



*Szolnoki Tudományos Közlemények XII.  
Szolnok, 2008.*

**Dr. BÉKÉSI LÁSZLÓ – Dr. SZABÓ LÁSZLÓ**

## **AZ EGY-FORGÓSZÁRNYAS, FAROKLÉG-CSAVAROS HELIKOPTEREK KRITIKUS REPÜLÉSI ÜZEMMÓDJAI**

A helikopter egyik fontos és a repülésekor gyakran előforduló repülési módja a gép egyenes-vonalú mozgása. A mozgás egyszerűbb formája, amikor az állandó sebességgel történik. A mozgás irányától függően a következő állandósult repülési üzemmódokat különböztetünk meg:

- Függőleges repülés;
- Vízszintes repülés;
- Ferde pályán történő emelkedés és süllyedés;

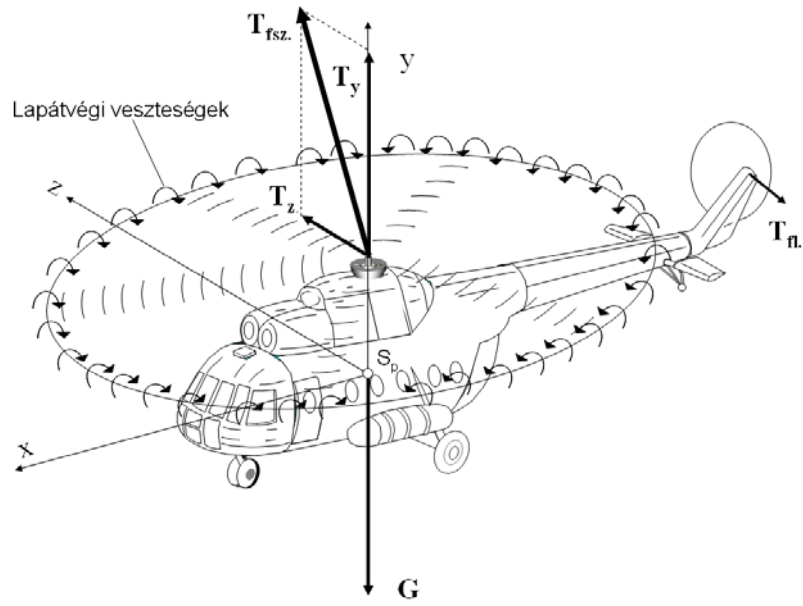
Jelen cikkben részletesen kizárólag a függőleges repülési üzemmódokkal foglalkozunk.

### **FÜGGŐLEGES REPÜLÉSI ÜZEMMÓDOK**

A függőleges repülési üzemmódokat a következőképpen osztályozhatjuk:

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

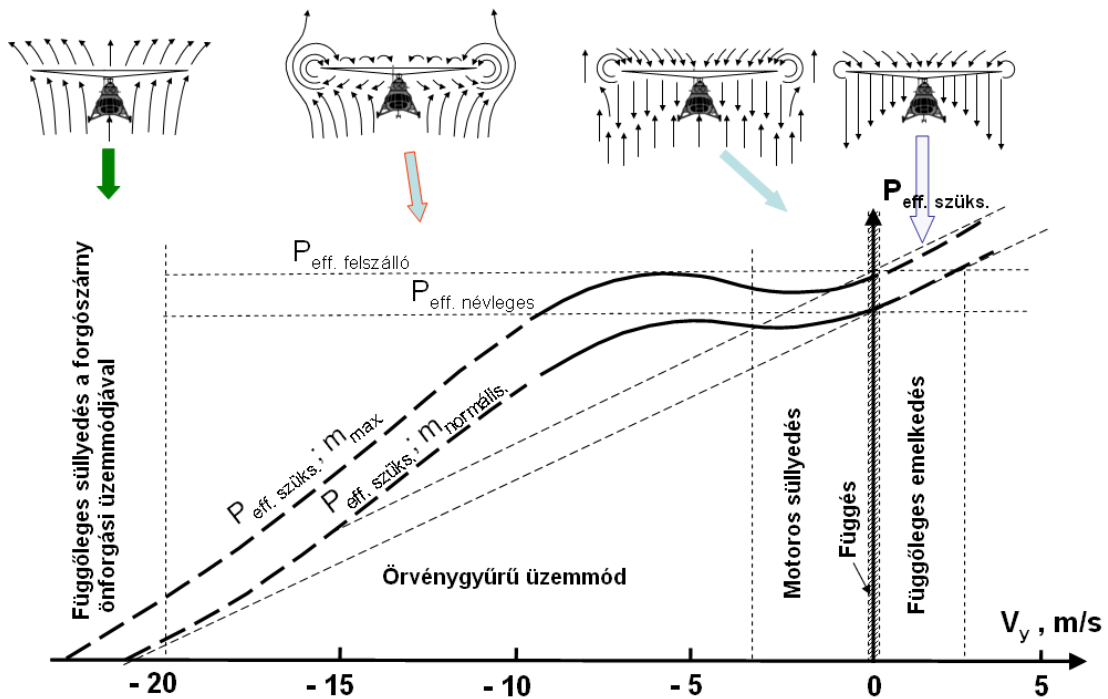
Függőleges repülési üzemmódokon az 1. sz. ábrán látjuk a helikopterre ható erőket.



1. ábra

A 2.sz.ábrán a függőleges süllyedés eseteit látjuk.

### Függőleges süllyedés esetei



2. ábra

## A HELIKOPTER FÜGGÉSI ÜZEMMÓDJA

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.

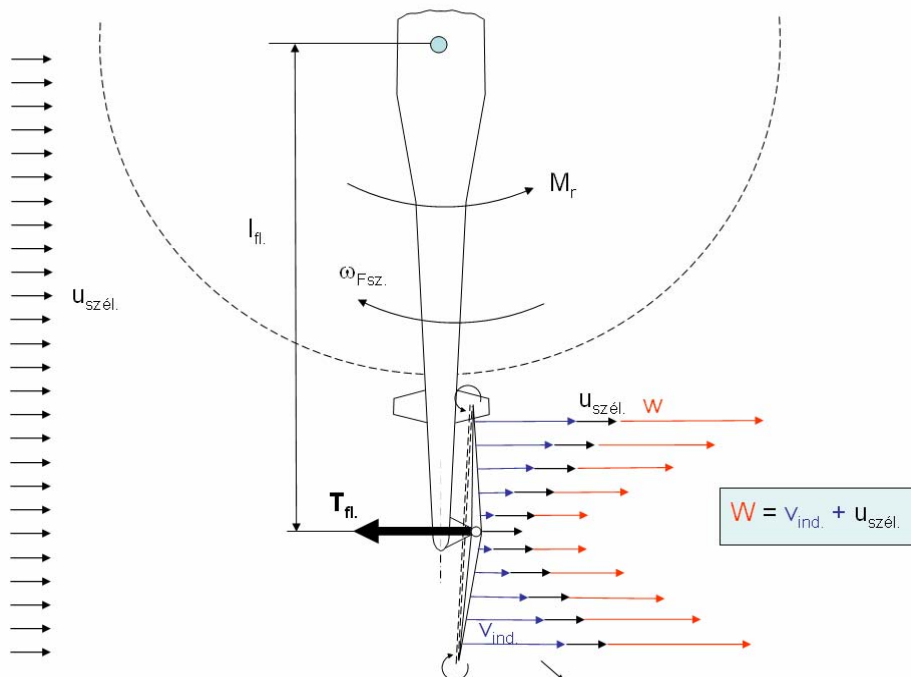
Függés végrehajtásakor a forgószárny és a farok-légcsavar igénybevétele és terhelése nagy, így a hajtómű nagy teljesítményére van szükség. Ezért függési üzemmódban ellenőrzik a hajtómű(vek) és a kormánysszervek működését, valamint a hajtóművek teljesítmény tartalékát minden repülés előtt.

A függés végrehajtása bonyolultsága miatt a helikoptervezetőtől (különösen kikapcsolt robotpilótánál) fokozott figyelmet és pontosságot igényel.

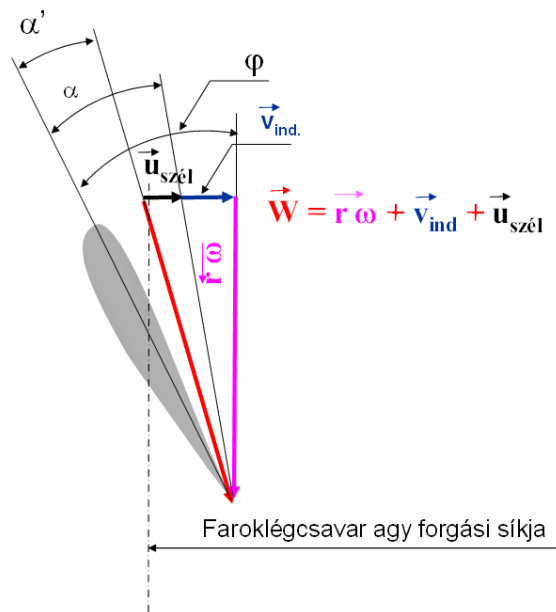
### Függés oldalszélben, ha a szél, lökészerűen balról éri a gépet.

Függés végrehajtásakor ilyen irányú szélnél a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási üzemmódban dolgozik.

A szél sebességének hirtelen megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge **lecsökken**, így csökken a rajta keletkező erő nagysága is. Az útirányú egyensúly megtartásához, azaz a farok-légcsavar vonóerejének növeléséhez, a lapátelemek állásszögét növelni kell, amit a pilóta a jobb pedál előre történő elmozdításával, azaz a farok-légcsavar lapátok beállítási szögének növelésével ér el.



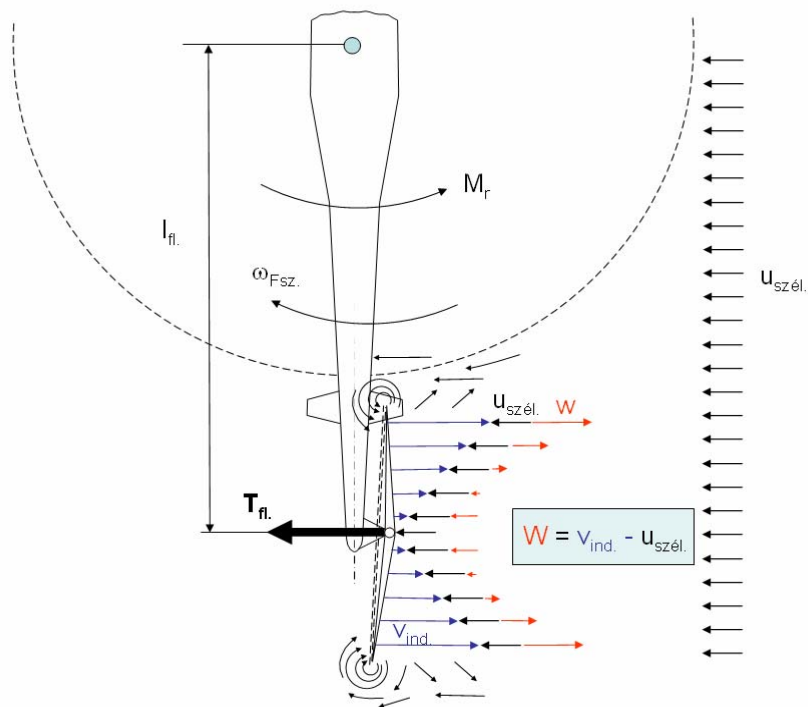
3. ábra



4. ábra

Függés oldalszélben, ha a szél, lökészerűen jobbról éri a gépet.

Függés végrehajtásakor ilyen irányú szélnél a farok-légcsavar tengelyirányú átáramlási üzemmódban dolgozik.



5. ábra

A szél sebességének megnövekedésekor a farok-légcsavar lapátelemeinek állásszöge **növekszik**, és nő a rajta keletkező erő is.

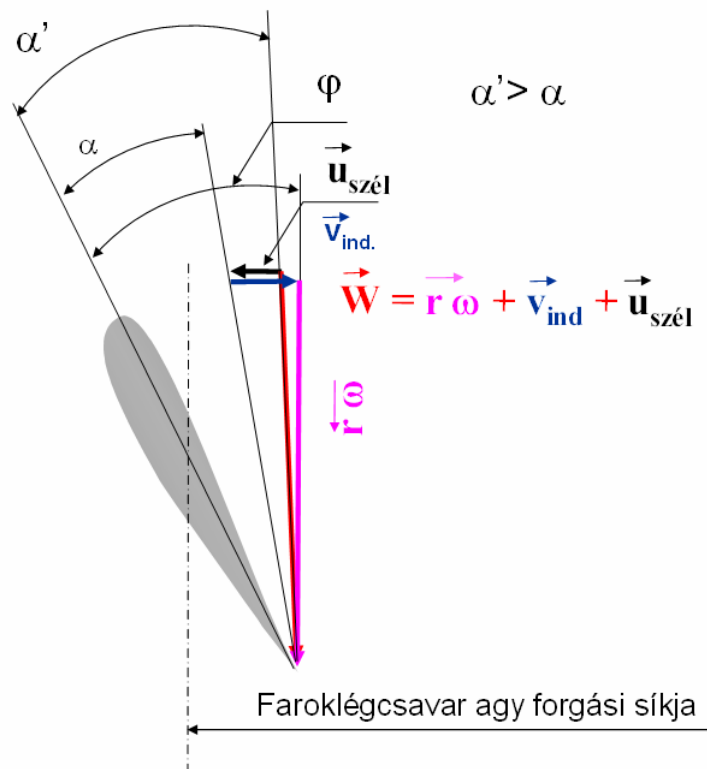
Amennyiben a szél sebessége nagy ( $u > 10 \text{ m/s}$ ) akkor a farok-légcsavar lapátelemek állásszöge oly mértékben megnőhet az útirányú egyensúly megtartásához szükséges jobb pedál előremozdításával, hogy leválik az áramlás róla, emiatt csökken a farok-légcsavar vonóereje, és a forgószárny reakciónyomatéka a helikoptert balra fordítja el.

Tehát a helikopter függésekor kapott lökészerű oldalszél jobbról, ha meghaladja a határértéket, a jobb pedál egészen az ütközőig történő elmozdítása azt eredményezi, hogy megnő a farok-légcsavar forgatásához szükséges teljesítmény (ezt az áramlásleszakadás eredményezi), emiatt a forgószárny fordulatszáma csökken, ami a farok-légcsavar vonóerejének további csökkenéséhez vezet és a helikopter a pilóta akaratától függetlenül önállósítva magát, bal fordulóba kezd a forgószárny reakciónyomatékának hatására.

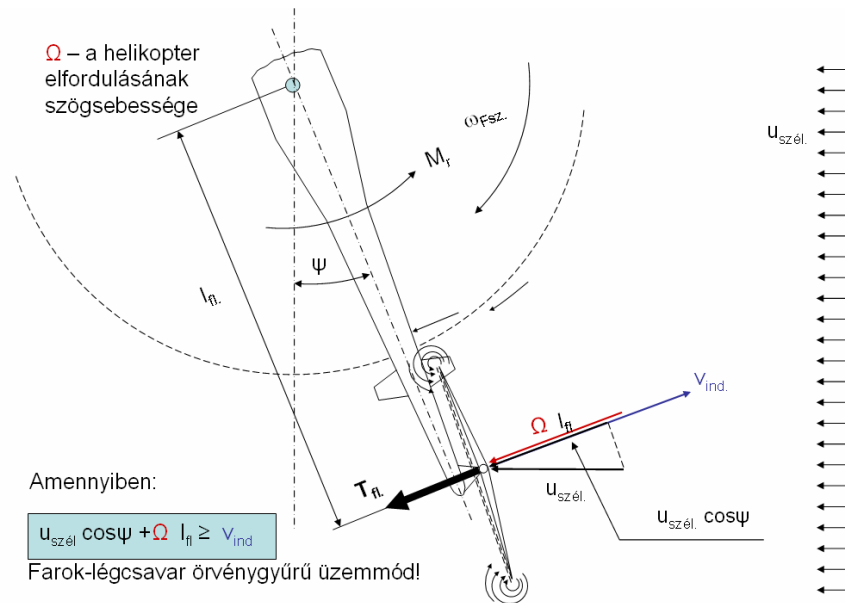
A helikopter balra való elfordulásakor a szél sebességéhez hozzáadódik a helikopter elfordulásából adódó kerületi sebessége. A két sebesség összegződik, így még nagyobb az esély arra, hogy a farok-légcsavaron, kialakuljon az örvénygyűrű üzemmód. A farok-légcsavar vonóerejének csökkenése egyúttal a forgatáshoz 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 farok-légcsavaron, tehát erő sem keletkezik rajta. A forgószárny reakciónyomatéka pedig, balra fogja elfordítani a helikoptert.

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



6. ábra



7. ábra

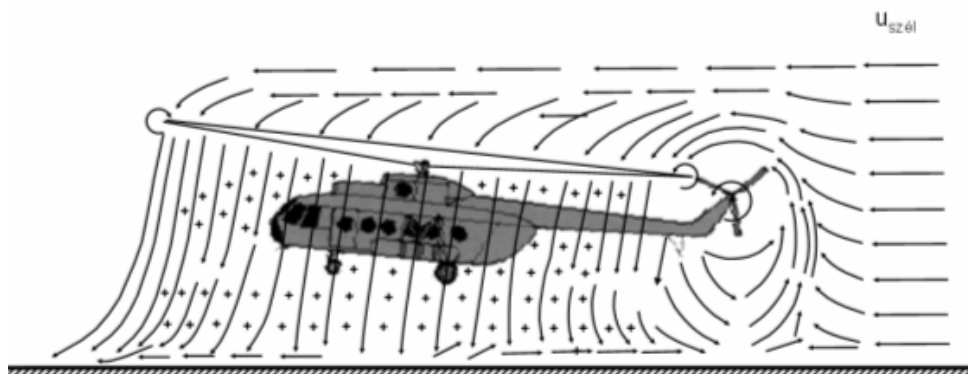
## A HÁTSZÉL HATÁSA A HELIKOPTER FÜGGÉSKOR A LÉGPÁRNAHATÁS ZÓNÁJÁBAN

Hátszélben függéskor a helikopter útírányban instabil tulajdonságot mutat. Mint ismeretes, ilyenkor a helikopter igyekszik balra elfordulni.

A légpárnahatás zónájában való függéskor egy hátszél (a forgószárny és a farok-légcsavar átáramlásának együtt hatásaként) olyan helyzetet teremt, amelyben a toló farok-légcsavar erejének egy részét elveszti annak következtében, hogy csökken a lapátelevek eredő megfúvási sebessége, és áramlás leválás is bekövetkezik.

Ezért ilyen esetben növelni kell a jobb pedál kitérítését.

A jobb pedál kitérítési tartalékanak növelése érdekében egyes helikoptereken ellentétes forgásirányú farok-légcsavart alkalmaznak.



8. ábra

## A HELIKOPTER SPONTÁN ELFORDULÁSA

Az egy-forgószárnyas farok-légcsavaros helikopterek spontán elfordulása előfordulhat:

- Függeskor;
- Fügőleges emelkedéskor;
- Fügőleges süllyedéskor;
- Fügés közbeni elfordulásakor;
- És emelkedő illetve süllyedő fordulóban.

A spontán elfordulás a helikopter forgószárny forgásirányának figyelembevételével balra, a reakciónyomaték hatására és irányában történik.

Spontán elfordulás történhet akkor, ha az oldalszél meghaladja a megengedett értéket, illetve forduló végrehajtásakor, ha a forduló szögsebessége nagyobb, mint amennyit az adott típusra előírtak.

A megengedett minimális sebességhez közeli sebességgel való manőver végrehajtásakor spontán elfordulhat a helikopter, ha az egyesített vezérlő kart (EVK), a botkormányt és a bal lábpedált hirtelen elmozdítjuk. Ekkor a forgószárny fordulatszámja csökkenni fog.

Függeskor jobb oldali szélnél, amelynek nagysága meghaladja az üzemeltetési utasításban megadott megengedett értéket, különösen a megengedett maximális tömegnél, az összes egy-forgószárnyas helikopterre jellemző, hogy igyekszik balra elfordulni.

Amennyiben a jobb oldali pedál az ütközőn van, elegendő a jobb oldali szél kismértékű növekedése ahhoz, hogy a helikopter elkezdjen balra fordulni.

Erős impulzus-szerű jobboldali szélökésnél megnő a farok-légcsavar forgatásához szükséges teljesítmény, ugyanilyen ütemben csökken a forgószárny forgatásához szükséges teljesítmény. Amennyiben a hajtómű nem rendelkezik megfelelő teljesítmény-tartalékkal, azonnal csökken a forgószárny fordulatszámja. Ha van teljesítmény-tartalék a fordulatszám-szabályozó hatására rövid időn belül helyreáll a fordulatszám. Azonban a fordulatszám rövididejű csökkenése elegendő ahhoz, a forgószárny és a farok-légcsavar vonóereje csökkenjen.

Így az előbbieket eredményeképpen a helikopter megsüllyed és elfordul balra. Rövid idő elteltével a fügőleges süllyedő sebesség nagysága és a helikopter elfordulásának szögsebessége állandósul.

A helikopter elfordulásának szögsebessége jobb oldali oldalszélnél nő, bal oldali oldalszélnél csökken. Ha nincs oldalszél az elfordulás, azaz a helikopter forgása állandó szögsebességű, amely elérheti a 40-50 °/sec értéket.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Oldalszélben történő leszálláskor a botkormány szél ellenébe történő kitérítése és az ellentétes lábormány előrenyomása biztosítja a helikopter pályáját. Függeskor a helikopterrel, széllal szembe kell fordulni, hogy a függőleges süllyedést már így hajtsuk végre.

Szükség esetén 5—10 m/sec—nél nem nagyobb, a leszállási irányra merőleges oldalszélben is végrehajtható a leszállás.

Abban az esetben, ha a függésből leszállás nélkül újabb körre kell menni, a botkormány enyhe előrenyomásával és a beállítási szög növelésével kell átvinni a helikoptert vízszintes repülésbe, majd ferde pályán történő gyorsuló emelkedésbe.

Néhány szóban foglaljuk össze a gázturbinás hajtóművel felszerelt helikopterek leszállási tulajdonságait a dugattyús motorokhoz képest. Mivel a gázturbina gyorsuló képessége rosszabb, mint a dugattyús motoroké, a felgyorsulási idő megnő (kb. 10—15 sec). Ezért kilebegtetéskor és közvetlenül talajfogás előtt a beállítási szög késedelmes vagy túl hirtelen növelése a hajtómű és a forgószárny fordulatszámának csökkenéséhez vezet, egyes esetekben a hajtómű leállítását is okozhatja. Ekkor a vonóerő gyorsan csökken, a helikopter erősen merül, erős út— és keresztirányú kiegyensúlyozatlanság jelentkezik, ami igen durva leszállást eredményez, és a helikopter felborulásával is végződhet. Ezt a hátrányos tulajdonságot különösen akkor kell figyelembe venni, ha függésből újabb körre kell menni. Ezért a beállítási szöget a fordulatszám növekedésének megfelelő ütemben szabad csak növelni.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARNES W. MC CORMICK: Aerodynamics, aeronautics, and flight mechanics, Canada, 1995.
- [9] BÉKÉSI LÁSZLÓ: A multimédia alkalmazása az aerodinamika és a repülésmechanika tantárgyak oktatásában. Pályázati anyag, multimédia az oktatásban konferencia, 2001. május 30 – június 01. ZMNE, Budapest.
- [2] J. GORDON LEISMAN: Principles of Helicopter Aerodynamics 2 nd. Ed. Cambridge Aerospace series. 2006.
- [6] POKORÁDI László: Aerodinamika. I., II., III. főiskolai jegyzet, MH. Szolnoki Repülőti Főiskola, 1993.
- [8] ROMASZEVICS V.F- -SZAMOLJOV G.A.: Praktičeszkaja aerodinamika vertoljotov. Vojennoe izdatyelsztvo, Moszkva,1980.