét.

1 Pokorádi László, 1907–2007: A forgószárnyas repülés első száz éve, Korunk. 2007. december, 36–45. oldal.

2 Szilvássy László, A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE. Budapest, 2008. pp. 129.

A helyből való fel- és leszállás, az egyhelyben lebegés lehetősége és vágya már jóval korábban is foglalkoztatta az embereket. Szitakötőként lebegni, majd szabadon ellibbenni – ez csak alig több mint hetven éve lehetséges. A fémszitakötő, a „repülő csirkecomb”, azaz a helikopter lényegében az elmúlt évszázad utolsó ötven-hatvan évében fejlődött ki, és napjainkban már nélkülözhetetlen repülő eszközzé vált.

Leonardo da Vinci több mint 500 éve publikálta híres könyvében, a Codex Atlanticus-ban azt az emberi erővel működtetett szerkezetét, mely mint egy nagy csavar a levegőbe fúródva helyből emelkedhetett fel a földről. Az elmúlt századokban a kísérletező ezermesterek, híres tudósok működőképes modelleket készítettek, elsősorban szórakoztatás céljából, de ezek inkább „csak” fontos előtanulmányoknak bizonyultak a későbbiek során. A zseniális elmélet valóra váltásával várni kellett a technika fejlődésének későbbi szakaszáig.

A francia Bréguet testvérek építették meg az első olyan szerkezetet, amely emberrel függőlegesen felemelkedhetett. Mivel a második gépükkel már nem sikerült felemelkedniük, abbahagyták a kísérletezést. Több szerző ettől a repüléstől számítja a helikopteres repülést, amit a jelen sorok írója legfeljebb a forgószárnyas repülés kezdete egy állomásának nevezne. Hogy miért? Mert nem csak a helikopter létezik, mint forgószárnyas repülőgép. A laikusok, vagy a repülés tudományát csak felületesen ismerők számára ez a két fogalom egyet jelent. Pedig nem az.

Valójában mi is a helikopter?

Helikopter – a Repülési Lexikon megfogalmazásában – egy olyan forgószárnyas repülőgép, melynek forgószárnyát vagy forgószárnyait beépített erőgép forgatja³. A hagyományosnak tekintett repülési formák mellett a helikopter önállóan képes függőlegesen fel- és leszállni, függeni (egy pont fölött lebegni), valamint oldalra, illetve hátrafelé repülni.

Az autogíró

A kevésbé ismert – „a másik” – forgószárnyas repülőgép az autogíró. Az autogíró egy olyan forgószárnyas repülőgép, amelynek forgószárnyát a repülés közben hozzá érkező légáram – egyszerűen megfogalmazva az úgynevezett menetszél – tartja forgásban⁴. Ezt a forgást hívjuk autorotációnak. A természetben is tapasztalható ilyen jelenség, ha például a szárnyas juharmag pörgését szemléljük, amint lehullva egész távolra jut a fájától. Az autogíró repüléséhez szükséges mozgatóerőt általában egy légcsavarral hozzák létre.

3 Repülési Lexikon 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 381. oldal

4 Repülési Lexikon 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 68. oldal

Azt azért fontos itt megjegyeznünk, hogy az autorotációs repülés tulajdonságával a helikopterek is rendelkeznek, de ők ezt csak mint vészleszállási lehetőséget használják.

Az autogíró forgószárnya – földön történő nekifutása során – a menetszél hatására forogni kezd és az így keletkező aerodinamikai vonóerő emeli a magasba, majd a haladó repülése során tartja fenn a levegőben. Kormányzására jobbra hagyományos (a merev szárnyas repülőgépekénél is alkalmazott) kormányfelületeket használnak. Leszálláskor, mely történhet meredeken is, csak a haladási sebességet kell csökkenteni, ekkor a menetszél a forgószárnyat lassabban forgatja, így kevesebb aerodinamikai emelőerő keletkezik és a szerkezet süllyedni kezd. A konstrukció megbízhatóságát az is jellemezi, hogy még a motor leállása esetén is épségben – a normálisnál ugyan gyorsabban – szinte függőlegesen ereszkedhet a talajra, a süllyedéskor a légáram által forgatott lapátokon termelődő emelőerőnek köszönhetően. Az autogírók haladási sebessége elérhette a 60–120 km-t is óránként és egyes konstrukciók közel voltak ahhoz, hogy rövid ideig egyhelyben lebegni is tudjanak. Hobby jelleggel használnak olyan autogírót, melyet gépkocsi vontatással mozgatnak. Sőt, voltak olyan tervek is, hogy a híres és hírhedt német tengeralattjárók, U-Bootok által vontatott autogírokat használjanak haditengerészeti felderítésre.

Az első, gyakorlatilag használható autogírót Juan de la Cierva (1886–1936) spanyol konstruktőr építette. Az általa tervezett első, C-4 típusjelzésű autogíró első repülésére 1923. január 9-én került sor. Egyébként de la Cierva volt a világon az első pilóta, aki – 1928-ban – forgószárnyas repülőgéppel repülte át a La Manche Csatornát.

Az autogírók fénykorukat az 1935–40-es években élték meg. Cierva munkásságának jelentőségét az a tény emeli ki, hogy gépeit – licenc alapján, vagy anélkül – alkalmazta a brit, a francia, a japán, a német, a szovjet és az USA haderő. A szovjet Vörös Hadsereg légierijébe például 1941 nyarán vonult be az A-7-3a típusjelzésű autogíró, melynek „ősatyja” a de la Cierva-féle C-8 típus volt. A gép tervezésénél ismerős nevekkel találkozhatunk. Főkonstruktőrnek és az üzem igazgatójának Kamov-ot nevezik ki, helyettesének pedig Mil-t. (Később mindkettőjükről részletebben is olvashatunk.) Ezt a gépet a maga korában erős fegyverzete miatt joggal nevezhetjük az első fegyveres forgószárnyas repülőgépnak.⁵ Fegyverzetéhez tartozott 3 db 7,62 mm-es géppuska, ebből az egyik egy körsínre erősített ikergéppuska volt, amit a megfigyelő kezel. A szárnyak alatt 4 db FAB-100 bomba, és emellett 6 db 82 mm-es RSz-82 nem irányítható rakéta függesztésére volt lehetőség. A gép hasznos (harci) terhelése 800 kg volt, 2-2,5-szer több mint külföldi kortársainak.⁶

5 Kormos László, A helikopterek katonai alkalmazásának tapasztalatai, Hadtudomány, VIII. évfolyam 3. szám 1998. szeptember

6 Szilvássy László, A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben, doktori (PhD) dolgozat ZMNE. Budapest, 2008., 13. oldal

De la Ciervának a brit Királyi Légierővel, a Royal Air Force-al (RAF-al) való együttműködése eredményeként jelentek meg a harmincas évek közepén az Avro Rota C-30A, majd később a C-40 típusjelű autógírók (1. ábra). A közös fejlesztőmunkának a RAF Old Sarum-i bázisa adott otthont.

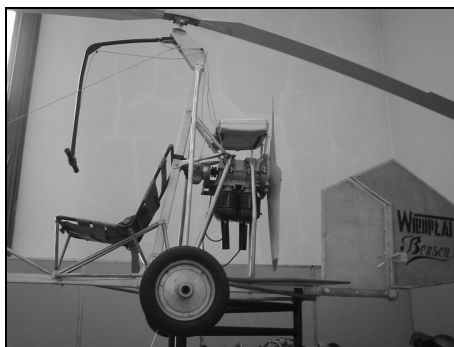
A típust üzemeltető 529. Squadron-t 1943. június 15-én hozták létre a Halton-i légibázison. Kihasználva, hogy igen kis sebességgel képesek repülni az autógírók, egy igen titkos feladatra alkalmazták őket, a brit lokátor rendszer kalibrálására.

Mivel a Royal Air Force-nál már 1945 májusában létrehozták az első helikopteres squadront, melyet (a később még szóba kerülő) Sikorsky R-4 Hoverfly-okkal szereltek fel, 1945. október 15-én az 529. Squadront felszámolták és az autógírókat kivonták a rendszerből.⁷

Napjainkban az autógírókat már csak sport- vagy hobbi célokra alkalmazzák. Egy ilyen szerkezet fényképe látható a 2. ábrán, mely Varsóban, a Technikatörténeti Múzeumban tekinthető meg.



1. ábra. Avro Rota autógíró a RAF Hendoni Múzeumában (a szerző felv.)



2. ábra. A varsói Technikatörténeti Múzeumban kiállított Bensen autógíró (a szerző felv.)

A helikopter és fejlesztésének hőskora a nagyvilágban

A helikopter – az autógírótól eltérően – képes önállóan függőlegesen fel- és le szállni, függeni (egy pont fölött lebegni), valamint oldalra, illetve hátrafelé repülni. Sőt, fontos azt is itt megjegyeznünk, hogy csak azt a repülőgépet „illik” helikopternek nevezni, amely önállóan képes függőlegesen emelkedni és süllyedni, lebegni, valamint onnan bármely irányban repülni. De hogyan, miként képes erre? Hát a forgószárnya segítségével.

Gondoljuk csak gyorsan végig, hogy ez milyen hatalmas szakmai kihívást is jelent a fejlesztőknek és a tervezőknek! A merevszárnyas repülőgépeknél a repü-

⁷ Pokorádi László, A Royal Air Force hendoni múzeuma I. rész, Haditechnika, 2006/6, p. 50–53.

léshez szükséges felhajtóerőt a szárny hozza létre, az előrehaladáshoz szükséges vonó- vagy tolóerőt a légcsavar vagy a sugárhajtómű révén, a stabilitást és a kormányzás lehetőségét a szárny egy részével és a farokrésszel biztosítják. Ezeket a feladatokat a helikopter esetén lényegében csak a forgószárny oldja meg – egyedül! Ezért például egy forgószárnynak egyszerre kell megfelelnie a merevszárnyas repülőgép lassú (kis sebességű) és a hangsebesség körüli (nagysebességű) repülésénél fellépő problémáknak és az ezekből származó áramlástani, szilárdsági és szerkezeti követelményeknek.

Így könnyen belátható, sok-sok aerodinamikai, szerkezeti és más műszaki problémát kellett legyőzni, hogy azt mondhassuk: van helikopterünk! Ez az oka annak, hogy a szakirodalmak más-más személyhez, helyszínhez, időponthoz vagy típushoz kapcsolják az első helikopter megalkotásának dicsőségét. Az az igazság, hogy a fenti gondok miatt egy hosszú és nehéz út vezetett napjaink modern helikoptereihez. Sokan – híresek és névtelenek – tettek egy-egy kisebb vagy nagyobb, sikeresnek vagy sikertelennek tűnő lépést ezen az úton. Nos, akkor most nézzük röviden ezt az utat.

A kezdeti helikopterek (vagy csak inkább jóindulattal annak tekinthető repülő szerkezetek), mint például a már említett Gyroplane, nem voltak stabilak és kormányozhatóak, a stabilitást csak bizonyos mértékig tudták biztosítani a forgószárnyak pörgettyűs hatásával.

B. N. Jurjev orosz kutató a helikopterek stabilitási problémájával foglalkozott. Kifejtette, hogy a szerkezetnek egy forgószárnyból, aminek lapátjai állíthatóak, és egy úgynevezett kormánycsavarból (faroklégcsavarból) kell állnia, ami a forgószárny nyomatókát egyenlíti ki. 1910-ben egy úgynevezett egyforgószárnyas, faroklégcsavaros gépet tervezett, ami sajnos nem készülhetett el.

1915-ben a francia Alphonse Papin és Didier Rouilly páros egy nagyon érdekes, aszimmetrikus törzskialakítású, reaktív hajlású, egylapátos repülőszerkezetet készített, melynek a Gyroptère nevet adták. Kísérleti repülésére 1915-ben, március 31-én került sor egy franciaországi tavon. A szerkezet instabilitása miatt a pilóta kénytelen volt elhagyni a gépet, ami nem sokkal utána elsüllyedt a vízben.⁸

Az amerikai Perry 1920-ban tervezett helikoptert, melynek lapátjai már állíthatóak voltak a kormányzás és a mozgatóerő szabályozása érdekében.⁹

A húszas években egy Párizsban élő argentin márkí, bizonyos Raoul Pateras Pescara (1890–1966), végzett kísérleteket, melyek során a Rhone típusú motor és a forgószárny közé kuplungot iktatott, azzal a céllal, hogy a hajtómű leállásakor kihasználhassák az autorotáció lehetőségét, és a gép veszély nélkül leszállhasson. Ezen a szerkezeten két ellentétes forgású, koaxiális forgószárnyat tartalmazó rendszert alkalmazott.¹⁰

⁸ <http://davidszondy.com/future/Flight/gyroptere.htm>

⁹ <http://www.sulinet.hu/fizika/anyagok/repulo/repuloxx.htm>

¹⁰ <http://www.aeromagazin.hu/rovatok/friss/sporthobby/zgto9o9o9/>

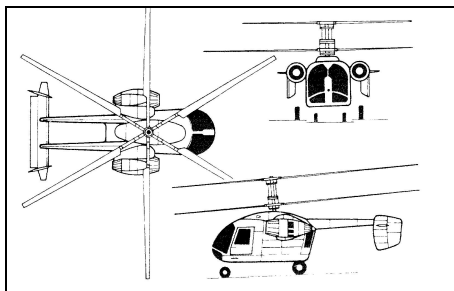
A helikopter történetében az első, hitelesen dokumentált, valóban stabil és megismételhető repülést 1937-ben a német Heinrich Focke által tervezett Focke-Wulf Fw 61 típus hajtotta végre¹¹. Focke tanulmányozta elődei munkásságát és eredményeit, és arra az eredményre jutott, hogy az amerikai Berliner eredményeit alkalmazza repülőgépe elkészítése közben.

Németországban, a Bréma melletti Neuenlander Feld-ről, 1937. június 26-án szállt fel először a Focke Fw 61-es típusjelzésű, egészen új konstrukciójú reptülő szerkezet, amely mérföldkövet jelentett a repülésben, és ami lényegében elindította a helikopterek sikertörténetét (3. ábra). Jelen sorok írója, és a legtöbb helikopteres szakember szerint ez az esemény tekinthető a helikopteres repülés kezdetének – ha már feltétlen egy időponthoz akarjuk kötni azt. (Talán ennek a tanulmánynak a történetét is innen kéne indítani, és a helikopteres repülés első hetven évéről beszélni?)

A Focke Fw 61 gép berepülő pilótája, Ewald Rohlfs, később pedig Hanna Reitsch pilótanő számos világrekordot állított fel az Fw 61-es helikopterrel, amelyet a repülés történetének olyan úttörői is megcsodáltak, mint Charles Lindbergh és Igor Sikorsky. Ebben az időszakban Németország leghíresebb női pilótája a legendásan kistermetű Hanna Reitsch (1912–1979) volt. Berlinben, a Deutschland Halle-ban ő mutatta be a Focke Fw 61 helikoptert zárt térben. Szintén a nevéhez fűződik az a kétségtelen repülőbravúr, amikor 1945 áprilisában, a már körülzárt Berlinbe berepült majd sikeresen ki is repült onnan. (Ez a nemrégiben a mozikban vetített „A bukás – Hitler utolsó napjai” (Der Untergang) – című filmben is látható volt.) Sőt, 67 évesen (!), első nőként repült vitorlázó repülőgéppel 1000 kilométernél nagyobb távot. Sajnos, a repülés közben a magasságírója leállt, ezért a FAI – Fédération Aéronautique Internationale: Nemzetközi Repülő Szövetség – nem hitelesítette a világrekordját.¹²



3. ábra. Focke-Wulf Fw 61 helikopter
(forrás: <http://en.wikipedia.org/wiki/FW-61>)



4. ábra. Kamov Ka-26 helikopter
három-nézeti rajza¹³

11 Repülési Lexikon 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 381. oldal

12 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 194–195. oldal

13 Szentesi György, Katonai repülőgépek és helikopterek, Zrínyi katonai Kiadó, Budapest, 1987. 318.

A modern helikopterfejlesztés nagyjai

Ha a helikopterek fejlesztésének történetét, még ha csak röviden is, le akarjuk írni, a világban legelterjedtebb, modern helikopterek első főkonstruktőreit és névadóit mindenképpen meg kell említenünk. Ők névsor szerint: Nyikolaj Iljics Kamov, Mihail Leontyjevics Mil és Igor (Ivanovics) Sikorsky.

Nyikolaj Iljics Kamov (1902–1973) a Tomszki Műszaki Egyetem elvégzése után több tervezőintézetben, többek között francia repülőgép-tervező irodában is dolgozott. Amikor Moszkva mellett 1926 végén a Központi Aero- és Hidrodinamikai Intézet-ben (CAGI-ban) létrehoztak egy speciális kutatócsoportot a különféle elrendezésű autogírók és helikopterek kutatására, ő is csatlakozott hozzájuk. Frontszolgálat után 1940 és 45 között a Moszkvai Repülő Egyetemen egy olyan tervezőintézetben tevékenykedett mint főkonstruktőr, mely forgószárnas szerkezetekkel foglalkozott. 1945-ben megalakította a saját – napjainkban már a nevét viselő – tervezőirodáját, ahol úgynevezett koaxiális forgószárnas helikopterek fejlesztésével foglalkozott¹⁴. Ezzel a kialakítással korábban már Pescara is Sikorsky és kísérletezett. Ezek közül hazánkban talán a legszélesebb körben ismert típus a Ka-26-os helikopter (4. ábra).

A koaxiális forgószárnny elrendezés lényege, hogy a két, egymással szemben forgó forgószárnny egy közös tengely körül forog. Ezzel a kialakítással egy kis-méretű, így jól manőverező helikoptert lehet létrehozni. Ez a kialakítás és repülési tulajdonság a Kamov helikopterek sajátossága. Nem véletlenül alkalmazzák őket főleg a mezőgazdaságban, kihasználva a fordulékonyágukat, illetve a haditengerészeti légierőkben kis méretüknek köszönhetően.¹⁵

Mihail Leontyjevics Mil (1909–1970) Irkutszkban született, 1909. november 22-én. Már gyermekkorában repülőmodellezéssel foglalkozott, Tizenkét éves korában díjat nyert az egyik modelljével Tomszkban. 1925-ben kezdte tanulmányait a Szibériai Gépgyártástechnológiai Főiskolán Tomszkban, ahonnan ideológiai okokból hamarosan kizárták, mivel apja rabbi volt. Végül is 1931-ben fejezte be főiskolai tanulmányait, és a szovjet repülőgépipar egyik fő kísérleti központjában, a Moszkva melletti Zsukovszkij-ban található Központi Aero- és Hidrodinamikai Intézetben (CAGI) kezdett el dolgozni. Itt Nyikolaj Iljics Kamov helyetteseként vett részt a kutatómunkákban.¹⁶

1947-ben Mihail Mil egy helikopterek kifejlesztésére Moszkvában létrehozott tervezőiroda főkonstruktőre lett. Vezetésével hozták létre az első sorozatban gyártott szovjet helikoptert, a Mi-1 helikoptert, melynek prototípusa már 1948-ban GM-1 típusjelzéssel repült. 1964-ben kinevezték az OKB-329 tervezőiroda vezetőjévé. Nevéhez fűződik a Mi-2, Mi-4, Mi-6, Mi-8, Mi-10 és Mi-12 (V-

14 Repülési Lexikon 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 468–469. oldal

15 *Szelestey Gyula*, A repülés mechanikája. Mezőgazdasági Főiskola Repülőgépvezető Intézet

16 http://hu.wikipedia.org/wiki/Mihail_Leontyjevics_Mil

12) helikopterek tervezése. Utolsó munkája a keresztelrendezésű, kétforgósárnyas V-12 (Mi-12) helikopter volt, amelynek első kísérleti repülésére már csak halála után került sor. Az általa tervezett helikopterekkel összesen 860 hivatalos világrekordot állítottak fel.¹⁷

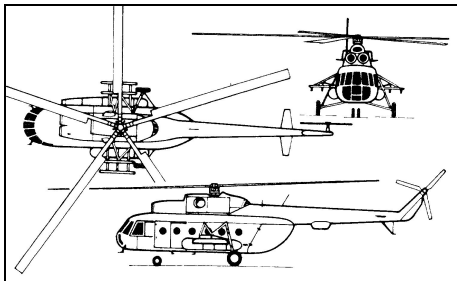
Tisztelt Olvasó! Itt engedjen meg némi személyes megjegyzést. Jelen sorok írója mindig is különös, nosztalgikus érzéssel tud csak gondolni, írni a Mil tervezte helikopterekről. Fiatalon, nem sokkal a Killián György Repülő Műszaki Főiskola elvégzése után (ahol *helikopter sárkány-hajtómű üzemeltető mérnök* diplomát szerzett) Mi-24D Hind D helikopterek üzemeltetésével foglalkozott. Később, hosszú éveken keresztül tanította anyaintézetében, „a Killiánon” a Mi-8 Hip helikopter sárkányszerkezetét és rendszereit, melynek az úgynevezett három-nézeti rajza az 5. ábrán látható. Jelenleg is az általa 1990-ben készített jegyzetből tanulnak a Magyar Légierő leendő tisztjei, illetve forgatják mindennapi munkájuk során a csapattisztek. Egyetemi doktori értekezése, kandidátusi disszertációja is e típushoz kötődtek.

Igor (Ivanovics) Sikorsky (1889–1972) 1889. május 25-én született Kijevben, egy ötgyermekes lengyel család legfiatalabb gyermekeként – még Szikorszkijként. Ő tervezte az első stabil, sorozatgyártásra kerülő helikoptertípust. 1903 és 1909 között Szentpéterváron – közben (1906–1907) Párizsban is – tanult mérnöki tudományokat. 1908-ban, Németországban járva értesült Orville Wright-nak a Flyer-el tett történelmi, első motoros repüléséről, amivel kapcsolatban azt mondta: „Huszonnégy órán belül elhatároztam, hogy megváltoztatom életem célját, és aviatikával fogok foglalkozni.” 1909-ben ismét Párizsba, az európai repülés központjába ment. Ott több francia pilótával tudott találkozni, köztük Bleriot-val, aki elsőként repülte át a Csatornát. Még abban az évben visszatért Kijevbe és elkezdte repülési kísérleteit, hogy egy koaxiális helikoptert építsen. Kis kitérőt téve, 1911-ben elkészítette az S-6-B merevszárnyas repülőgépet, melyet a cári hadseregben alkalmaztak is, bár csak kis számban.

Az I. Világháború után repülőműszaki szakemberként részt vett az oroszországi polgárháborúban – persze, nem a bolsevikok oldalán. Ez utóbbi ok miatt 1919-ben emigrált Oroszországból. Az Egyesült Államokban először iskolai oktatóként dolgozott, majd 1923-ban megalapította a Sikorsky Aero Engineering Company-t, melyben az orosz cári hadsereg volt tisztjei segítettek. A Sikorsky által tervezett VS-300-A helikopter 1941. december 8-án 1 óra 32 és fél perces repüléssel időtartam világrekordot állított fel. Ennek a típusnak a javított változata lett az első katonai célra épített helikopter, a legendás R-4-es, mely első alkalommal 1942. január 13-án szállt fel.¹⁸

17 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 68. oldal

18 <http://zolan.freeweb.hu/kronologia.htm>



5. ábra. Mil Mi-8 helikopter három-nézeti rajza¹⁹



6. ábra. Sikorsky Hoverfly helikopter a RAF Hendoni Múzeumban (a szerző felv.)

Az Igor Sikorsky tervezte Hoverfly elnevezésű helikopterből csupán 133 darabot gyártottak, mégis jelentős szerepet kapott, mind a RAF, mind az US Army Air Force történetében. Ugyanis ez a helikopter volt az, melyet legelőször állítottak rendszerbe a RAF keretén belül az Andover-i Helicopter Training School-ban és a – mindössze 5 hónapig létező – 539. Squadron-nál.²⁰ A 6. ábra a RAF hendoni (London) múzeumának *A repülés mérföldkövei* című kiállításán látható Hoverfly helikoptert mutatja.

Ha a helikopterek fejlődéséről beszélünk, mindenképpen meg kell említeni Henri Coandă-nak (1885–1972) személyét és munkásságát is. 1910-ben elsőként ő épített turbólégcsavaros repülőgépet, amelynek ventilátorszerű, csőbe helyezett sokágú légcsavart gázturbina helyett még dugattyús belsőégésű motor hajtotta. Aerodinamikai kísérletei során fedezte fel a róla elnevezett effektust.²¹

A Coandă-hatás a folyadék- vagy gázsugár azon tulajdonsága, hogy követi a folyadéksugár tengelyével párhuzamos felület elhajlását. Ezt kihasználva a repülőgép szárnyainál megnövelhetjük a felhajtóerőt, sőt napjainkban a konyhai páraelszívók hatásfokát is növelik vele. A Coandă-hatást alkalmazzák a McDonnell Douglas cég által gyártott NOTAR kialakítású helikoptereknél. A NOTAR mozaikszó a No Tail Rotor (nincs faroklégcsvár) angol kifejezésből ered. A kialakítás lényege, hogy a helikopter törzsében egy ventilátor van, ami az úgynevezett faroktartóba fújja a levegőt, ahonnan a megfelelő nyílásokon távozik, és ezt használják egyrészt a forgószárny forgatónyomatékának kompenzálására, illetve a helikopter függőleges tengely körüli elforgatására, kormányzására. Ezzel a megoldással zajcsökkenés mellett nagyon biztonságos üzemelést lehet elérni.

A tiszteletére elnevezett bukaresti Henri Coandă Repülőtér Románia legfontosabb közforgalmú repülőtere.

19 Pokorádi László, Mi-8 helikopter sárkányszerkezet I. Szerkezet, főiskolai jegyzet, MH. KGyRMF, Szolnok 1990.,

20 Pokorádi László, A Royal Air Force hendoni múzeuma I. rész, Haditechnika, 2006/6, p. 50–53.

21 Repülési Lexikon I. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 154. oldal

Magyarok a helikopterek történetében

Mint az emberiség minden nagy vállalkozásában, így a helikopterfejlesztés történetében is fontos (rész)szerepet játszottak a magyarok. A magyar szakemberek részvételét az egyetemes repüléstudományban Bödök Zsigmond a Magyar feltalálók a repülés történetében²² című, mindenképpen dicséretet érdemlő könyvéből ismerheti meg a tisztelt Olvasó.

Időrendi sorrendben nézve az első fontos magyar esemény Bartha Miksa és Madzsar József szabadalma volt. Az 1909-ben 249 702. számú német birodalmi okirattal elfogadott szabadalom egy stabil és kormányozható emelő (helikopter-) forgószárny kialakításáról szólt. A szabadalom két oldalának másolata látható a 7. ábrán. Megoldásukban a forgószárnylapátok csuklós bekötése tette lehetővé, hogy körbefordulásuk közben csapkodó mozgást végezzenek. A haladó mozgáshoz szükséges forgószárny-vonóerőt pedig a forgás síkjának megfelelő döntésével javasolták megoldani. Az egyértelműen kijelenthető, hogy a szabadalmukban javasolt technikai megoldások valamennyi mai helikopteren alkalmazott, a korszerű helikopter stabil és kormányozható repülését lehetővé tevő elvek egyik legelső megnyilvánulása.²³

A nemzetközi szakirodalom Juan de la Cierva-nak tulajdonítja a fent leírt, csuklósan bekötött forgószárny lapát találmányát, de az a valós tény, hogy Cierva csak a szabadalom után jóval később, 1922-ben épített ilyen rendszerű gépet. Sajnos a magyar tudománytörténet sem tartja számon e két jeles feltalálót.

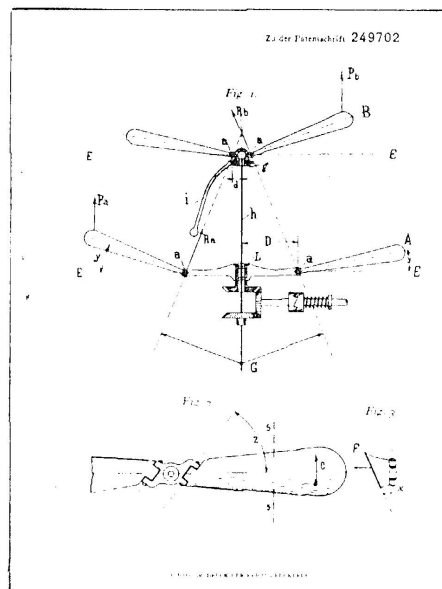
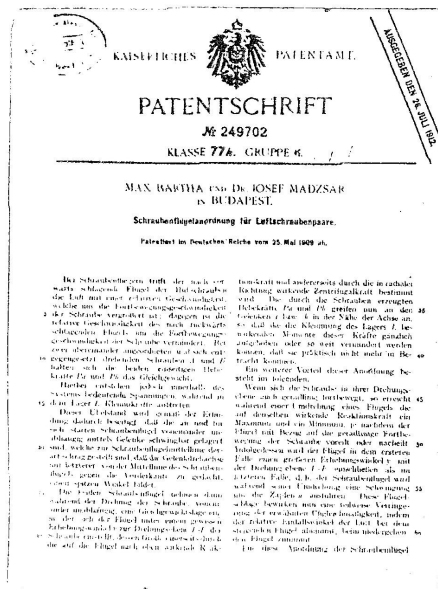
1916-ban Petróczy István (1874–1957), az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregének (akkor még) őrnagya (később repülő ezredes), azt a javaslatot terjesztette be a felső katonai vezetésnek, hogy a megfigyelésre használt, ám az ellenségnek könnyű célpontot jelentő léggömböket váltsák fel helikopterekkel. Petróczy Istvánról tudni kell, hogy 1910. szeptember 28-án ő vált az első magyar vizsgázott katonai pilótává. Később a Bécs melletti Fischamen-ben repülőkísérleti állomást hozott létre, ahova a kor legjobb szakembereit gyűjtötte össze a Monarchia egyetemeiről és tervezőirodáiból. Ebben az intézetében a Petróczy István, Kármán Tódor és Zurovecz Vilmos mérnökhármas kapta feladatul egy ilyen légieszköz kifejlesztését, míg az emelőlégcsovar megtervezését és kivitelezését Asbóth Oszkárra bízta.²⁴

A PKZ (Petróczy–Kármán–Zurovecz) típusnéven ismertté vált helikopterek kétféle változatban készültek, elektromotoros és dugattyús belsőégésű motoros meghajtással. A PKZ–1 változatot a MÁG-nál, Mátyásföldön, a PKZ–2 változatot Pestszentlőrincen a Lipták gépgyárban építették meg.

22 Bödök Zsigmond, Magyar feltalálók a repülés történetében, NAP Kiadó, Dunaszerdahely, 2002., pp. 146.

23 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 519–520. oldal

24 Repülési Lexikon 1. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 150–151. oldal



7. ábra. Bartha és Madzsar helikopterszabadalmának két oldala²⁵

Mindkét típus váza acélcsőből készült, a felemelkedést két, egymással szemben forgó Asbóth-féle emelőlőgcavar biztosította. Igen érdekes volt a súlypont alatt elhelyezett koaxiális rotorelrendezés, amivel a nyomatékkegyenlítés automatikusan lehetővé vált. Az elektromotoros változatban a villanymotor földről kapta kábelén az áramot. A helikopterek helyben lebegésének stabilizálását kötelekkel történő kipányvázással biztosították. A munkálatokat 1917 végére befejezték, és a következő év tavaszán kezdték meg a gyakorlati kísérleteket. Számos sikeres felszállást végeztek helikopterükkel, melyek során 50 méter magasságban történő, hozzátétőlegesen egy óráig tartó helyben lebegést is el tudtak érni. Ezzel végképp beigazolódott, hogy emelőlőgcavaros szerkezetekkel megoldható a viszonylag nagy magasságba történő (szakmai megfogalmazásban a légpárnahatáson kívüli) felemelkedés, és általuk megvalósítható a huzamosabb ideig tartó helyben lebegés is. Igaz, távolról sem voltak még tökéletesek ezek a szerkezetük, de alapvetően megszabták a további fejlesztések irányvonalát.

Kármán Tódor (1881–1963) a világon elsőként mutatta meg, hogy a helikopter ilyen, a súlypont alatti elrendezés mellett is stabil. 1920 és 1930 között Aachenben az aerodinamika professzora volt, majd 1930-ban elfogadott egy, a Kaliforniai Műszaki Egyetem-re, Pasadenába szóló meghívást. Számos tudományterületen tett jelentős felfedezést, a turbulencia elméletének, a nagy sebességű áramlásoknak, a rakétakutatásnak volt úttörője, de számos kis- és nagysebességű

szélcsatornát is tervezett. Kármán Tódor aktív szerepet vállalt az amerikai hadsereg tudományos programjaiban is. A tudományos közéletnek is jelentős szereplője volt, ő alapította meg az ICAS-t (International Council of Aeronautical Sciences – Nemzetközi Repüléstudományi Tanács), amely szervezet napjainkban a repüléstudomány világszerte legmagasabbnak elismert fóruma. A kétévenként megrendezésre kerülő ICAS Konferencián tiszteletére egy Theodor Karman Memorial Lecture nevű előadást tartanak. Az előadás megtartására való felkérés pedig igen jelentős repüléstudományi elismerésnek számít.

A PKZ-helikopterek kísérletei a maguk korában a világ legjobb eredményeinek számítottak. A további kutatásoknak az I. világháborút lezáró békeszerződések vetettek véget.

A körösközi Pankotán született Asbóth Oszkár (1891–1960) nem elégedett meg a PKZ kötött helikopter nyújtotta eredményekkel, hosszas kísérletezés, több mint 10 év után elkészítette AH-1 nevet viselő szerkezetét, amely 1928-ban emelkedett fel először. Asbóth négy repülőszerkezetével összesen 192 kísérleti repülést hajtottak végre, ez idő alatt 29 órát töltöttek a levegőben. A legnagyobb magasság 30–50 m között volt.

Az AH-4-gyel Asbóth munkatársai 95 felszállást végeztek, összesen 3 óra 43 perc időtartamban. Asbóth agilitása ellenére sem külföldön, sem pedig Magyarországon nem mutatkozott állami szintű szponzori érdeklődés a kísérletek iránt. Mivel Asbóth pénze elfogyott és a gép műszaki állapota is folyamatosan romlott, egy időre be kellett fejezni a kísérleteket. Az AH-4 1931. május 31-én repült utolsó alkalommal.

Itt meg kell említenünk azt a szakmai körökben eléggé elterjedt nézetet, miszerint Asbóth feltehetően némileg „kozmetikázta” az általa elért eredményeket. Egyik „érdekes tény” a szerkezetek repüléseiről készült fotókon az alatt állók furcsa kéztartása, amivel a körülállók a gépre mutatnak. (Lehet, hogy a biztosító köteleket tartják?) Az viszont egyértelműnek tekinthető, hogy az Asbóth által választott út nem vezethetett eredményre. Sajnos csak azt sikerült bizonyítania, hogy az általa javasolt elrendezés nem életképes.²⁶

Az első magyar tervezésű helikopter megalkotását jelentette Samu Béla, Orosz Jenő és Hatházi Dániel 1954-ben elkezdett munkája.

Samu Béla egyetemi docens már húszéves korában az MSrE-ben dolgozva tanulta a repülőgép tervezést²⁷. 1951-ben meghívták a budapesti Műegyetemre. Orosz Jenő (1922–1987) repülőgép tervező munkáját szintén az MSrE-ben kezdte. A SOH-1 fejlesztésén kívül jelentős mértékben részt vett a Fergeteg és az Ifjúság (ez utóbbi tiszta fémépítésű) vitorlázó repülőgépek tervezésében²⁸. Hatházi Dániel (1920–1978) 1951-től haláláig a Budapesti Műszaki Egyetem Gépész-

26 <http://www.asbothoszkor.fw.hu/>

27 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 297–298. oldal

28 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 534. oldal

mérnöki Kar Repülőgépek Tanszék-én, illetve annak jogutódján tanított.²⁹ (Fia jelenleg a jogutód Repülőgépek és Hajók Tanszék oktatója.)

A SOH-1 típusnévre keresztelt helikopter hatlapátos forgószárnya, illetve annak agykialakítása és forgószárny-vezérlése műszaki szempontból igen érdekes volt, pörgettyűs stabilizátort tartalmazott és a kitéréssel arányos kormányerőt szolgáltatott, ami Hatházi Dániel szabadalma. Hatásos stabilizáló rendszerével és a kormányerő érzékelhetőségével olyan jelentős lépést jelentett a helikopterek konstrukciójának fejlesztésében, hogy irántuk nagyon komoly nemzetközi érdeklődés is megnyilvánult. A helikopter prototípusa alapos kutatások, távirányítású, szabadon repülő modellel végzett sikeres kísérletek után épült meg. A helikopterrel végül a hosszú tervezés és a sok probléma után egy – a repülőgép-vezetői hiba miatt bekövetkezett – szerencsétlen berepülési kísérlet végzett 1960-ban. A motorpróba során a helikopter kissé megemelkedett, majd a talajra visszaérve az oldalára dőlt és a forgó forgószárny összetört, és a törzs szerkezete is súlyosan károsodott. A további kísérletek – pénzhiány miatt – nem folytatódhattak.

A helikopterek alkalmazásainak története

A forgószárnyas repülőgépek alkalmazásának története lényegében egyidős a helikopterek fejlődéstörténetével. Az Osztrák–Magyar Monarchiában, annak hadseregében Petróczy István javaslatára indult meg a PKZ kötött felderítő helikopterek fejlesztése.

Cierva C-30 jelzésű autogiróját már több haderő alkalmazta a II. Világháború előtt és alatt. A világháború kitörése előtt a francia haderőben már 52 db – LeO C-30 típusú –, licenc alapján gyártott autogiró szolgált. A francia haditengerészetnek is volt 8 gépe, melyek hajók felderítését végezték, és 1940. május végéig őrzőrátoroztak a La Manche Csatorna felett.

Az amerikaiak 1944 áprilisában, Burmában hajtottak végre első alkalommal légi felderítést és kutató-mentő feladatot helikopterrel a kínai–burmai–indiai határ térségében. Egy R-4-es 1944. április 25-én három sebesült brit katonát és egy szövetséges pilótát mentett ki a japánok által megszállt területről, mintegy 250 km mélységből. Ez akkor nagy tettnek minősült. De még előtte, ugyanazon év januárjában már végrehajtották az első polgári mentőfeladatot is az Amerikai Egyesült Államokban. Ekkor egy gőzhajón történt robbanás sebesültjeinek szálítottak R-4 helikopterrel vérplazmát, ráadásul erős hóesésben.³⁰

A Foche–Wulf cég 1939 közepére elkészítette az Fa-266 típus első példányát, melyet átkereszteltek Fa-223-ra. 1944 végén 400 gépes rendelést kapott a cég, a németek tömeges helikoptergyártása azonban nem volt sikeres, mert a szövetségesek bombatámadásai következtében az üzemek jelentős része elpusztult.

29 Repülési Lexikon 2. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991., 528. oldal

30 http://www.sikorsky.com/details/0,9602,CLI1_DIV69_ETI683,00.html

tult. 1945 elején egy szállítórepülő-század állományában volt még néhány Fa-223-as és Fi-282-es helikopter. A helikopterek szállító-, futár- és tűzérési tűzhelyesbítő feladatokat láttak el.

Az Fa-223 típus egyik nevezetes harci alkalmazása az volt, amikor 1945 februárjában – Adolf Hitler személyes utasítására – a körülzárt Breslauból ki kellett menekíteni Karl Hanke gauleitert. A feladatot végrehajtó gép 16,5 óra alatt 1665 km-t repült és végrehajtotta a feladatot. Egy másik eset már magyar vonatkozású. A magyar királyi honvédség 210 mm-es lövegekkel felszerelt 103/2. ütege 1944 decemberében az Eperjestől keletre fekvő Galambos község mellett foglalt tüzelőállást. Az ütegnek nem állt rendelkezésére a magyar 102 kg-os repeszgránát, ezért a németek helyette ugyanolyan kaliberű, de fele akkora súlyú, olasz hajóágyú-lövedékeket szállítottak egy Fa-223-as helikopterrel.

Az 1950–1953 közötti koreai háborúban a katonai helikoptereket elsősorban a II. Világháborúban kialakult klasszikus feladatokra alkalmazták, csak jelentősebb mennyiségben. Az eszközök alkalmazásának pozitív tapasztalatai alapján az USA-ban beindították a tömeges helikoptergyártást. A helikopterek katonai alkalmazása és fejlesztése szempontjából a legnagyobb impulzust a vietnami háború 10 éve (1961–1971) adta. A helikopterek ekkor már pótolhatatlan kutatómentő eszközként is helytálltak. Az 1965–1969 közötti időszakban 40471 embert mentettek ki, ezen belül a katapultált hajózóállomány 55%-át. A vietnami háborúban a helikopterek harci alkalmazásának tapasztalatai egyértelműen megdöntötték azokat a szkeptikus véleményeket, amelyek szerint rendkívül magas lesz a helikopterek légvédelmi eszközöktől elszenvedett vesztesége. A helikopterek harci veszteségei a háború 10 éve alatt 1900 db gép, míg a nem harci veszteség 2300 db volt. 590 harci bevetésre jutott egy lövedéktalálat, és 6600 bevetésre jutott egy teljes helikoptermegsemmisülés.

A Mi-24 Hind harci helikopter típus első repülése után 10 évvel az akkori Szovjetunió bevette csapatait Afganisztánban. A harcok folyamán valamivel több, mint 400 helikoptert alkalmaztak, melyek személyzeti éves váltásos rendszerben teljesítettek szolgálatot és kb. 300–400 bevetésen vettek részt egy év alatt. Az afgán ellenzék erősödő légvédelme a szovjet repülőcsapatoknak jelentős veszteségeket okozott. Legnagyobb veszteségük a Mi-8 Hip szállító helikoptereknek és a Mi-24 Hind különböző változataival felszerelt helikoptercsapatoknak volt – mintegy 335–340 db-ot veszítettek, ennek kb. 65–70%-a harci, 30–35% nem harci veszteség volt. Afganisztánban 1988-ban 2273 bevetésre jutott egy teljesen megsemmisült szovjet helikopter³¹.

A harci helikopterek az (első) Öböl-háborúban nemcsak a harcokcsikra, hanem más objektumokra is mérték csapásokat. Kevésbé ismert tény, hogy az iraki csapatok elleni légitámadás első feladatát egy helikopterkötelék kapta, amikor

31 Kormos László, A helikopterek katonai alkalmazásának tapasztalatai, Hadtudomány, VIII. évfolyam 3. szám 1998. szeptember

éjszaka megtámadták Irak 700 kilométeres mélységben lévő kulcsfontosságú légvédelmi irányító központját. Azért választották a katonai vezetők ezt a nagyon kockázatos megoldást, mert csak a vezetési pont sikeres megsemmisítése eredményeként indulhatott meg a szövetséges légierő támadása a kijelölt célpontok ellen. A sokkal gyorsabb (merevszárnyas) repülőgépes támadás esetén nem tudták volna azonnal, és pontosan felmérni (esetleg „javítani”) a támadás eredményét, ami kulcsfontosságú volt az első tömeges légi csapás sikere szempontjából.

Helikopterek a magyar katonai repülésben

2005. április 15-én, Szolnokon a „Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben” című tudományos konferenciával emlékeztek meg a repüléstudományi szakemberek a magyar katonai helikopteres repülés első félévszázadáról. Ezen öt évtized alatt Mi-1 Hare, Mi-2 Hoplite, Mi-4 Hound, Mi-8 Hip, Mi-17 Hip-H, Mi-24 Hind, és Ka-26 Hoodlum típusú katonai helikopterek körülbelül 300 000 órát töltöttek a levegőben, hozzávetőlegesen 640 ezer felszállásuk során. Most nézzük a típusok rövid történetét időrendben, erről részletesebben Kenyeres Dénesnek, a fenti konferencián megtartott előadása írásos anyagában³² olvashatunk.

A magyar katonai vezetésben már az 1950-es évek első felében felmerült annak a gondolata, hogy a hadsereg hadrendjében célszerű lenne helikoptereket alkalmazni. Ebben bizonyára szerepet játszottak, hogy a koreai és más helyi háborúk tapasztalatai. A választás a Mi-4-es típusra esett. Az 1027 és 1028 oldalszámú helikoptereket 1955. június 20-án szovjet gépszemélyzet repülte át Lvov-ból Ferihegyre. A típustanfolyam 1955. november 1-jén kezdődött Budaörsön szovjet oktatók közreműködésével. Sajnos ezek a helikopterek nem lettek hosszú életűek az MN-ben. Kiképzési és hadműveleti repülés során 1957. október 28-án az 1027-es, 1958. február 14-én pedig a 1028-as oldalszámú Mi-4-es típusú helikopter lezuhant Kecskeméten. A Szolnoki Repülőmúzeumban jelenleg kiállított Mi-4-es helikoptert az NDK-tól kapta a Killián György Repülő Műszaki Főiskola, mint a múzeum akkori gazdája.

A kedvezőtlen tapasztalatok ellenére a szakembereket továbbra is foglalkoztatta újabb típusú helikopterek rendszerbeállítása, beszerzése. Ezúttal a választás az Mi-1 típusú könnyű (futár) helikopterre esett. Az Mi-1 helikoptereket nagyon hamar alkalmazni kezdték különböző hadgyakorlatokon. 1961 novemberében az 5. hadsereg törzsvezetési gyakorlatán mutakoztak be először, ahol sikeresen szerepel-

32 Kenyeres Dénes, Helikopterek a magyar haderőben. „Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben”. Tudományos konferencián elhangzott előadás, Repüléstudományi közlemények elektronikus különszám (CDROM), (ISSN 1417-0604), 2005. április 15. Szolnok <http://www.szrfk.hu/rtk/index.html>

tek. Az Mi-1 közül 8 db részt vett a szövetségi kötelezettséget teljesítve az 1968-as csehszlovákiai eseményekben. Végül 1982-ben vonták ki őket a hadrendből.

Az első magyar felségjelű Mi-8 típusú helikopterek 1969. február 12-én szálltak le a kecskeméti repülőterén. Ezek oldalszámai: 228, 328, 628, 827, 927 voltak. Ezek közül a 628-as oldalszámú gép egy földközeli baleset következtében megrongálódott, és így a továbbiakban – mint földi gyakorló gép – a repülőműszaki és hajózó tiszti, tiszthelyettesi utánpótlás képzését szolgálta Szolnokon. A típus talán a legnagyobb, legjelentősebb feladatait az 1970-es tavaszi nagy tiszai árvíznél hajtotta végre, amikor mintegy 4200 főt mentettek ki az árvízi területről. A típus még mindig hadrendben áll, és szolgálja hazánkat.

A Ka-26 típusra a hajózó- és műszaki állomány átképzése 1970. szeptember 18-án kezdődött el. A kiutazó műszakiak parancsnoka Hollósi Nándor mk. százados volt, aki mint a Magyar Honvédség parancsok-helyettese vonult végül nyugdíjba. 1990. január 1-jével a Kamovokat kivonták a hadsereg hadrendjéből. A típus utolsó hajózó századparancsnoka a debreceni születésű Tóth Mihály okleveles mérnök őrnagy volt.

1978 tavaszán zajlott le a műszakiak és hajózók első csoportjának átképzése Frunzéban az Mi-24 harci helikopterre. Bár az első példányokkal már a repülőmúzeumokban találkozhatunk, a típus még mindig hadrendben van.

Az időben utoljára hadrendbeállított típus az Mi-2 Hoplite, melyek 1982-ben kezdték pályafutásukat a Székesfehérvár melletti börgöndi repülőterén. Az Mi-2-ket 1991-ben átcsoportosították Szolnokra. Később pedig törölték őket a honvédség arzenáljából.

Bár az előzőekből úgy tűnhet, mintha a helikopter csak katonai eszköz lenne, de a polgári alkalmazása is igen széles spektrumot takar. A fentiekben leírt katonainak tűnő előnyös tulajdonságokat a polgári élet területén is kamatoztatják. Kihasnálva, hogy a helikopterek kis helyen le tudnak szállni, majd onnan felszállni, hogy fordulékonyak, képesek lebegni egy adott pont felett, a polgári életben is egyre nagyobb szerephez jutnak. Csak pár példát rá: Már folyamatos légi mentőszolgálatot látnak el helikopterekkel, betegszállításra vagy baleseti mentésre. A mezőgazdaságban előszeretettel alkalmaznak – főleg hegyvidéki területen – helikoptereket permetezésre, műtrágyaszórásra. A helikoptereket, ha szükséges, bevetik tűzoltásra, daruként úgynevezett beemelési feladatokra is.

Végül, így jutottunk el napjaink helikoptereihez, melyek – valljuk be – mindennapjaink szerves részévé váltak. És az emberiség, a repülőműszaki és repüléstudományi szakemberek ezen nagy kalandjának csak egyik kezdeti állomása volt 1907. november 13-án. Azóta az alig másfél méteres magasságú, egy percig sem tartó forgószárnyasnak tekinthető repüléstől eljutottunk napjaink korszerű helikoptereihez, és azok mindennapos alkalmazásához.