

Műrepülő modellek beállítása

Benkő Attila
2006. március

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	2
2. Az ideális műrepülő modell viselkedése.....	3
3. Néhány érdekes jelenség.....	4
3.1. Hogyan repülhet a modell 0° állásszöggel?.....	5
3.2. Miért fordul szélirányba a modell függőleges egyenesekben?.....	6
3.3. Miért nem "hegyes" a műrepülő modellek szárnyának, vezérsíkjainak kilépője?.....	6
4. Egyensúlyi helyzetek elemzése.....	7
4.1. Bólintó nyomaték egyensúlya.....	7
4.1.1. Vízszintes repülés.....	8
4.1.2. Függőleges emelkedés.....	9
4.1.3. Függőleges zuhanás.....	9
4.1.4. Késrepülés.....	10
4.1.5. Bólintó nyomatékot befolyásoló hatások összefoglalása.....	11
4.2. Legyező nyomaték egyensúlya.....	11
4.2.1. Függőleges emelkedés.....	12
4.2.2. Legyező nyomatékot befolyásoló hatások összefoglalása.....	13
4.3. Orsózó nyomaték egyensúlya.....	13
4.3.1. Keresztirányú súlyponthelyzet hatása.....	13
4.3.2. Kormányfelek eltérő kitérésének hatása.....	13
4.3.3. Szárny V állás orsózó nyomatéka.....	13
4.3.4. Hátranyilazás orsózó nyomatéka.....	13
4.3.5. Orsózó nyomatékot befolyásoló hatások összefoglalása.....	14
5. A modell beállítása.....	14
5.1. Előzetes teendők.....	14
5.1.1. Statikus beállítás.....	14
5.1.2. Berepítés.....	15
5.1.3. Kormánykitérések beállítása.....	16
5.2. Beállítási feladatok, manőverek.....	16
5.2.1. Oldalkormány aerodinamikai középhelyzetének beállítása.....	16
5.2.2. Függőleges emelkedés oldalirányú beállítása.....	16
5.2.3. Bukfencbéli viselkedés beállítása.....	17
5.2.4. A függőleges egyenesek és késrepülés beállítása (fel-le irány).....	20
5.2.4. Az orsózás beállítása.....	22
6. Felhasznált irodalom, szoftverek.....	23

1. Bevezetés

Ezt a beállítási útmutatót elsősorban azoknak a modellezőknek ajánlom, akik szeretnék átlagon felüli precizitással műrepülni, és ehhez modelljüket beállítani. Nem elégszenek meg egy leegyszerűsített "recept" alapján történő trimmeléssel, hanem szeretnék megérteni, hogy a modell beállítása során mi miért történik. Ezért a konkrét javaslatok helyett a modell viselkedésének megértését helyezem előtérbe. Ha az összefüggéseket sikerül megérteni, akkor nincs többé trimelési "receptre" szükség, hanem a problémák lényegét meglátva önállóan lehet a megfelelő kompromisszumos beállítást megtalálni. Hangsúlyozom a beállítás kompromisszumkeresését! Ami bizonyos repülési helyzetekben javulást hoz, az más repülési helyzetekben ronthat. A beállítások során az optimális kompromisszumok megtalálása a cél, hogy a lehető legkevesebb kormánymozdulattal lehessen a modellt vezetni.

A kevesebb kormánymozdulat által több idő marad a korrekciók átgondolására és a figurák precíz kivitelezésére. Amíg a modell nincs tökéletesen beállítva, addig nem is érdemes műrepülni vele.

E modellező szakág egyik legfontosabb ismérve a precizitás és az igényesség. Ez nemcsak a repüléssel, hanem a modellel és a modell beállításával szemben is megnyilvánul. Fentiek tükrében egy jó műrepülőmodellt az alábbi ismérvek különböztetnek meg más repülőmodellétől:

- Aerodinamikailag kiváló konstrukció.
- Harmonikus vonalvezetés, igényes és jól látható festés, dekoráció.
- Igényes, csavarodásmentes és szimmetrikus építés, könnyű és erős anyagok alkalmazása.
- Kormányfelületek precíz, minimális hézagú vagy hézagmentes illesztése, zsanérozása, szorulás- és játékmentes működése.
- Hordfelületek tökéletesen szabályos, szimmetrikus elhelyezkedése. Szárnyak és vízszintes vezérsík tökéletesen merőlegesek a hossz tengelyre, a szárny és vízszintes vezérsík síkja párhuzamos és a függőleges vezérsík síkja erre merőleges. A függőleges vezérsík középvonala egybeesik a modell hossz tengelyével.
- A kormányfelületek alaphelyzetben középen állnak, nincs érzékelhető kitérés.
- Rengeteg precíz állítási lehetőség van a modellen. Ilyenek a motor le- és elhúztatás, szárnyfelek, csillapítófelek állásszög állítási lehetősége, rudazatok geometriájának precíz állítási lehetőségei. Természetesen a beállítható paramétereket be is kell állítani, erről szól ez az útmutató.
- A beállítások repülés közben nem változnak. A rudazatok merevek, a súlypont nem vándorol - üzemanyagtank súlypontban van elhelyezve.
- Minimalizált motorzaj, hangolt kipufogórendszer.
- Jó minőségű, megbízható fedélzeti elektronika és pontos szervók.

Minden későbbi beállításra vonatkozó megállapítás egy a fenti követelményeknek megfelelő modellre vonatkozik. Más modelleket nem lehet ilyen tökéletesen beállítani. A következő táblázatban az egyértelműség kedvéért összefoglaltam az általam használt fontosabb kifejezéseket:

A modell irányváltóztatása				
Tengely	Tengelyirányú stabilitás	Tengelyirányú forgás	Nyomaték	Kormány
Hossztengely: repülési iránnyal párhuzamos	keresztstabilitás	orsózó mozgás, csűrés, dőlés	orsózó nyomaték	csűrő
Kereszt tengely: szárny síkjával párhuzamos	hosszstabilitás	bólintó mozgás, felle mozgás	bólintó nyomaték	magassági kormány
Függőleges tengely: első kettőre merőleges	iránystabilitás	legyező mozgás, fordulás	legyező nyomaték	oldalkormány

2. Az ideális műrepülő modell viselkedése

Az egész beállítási folyamatnak az a lényege, hogy egy a modell műrepülés által igényelt ideális alap állapotot sikerüljön elérni. Ez a modell lehető legsemlegesebb viselkedését jelenti, mert akkor minimalizálható a szükséges kormányzás mértéke. Az alábbi táblázatban összegyűjtöttem a különféle repülési helyzetekben elvárt viselkedést.

Szituáció	Ideális viselkedés - szélcsendben
Vízszintes repülés	Beavatkozás nélkül tartósan egyenesen, csúszásmentesen, bedőlés nélkül repül.
Vízszintes háton repülés	Enyhe magassági kormány nyomással tartósan egyenesen, csúszásmentesen, bedőlés nélkül repül.
Függőleges emelkedés	Beavatkozás nélkül - a sebesség elfogyásáig - az egyenes függőleges pályát tartja, orsózó mozgás nincs.
Függőleges zuhanás	Beavatkozás nélkül az egyenes függőleges pályát tartja, orsózó mozgás nincs.
Késrepülés	Az oldalkormány mérsékelt kitérésével egyenesen repül, sem a keresztengely, sem a hosszengely körül nem fordul el.
Bukfenc	Állandó sebességű folyamatos bukfeneket - csak gázadagolással és magassági kormány szinte helyben tartásával - végezve a modell nem dől meg a hosszengelye körül, a repülés síkja nem változik (nem spirál a pálya).
Orsó	Orsózás közben a modell kizárólag a hosszengely körül forog, a hosszengely a repülési iránnyal végig egybeesik.
Dugóhúzó	A modell lelassulás után sem dől el semelyik irányba, a dugóhúzó irányát az oldalkormány kitérés szabja meg. A magassági kormánnyal még kis sebesség esetén is könnyen megemelhető marad a modell orra.
Kormányok egymásra hatása	A kormányok függetlenek, egy kormány kitérése nem hat a többi kormány által vezérelt mozgásokra, nem igényel más kormánnyal korrigálást.

Mivel repülés közben sebességfüggő aerodinamika erők tartanak sebességtől független erőkkel egyensúlyt, ezért az ideális viselkedés eléréséhez van még egy fontos, a pilótával szemben támasztott kritérium. Nevezetesen az, hogy meg kell tanulnia közel azonos sebességgel repíteni a modellt minden repülési helyzetben. Ez a sebesség pedig nem más, mint a függőleges zuhanás sebessége, ezt ugyanis csak korlátozott módon tudjuk befolyásolni, például a propeller megválasztásával. A sebességfüggetlen beállítás további követelménye a súlypont lehető leghátsó helyzete és az egyensúly fenntartásához szükséges kormányerők minimalizálása.

A beállítási folyamatot a repülési állapotok egyensúlyi helyzetének megvizsgálása és megértése után tudjuk megtervezni. De előtte néhány alapvető aerodinamikai fogalmat, problémát kell tisztázni.

3. Néhány érdekes jelenség

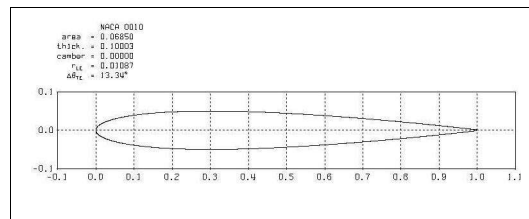
Ebben a fejezetben néhány általam érdekesnek tartott (és fontos) problémára, jelenségre szeretném az olvasó figyelmét felhívni. Ezek megértése azonban egy kis fizika alaptudást igényel főleg mechanika, aerodinamika területén. Nem bonyolult dolgokról lesz szó, de minimum általános iskolai szintű tudás azért kell hozzá. Persze bízom benne, hogy aki a repülőmodell beállításával foglalkozik, azért tudja mitől is repül egy repülő...

De ha mégsem ismertek az aerodinamika törvényei, akkor ennek megismerésére nagyon jó, érthető források állnak rendelkezésre, pl. Benedek György munkái, amiket interneten is meg lehet találni. A lenti táblázatokban csupán néhány, a továbbiakban fontos fogalom referenciáját adom meg. A fogalmak pontos magyarázata megtalálható a táblázat láblécében megadott internetes oldalon.

Fontosabb összefüggések		
Reynolds szám:	$R = \frac{vt}{\nu} \sim \text{érték levegőre: } R = 70000 vt$	v : sebesség $[\frac{m}{s}]$
Oldalviszony:	$\lambda = \frac{A}{b^2}$	t : profil húrhossz $[m]$ A : felület $[m^2]$ b : fesztávolság $[m]$
Felhajtóerő:	$F_l = C_l \frac{\rho}{2} v^2 A$	ρ : levegő sűrűség $1,25 [\frac{kg}{m^3}]$
Alaki ellenállás:	$F_d = C_d \frac{\rho}{2} v^2$	C_l : felhajtóerő tényező C_d : ellenállás tényező
Indukált ellenállás:	$F_i = C_i \frac{\rho}{2} v^2 A$, ahol $C_i = \frac{C_l^2}{\pi} \lambda (1 + \delta)$	δ : alaki tényező τ : alaki tényező
Indukált állásszög:	$\alpha_i = \frac{C_l}{\pi} \lambda (1 + \tau)$	
Forrás: Benedek György: A modellrepülés elmélete http://www.cavalloni.hu/2000_2/repuleselmelet.htm		

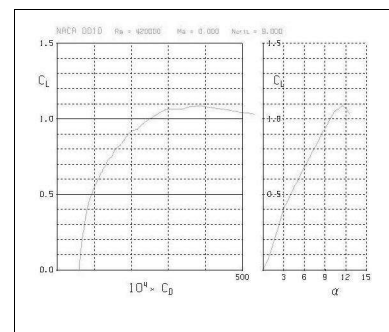
A műrepülő modell szárnyprofiljának kiválasztását két alapvető tényező határozza meg:

- a háton repülési tulajdonságainak meg kell egyeznie a normál repülés közbeni tulajdonságokkal, hiszen egy műrepülő program során akár még több is lehet a háton repülés a normál repülésnél.
- a profilnak határozottan, nem túl nagy állásszögnél át kell esnie a szép dugóhúzó és dobott orsó kivitelezéshez



E két követelménynek a vékony szimmetrikus szárnyprofilok felelnek meg. A vékony (~10% vastagságú), hegyesebb profilok kisebb kritikus állásszögnél esnek át mint a vastag, jobban lekerekített belépőélű profilok.

Egy tipikus műrepülő profil az ábrán látható NACA0010 is. A profilon különböző állásszögeknél keletkező felhajtóerőt és alaki ellenállást a profil diagramjaiból lehet megállapítani. A bal oldali C_l - C_d diagramot polárdiagramnak nevezik, és a felhajtóerő-légellenállás összefüggését mutatja. A jobb oldali diagram a felhajtóerő állásszögtől való függését mutatja. A diagramok a szárnytőre, leszállási sebességre készültek, a Reynolds szám = 420000.



A diagramokon jól látszik az átesés, a kritikus 12° állásszög elérése után lecsökken a profil által termelt felhajtóerő és az ellenállás drasztikusan megnövekszik. A kritikus állásszög eléréséig a keletkező felhajtóerő közel egyenesen arányos az állásszöggel.

A fenti diagramok Mark Drela professzor XFOIL programjával készültek, mely szabadon letölthető a <http://raphael.mit.edu/xfoil/> internet oldalról.

A következő táblázatban egy tipikus 2m-es műrepülő modell repülési paramétereit foglaltam össze. A számszerű értékekre a különböző jelenségek megmagyarázásához lesz szükség. A sebesség értékek tapasztalati értékek, a többi változó mind a sebesség függvénye, kiszámításukhoz a fenti táblázat és diagramok nyújtanak segítséget.

Tipikus műrepülő modell paramétere		
<i>m</i> = 5 kg (tömeg) <i>l</i> = 2 m (hossz) <i>b</i> = 1,9 m (fesztáv) <i>A</i> = 0,6 m ² (szárnyfelület) <i>t</i> = 0,5 m (szárnymélység tőben) <i>λ</i> = 0,17 (szárnyoldalviszony) <i>δ</i> = 0,05 (alaki tényező – táblázatból) <i>τ</i> = 0,16 (alaki tényező – táblázatból)		
Konstrukció függő paraméterek:		
Paraméter	Utazó sebességen	Leszállási sebességen
Sebesség	$v = 30 \frac{m}{s}$	$v = 12 \frac{m}{s}$
Reynolds szám (szárnytőben)	$R = 1050000$	$R = 420000$
Reynolds szám (vízszintes vezérsík tőben)	$R = 420000$	$R = 168000$
Felhajtóerő tényező $C_l = \frac{2 F_l}{\rho v^2 A}$	$C_l \approx 0,15$	$C_l \approx 0,9$
Szárny állásszög vízszintes repüléshez	$\alpha \approx 1,1^\circ$	$\alpha \approx 8,5^\circ$
Indukált állásszög	$\alpha_i \approx 0,5^\circ$	$\alpha_i \approx 3,2^\circ$

3.1. Hogyan repülhet a modell 0° állásszöggel?

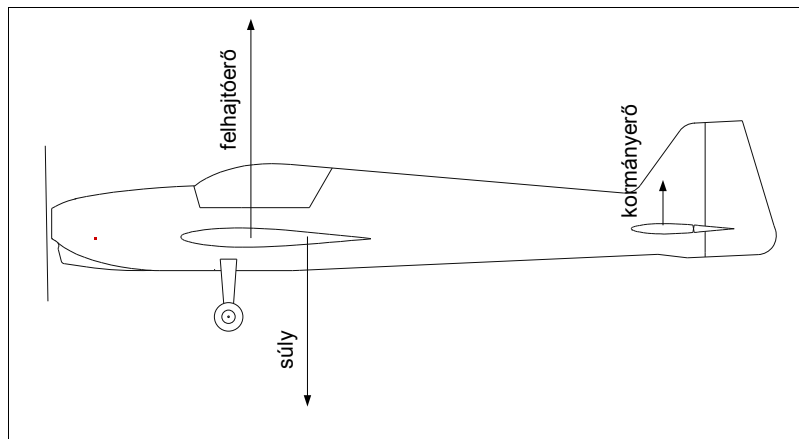
A tipikus műrepülő modell szárnya és vízszintes vezérsíkja a hossz tengelyhez képest egyaránt 0° állásszöggel helyezkedik el. A fenti táblázatból azonban látható, hogy utazósebességen a szárnynak kb. 1°-os állásszöget kell adni a megfelelő felhajtóerő termeléséhez. Mégis hogyan maradhat levegőben a modell ha 0° állásszöggel építjük?

Tekintsünk most el a motor húzóerő és a légellenállás hatásától (ez megfelel a siklás álló motorral esetnek), és vizsgáljuk meg a szárnyon és vízszintes vezérsíkon keletkező erők egyensúlyát.

A vízszintes repüléshez a szárnynak ~1° állásszög kell a megfelelő felhajtóerő termeléséhez. A felhajtóerő ellenhatásaként a szárny mögött az áramlás lefelé kitér az indukált állásszög mértékével, ami ebben az esetben ~0,5°. Ez az eltérített áramlás éri el a vízszintes vezérsíkot. Ezáltal a vízszintes vezérsík állásszöge 0,5°-kal csökken. Az erők meghatározásához vegyük figyelembe, hogy a vízszintes vezérsík felülete a szárny felületének kb. 25%-a. A felhajtóerő tényező-állásszög arányt tekintsük lineárisnak (v. ö. fenti diagram).

Egyensúly 0/0 szög beállítása esetén:

- Szárny áramláshoz viszonyított állásszöge: $\alpha_{sz} \approx 1^\circ$
- Vízszintes vezérsík eltérített áramláshoz viszonyított állásszöge: $\alpha_{vw} \approx 0,5^\circ$



- A magassági kormányon keletkező felhajtó erő, kormányerő a szárny felhajtóerejéhez viszonyítva:

$$F_{lv} \approx 0,25 \cdot 0,5 \cdot F_l$$

a 0,25-ös szorzó azért, mert a felülete a szárnyfelület 25%-a
a 0,5-ös szorzó azért, mert az állásszöge a szárny állásszög fele

- Súlypont helyzetet a súlypontra felírt nyomatéki egyensúlyból:

$$x_{sp} F_l = (x - x_{sp}) F_{lv}$$

$$x_{sp} \approx 0,11 \cdot x$$

x_{sp} : a felhajtóerő – súlypont távolság

x : felhajtóerő és kormányerő távolsága

ez kb. 110 mm súlypont hátratólást jelent a felhajtóerő támadáspontjához képest tipikus műrepülő modellünk esetében. Ebben az esetben a modell egyensúlyban van továbbá egyformán viselkedik normál és háton repülésben, azaz nem kell a háton repülésben magassági kormányt nyomni a vízszintes repüléshez.

Ilyen mértékben hátratólt súlypont azonban már hosszstabilitási problémákat okoz, ezért a súlypontot ennél előbbre kell beállítani. Ekkor a nyomatéki egyensúly fenntartásához csökkenteni kell a kormányerőt, amit a szárnyhoz képest kis mértékű negatív állásszög beállításával ($0,5^\circ$ állításnál már 0-ra csökken a kormányerő!), vagy magassági kormány trimm húzással lehet elérni. Egyébként sem szeretjük a nagy kormányerőket, ahogyan a 2. pontban már bemutattam.

A tanulság: 0/0 állásszöggel épített modell mindig húzott magassági trimmet igényel a vízszintes repüléshez.

3.2. Miért fordul szélirányba a modell függőleges egyenesekben?

Az ábra segítségével mindenki megértheti, hogy a modell miért fordul be az oldalszél irányába függőleges emelkedés közben.

A képen a függőleges emelkedés két fázisa látható. A modell nagy sebességgel függőleges emelkedésbe kezd, és oldalszélre korigálva függőleges pályán emelkedik. A sebesség csökkenésével mozgása továbbra is függőlegesen folytatódik, de a pálya irányához képest a relatív szélirány folyamatosan az oldalszél irányába fordul. A modell a függőleges tengelye körül stabil, azaz befordulni igyekszik a szél irányába (mint a szélkakas). Ezért a sebesség csökkenésével egyre jobban ráfordul az oldalszélre.

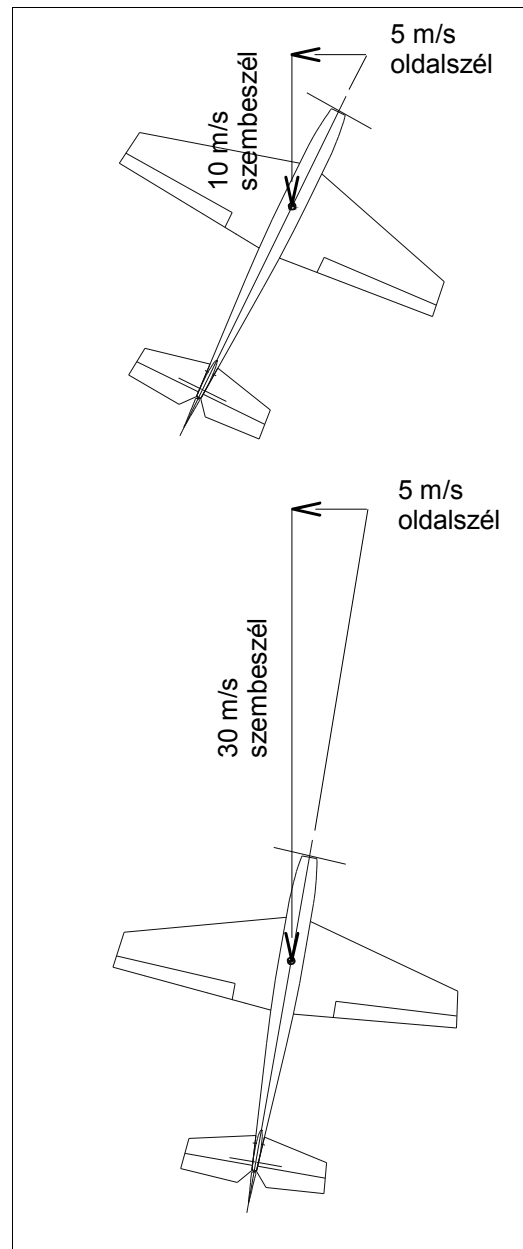
A tanulság:

- A függőleges emelkedés trimmeléséhez oldalszél mentes körülményeket kell választani, másképp az oldalszél meghamisítja a megfigyeléseket.
- Legyezőfordulót az oldalszélre fordulva mindig könnyebb csinálni.
- Az ellenkező irányú legyező fordulóra előre fel kell készülni, de a modell sodródni fog.

3.3. Miért nem "hegyes" a műrepülő modellek szárnyának, vezérsíkjainak kilépőele?

A műrepülőmodellek szárnyának, vezérsíkjainak kilépőele általában 3-4mm vastagságú szokott lenni, kerülük a hegyes kialakítást. Azt szokták mondani, hogy jobban tartja az egyenest ebben az esetben a modell. De nézzük meg ezt a kérdést egy kicsit alaposabban.

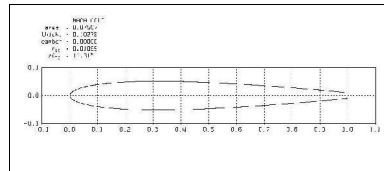
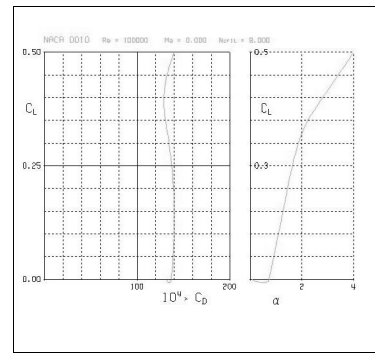
A probléma az alacsony Reynolds szám tartományban jelentkezik. A következő diagramon jól látszik, hogy $Re=100000$ esetén (pl. vízszintes vezérsík vége leszállási



sebességen) a 0° körüli állásszögtartományban rendellenesség tapasztalható (v. ö. 3. pont $Re=420000$ diagram). A felhajtóerő nem nő, hanem csökken az állásszög növelésével! Ez elrontja az alacsony sebességű hosszstabilitást. Nem nehéz elképzelni mennyire kellemes egy olyan modellel leszállni, amelyik alacsony sebességen elkezd "bukdácsolni". A jelenséget a profilról leváló áramlás hatása okozza.

A probléma megoldásának egyik módszere a kilépőél vastagságának növelése. Ha megvastagítjuk a kilépőélet, mint ahogy a következő módosított NACA0010 profilnál ezt megtettem, akkor a diagramokból látható, hogy lényeges javulást érhetünk el.

Tanulság: ne legyen hegyes a kilépőél, mert meglepetések érhetnek bennünket.



4. Egyensúlyi helyzetek elemzése

Tételezzük fel, hogy modellünk ideálisan, azaz a 2. pontban felsorolt elvárások szerint viselkedik az éppen vizsgált repülési helyzetben. A következőkben figyeljük meg, hogy a különböző állítási lehetőségek hatására hogyan fog a viselkedése az ideálistól eltérni. Ezeket a megfigyeléseket az egyensúlyi helyzetek megzavarásával tehetjük meg.

Természetesen a megzavart helyzet egy másik állítási lehetőség változtatásával ismét egyensúlyba hozható, de ezzel egyelőre ne foglalkozunk, csak az állítási lehetőségek hatásait vizsgáljuk külön-külön. Továbbá ne foglalkozunk a változtatás másik repülési helyzetre gyakorolt hatásával sem. Tehát ha például a súlyponthelyzet hatását vizsgáljuk függőleges zuhanásban, akkor azt ne vegyük figyelembe, hogy a vízszintes repüléshez a modell magassági kormány trimmjét állítani kell! Kizárólag egyetlen változtatás hatásával foglalkozunk az adott repülési helyzetben.

A nyomatók vizsgálatánál a hatások annyira egyértelműek, hogy nyomatóki egyenletek felírását nem tartom szükségesnek. Ha esetleg mégsem ennyire egyértelmű, akkor javasolom a modellt egy a súlypontjában alátámasztott libikókának elképzelni, így az erőváltozások hatására bekövetkező billenéssel már könnyebb megérteni a változások hatását.

Az egyensúlyi helyzetek elemzésénél csak a módosítható paraméterek hatását vizsgálom. Nem cél egy pontos aerodinamikai vagy mechanikai modell létrehozása, így ezek az ábrák csak a modell általam fontosnak tartott erőviszonyait tartalmazzák. A valódi egyensúlyi helyzet meghatározásához sokkal pontosabb elemzés szükséges. Ezek az egyszerű ábrák csupán a változás irányát képesek szemléltetni, az ábrákon szereplő erők nem elegendők az egyensúly fenntartásához! Az sem biztos, hogy az ábrán szereplő erők iránya a valóságot tükrözi. A konstrukciós megoldások hatását sem vizsgálom, mivel a modell beállítása során azok már nem változhatnak.

4.1. Bólintó nyomaték egyensúlya

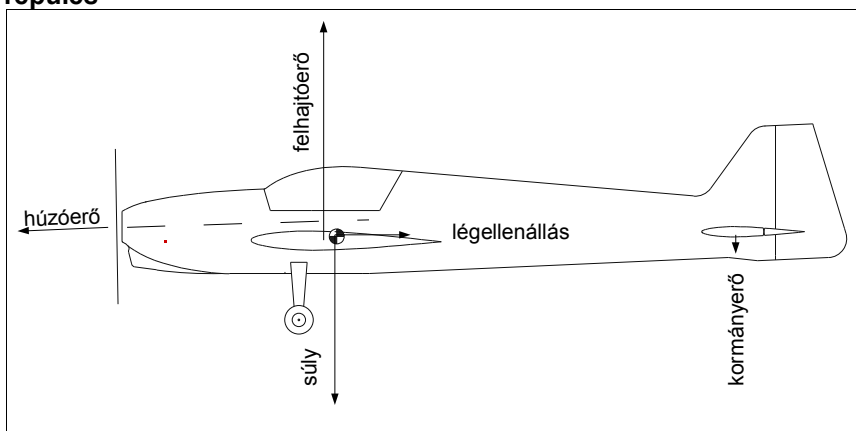
A bólintó nyomaték egyensúlyának megzavarásához a következő lehetőségeink vannak:

- A modell súlyponthelyzetének hosszirányú (előre-hátra) változtatása: a súlypont közvetlen hatása a vízszintes repülésben jelentkezik, amikor is a súlypont előretolásával a felhajtóerő közelebb kerül a forgásponthoz, ezáltal csökken a modell orrát emelő hatása, azaz a modell orra lefelé billen. (4.1.1.)
- A magassági trimm / állásszög változtatása: a trimm húzása egyenértékű az állásszög csökkentésével (kilépőél felfelé mozdul), tehát a vezérsíkon keletkező kormányerő egyre jobban lefelé hat. Ez a modell orrát felfelé billenti minden repülési helyzetben. (4.1.1. - 4.1.4.)
- A lehúztatás változtatása: a lehúztatás növelésével nő a húzóerő függőlegesen lefelé mutató komponense ami a modell orrát lefelé billenti azokban a repülési helyzetekben, ahol húzóerőre van szükség. (4.1.1., 4.1.2., 4.1.4.)
- A modell hossz tengelyének változtatása: a modell repülés közben elfoglalt helyzetét változtatjuk, a vízszintes vezérsíkot emelhetjük-süllyeszthetjük a szárnyhoz képest ha egyszerre növeljük illetve csökkentjük a szárny és vízszintes vezérsík állásszögét. Ennek az állítási lehetőségnek nagyon minimális a bólintónyomatékra gyakorolt hatása, ezért csak a késrepülésben érezhetjük, ahol a modell repülés

közben elfoglalt helyzete az ellenállás támadáspontjának hátra kerülése miatt jobban dominál. (4.1.4.)

- **A rádió programozása:** a különböző mixelési funkciókkal a modell látszólagos tulajdonságait változtatjuk, ne feledjük azonban, hogy ezek a funkciók a modellünktől aerodinamikailag teljesen függetlenek, így a repülési helyzettől függően mellékhatásokat is okozhatnak.

4.1.1. Vízszintes repülés



Vízszintes repülésben a modell egyensúlyának kialakításában mind az öt fő erő erőteljes módon részt vesz, a modell súlya, a felhajtóerő, a kormányerő, a légellenállás és a húzóerő. A húzóerő irányát (lehúztatás), a kormányerő nagyságát (magassági trimm/állásszög) és a modell súlyának támadáspontját (súlyponthelyzet) tudjuk változtatni. Mivel a modell a súlypontja körül fordul, érdemes a fent felsorolt erők súlypontra vonatkoztatott nyomatékát vizsgálni. Magassági kormány trimm húzás esetén - ami egyenértékű a vízszintes vezérsík állásszögének csökkentésével, a kilépő felfelé mozdul - a kormányerő jobban lefelé hat, tehát a modell orra felfelé billen. A súlypont változtatása esetén a legnagyobb mértékben a felhajtóerő nyomatéka változik (mivel relatív módon az mozdul a legtöbbet, mert közel van a súlyponthoz), súlypont hátrátolás esetén a modell orra felfelé billen. A lehúztatás növelése esetén a modell orra lefelé billen.

Bólintó nyomaték változása vízszintes repülésben			
Paraméter	Változás	+G irány (orr fel)	-G irányú (orr le)
Magassági kormány trimm/ vízszintes vezérsík állásszög	húz / csökken ↓ --- ↑	X	-
	nyom / nő ↑ --- ↓	-	X
Motor lehúztatás	nő	-	x
	csökken	x	-
Súlypont helyzet hosszirányban	hátra	X	-
	előre	-	X
Megjegyzés:	<ul style="list-style-type: none"> • "-" : nincs változás • "x" : kis változása • "X" : nagy változtatás 		

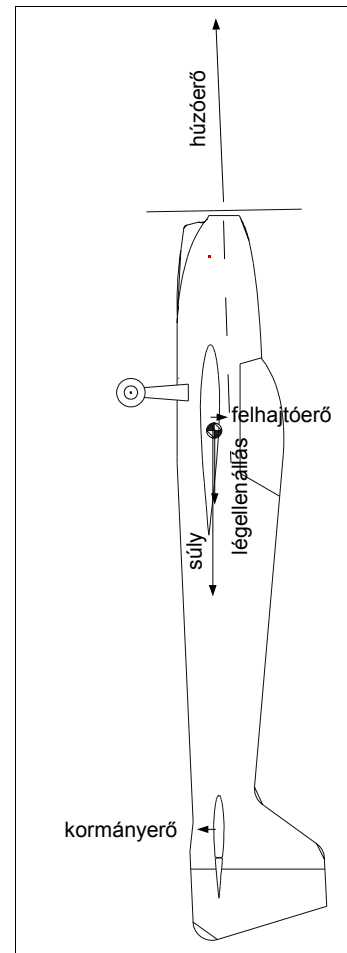
A súlypont helyzet hatással van a modell hosszstabilitására és átesési hajlamára. Ennek megállapítására vizsgáljuk az utazósebességre kitrimmelt modell bólintó nyomaték változását a sebesség függvényében.

- előretolt súlyponthelyzet: utazósebességen nagyobb magassági trimmet kell adni az egyensúly beállításához. Alacsony sebességnél a nagy magassági trimm elveszti a hatásosságát (sebességfüggő a trimmelés), így a modell orra lefelé billen, ami csökkenti a magassági kormányal létrehozható a modell orrát emelő hatást, ezzel együtt az átesési hajlamot.
- hátrátolt súlyponthelyzet: utazósebességen kisebb magassági trimmet kell adni az egyensúly beállításához. Minél kisebb a trimm, annál kevésbé sebességfüggő az egyensúly, így alacsony sebességen is hatásosan lehet a magassági kormányal a modell orrát emelni, nő az átesési hajlam.

4.1.2. Függőleges emelkedés

Függőleges emelkedésben a felhajtóerő (majdnem) megszűnik, a húzóerő azonban jelentősen megnő a vízszintes repüléshez képest. Ezáltal a felhajtóerő által okozott súlyponthelyzet függő nyomaték nem befolyásolja az egyensúlyt. A lehúzatás hatása viszont jelentősen megnő a megnövekedett húzóerő igény miatt.

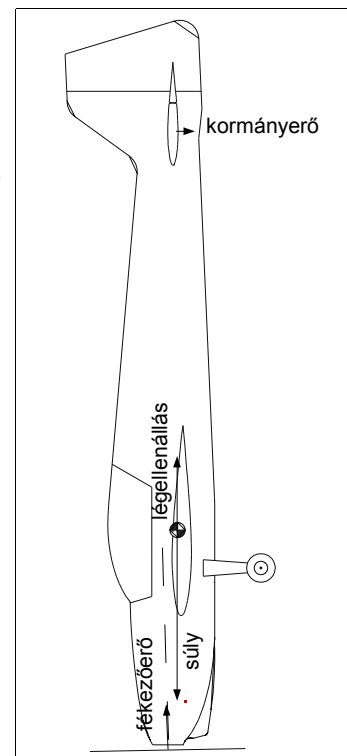
Bólintó nyomaték változása függőleges emelkedésben			
Paraméter	Változás	+G irány (orr fel)	-G irányú (orr le)
Magassági kormány trimm/ vízszintes vezérsík állásszög	húz / csökken ↓ --- ↑	X	-
	nyom / nő ↑ --- ↓	-	X
Motor lehúzatás	nő	-	X
	csökken	X	-
Megjegyzés:	<ul style="list-style-type: none"> • "-": nincs változás • "x": kis változása • "X": nagy változtatás 		



4.1.3. Függőleges zuhanás

Vízszintes repüléshez képest a függőleges zuhanásban a felhajtóerő (majdnem) megszűnik, a húzóerő pedig átalakul egy lényegesen kisebb fékezőerővé. Ezáltal az egyensúlyi helyzetet sem a súlyponthelyzet, sem a lehúzatás változtatása nem befolyásolja. A zuhanási egyensúly korrigálásához az alapjáraton magassági kormány mixet használhatjuk még, hiszen alapjáraton nem okozunk a megváltoztatott magassági kormány trimmel más repülési helyzetekben nem kívánt mellékhatást. Bővebben lásd az 5.2.4. pontban.

Bólintó nyomaték változása függőleges zuhanásban			
Paraméter	Változás	+G irány (orr fel)	-G irányú (orr le)
Magassági kormány trimm/ vízszintes vezérsík állásszög	húz / csökken ↓ --- ↑	X	-
	nyom / nő ↑ --- ↓	-	X
Gáz-magassági kormány mix	húz	X	-
	nyom	-	X
Megjegyzés:	<ul style="list-style-type: none"> • "-": nincs változás • "x": kis változása • "X": nagy változtatás 		



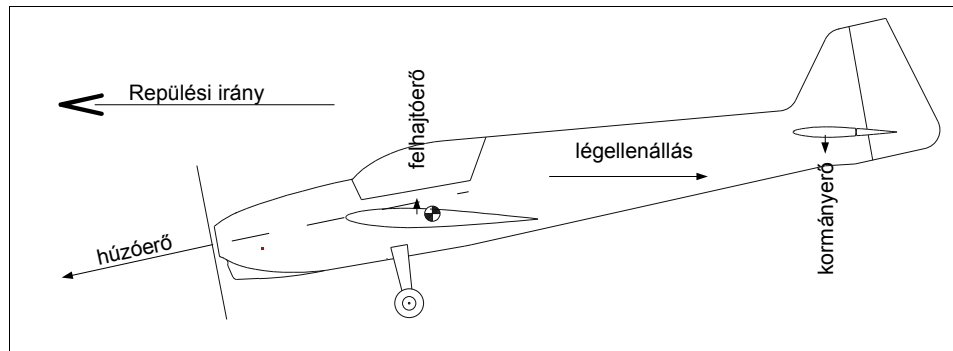
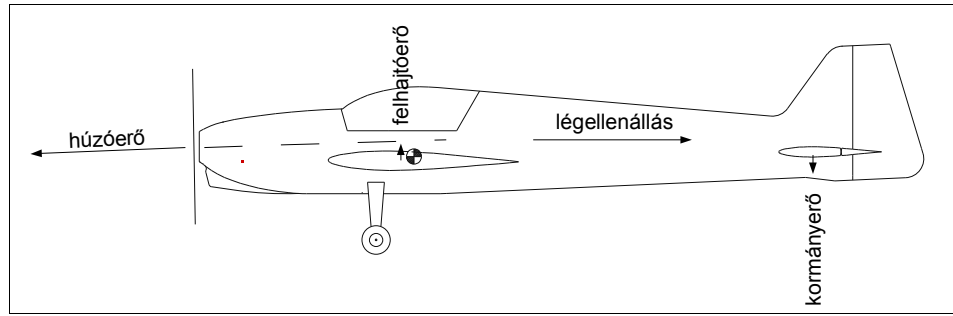
4.1.4. Késrepülés

Vízszintes repüléshez viszonyítva a szárnyon a felhajtóerő (majdnem) megszűnik, viszont a modell súlyával a törzsen keletkező és a szárny síkjába eső felhajtóerő tart egyensúlyt, így a törzs alakú és indukált ellenállása dominál! Ez az ellenállás nagyobb is mint

a vízszintes repülésben keletkező ellenállás, hisz a törzs elsődleges célja nem a felhajtóerő termelése. Emiatt a húzóerő igény is nagyobb lesz, ezáltal a lehúzatás hatása is erőteljesebb.

Mivel a légellenállás támadáspontja a vízszintes repüléshez képest hátra kerül, emiatt egy új tényező is befolyásolja az egyensúlyi helyzetet, a légellenállás hatásvonalának a súlyponttól mért távolsága. A fenti ábra nagyon felnagyított módon világít rá ennek hatására. Az ábrán

látható, hogy a húzóerő, felhajtóerő, kormányerő súlypontra számított nyomatéka szinte változatlan, de a légellenállás nyomatéka a modell orrát jobban igyekszik felfelé billenteni az alsó ábrán, hiszen szemmel láthatóan messzebb került a légellenállás hatásvonala a súlyponttól (ami a forgáspont).



Bólintó nyomaték változása késrepülésben			
Paraméter	Változás	+G irány (orr fel)	-G irányú (orr le)
Hossztengely változás (szárny és vízszintes vezérsík állásszög együtt)	nő ↑ --- ↓	x	-
	csökken ↓ --- ↑	-	x
Magassági kormány trimm/ vízszintes vezérsík állásszög	húz / csökken ↓ --- ↑	X	-
	nyom / nő ↑ --- ↓	-	X
Motor lehúzatás	nő	-	x
	csökken	x	-
Megjegyzés:	<ul style="list-style-type: none"> • "-" : nincs változás • "x" : kis változása • "X" : nagy változtatás 		

4.1.5. Bólintó nyomatókot befolyásoló hatások összefoglalása

Állítási lehetőség	Hatása, célja
Súlypont helyzet hosszirányban	Hosszstabilitás változás <ul style="list-style-type: none"> • előretolással nő -> nehezebb dugóhúzóba vitel • hátratulással csökken -> könnyebb dugóhúzóba vitel Magassági kormány trimm változás <ul style="list-style-type: none"> • előretolás esetén a trimm jobban húzott • hátratulás esetén a trimm kevésbé húzott
Motor lehúztatás	Függőleges emelkedés pályájának iránya <ul style="list-style-type: none"> • nagyobb lehúztatás -> a pálya elhajlás negatív G irányba változik • kisebb lehúztatás -> a pálya elhajlás pozitív G irányba változik Magassági kormány trimm kismértékű változása <ul style="list-style-type: none"> • nagyobb lehúztatás esetén a trimm jobban húzott • kisebb lehúztatás esetén a trimm kevésbé húzott
Gáz-magassági kormány mix	Alapjáraton alkalmazunk magassági kormány kitérést a függőleges zuhanás pályájának más módon nem kezelhető korrigálásához.
Vízszintes vezérsík állásszög	Magassági kormány trimm változás - alaphelyzetbe állítás
Vízszintes vezérsík elcsavarása	Késrepülés pályáját aszimmetrikussá teszi, mivel az egyik fél a törzs örvényterében van.
Magassági kormány trimm	Változtatja minden repülési manőver pályáját.
Hossztengely változás (szárny és vízszintes vezérsík állásszög együtt)	Megváltoztatja a gép farkának a szárnyhoz viszonyított helyzetét. A késrepülésben okoz változást. <ul style="list-style-type: none"> • állásszög növelés: a gép farka emelkedik a szárnyhoz képest, késrepülés pályája pozitív G irányba változik • állásszög csökkentés: a gép farka süllyed a szárnyhoz képest, késrepülés pályája negatív G irányba változik
Csűrők egyirányú eltérítése a középhelyzetből	Szárny állásszög változáshoz hasonló a hatása, lásd hosszstengely változás.
Oldalkormány-magassági kormány mix	A nem megfelelő törzs és oldalkormány geometria miatti oldalkormány (+csúszás) által kiváltott bólintónyomatók korrigálása.

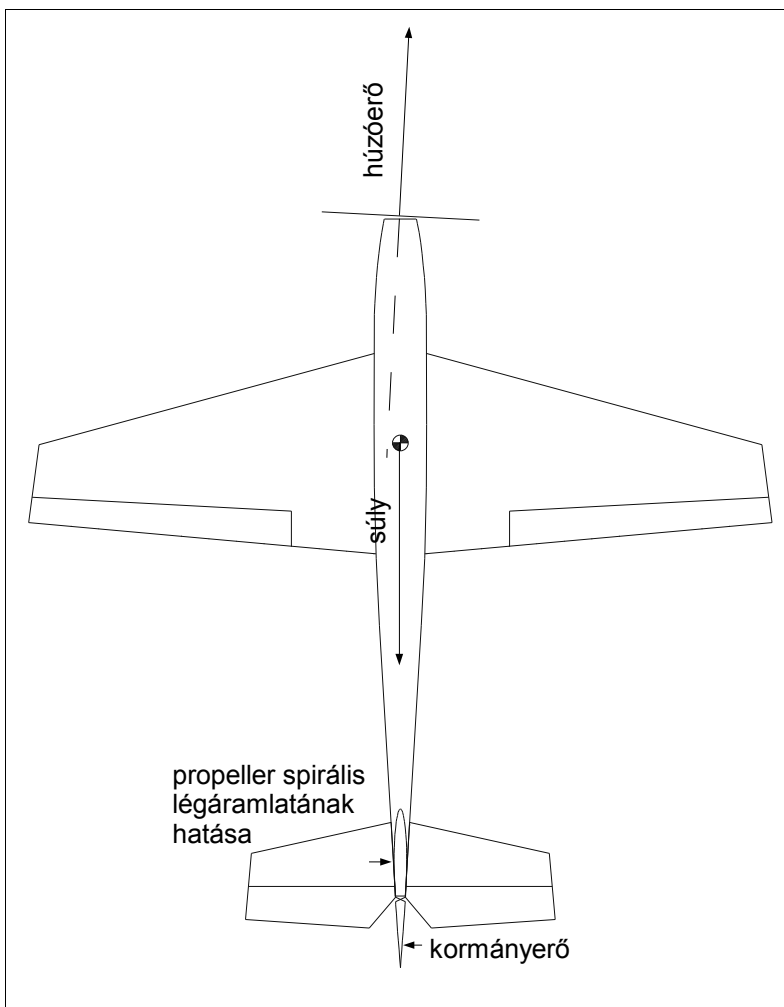
4.2. Legyező nyomatók egyensúlya

A legyező nyomatók kapcsán két hatást érdemes megemlíteni.

- A propeller által keltett spirális légáramlat: a propeller hajtásához szükséges nyomatók ellenhatásaként a propeller által keltett légáramlat spirális mozgást végez. Ez a törzsbe ütközve legyező nyomatókot hoz létre, mely konstrukciótól függő mértékben balra fordítja a modellt.
- A magassági kormányfeleken és a csűrőkön kormányzás közben keletkező felhajtóerő ellenállás növekedést okoz (alaki és indukált ellenállás). Ha ez az ellenállás növekedés nem szimmetrikus - például eltérő kormánykitérések, eltérő kormány méret, stb. - akkor ez is legyezőnyomatókot hoz létre. Ezeknek a hatása egyszerűen megérthető, ezért csak az összefoglaló táblázatba sorolom fel.

4.2.1. Függőleges emelkedés

A képen jól látszik, hogy erők egyensúlyához hiányzik egy balra ható erő, még ha a nyomatékok egyensúlyban is vannak. Ez a modell csúszását fogja okozni azaz nem a hossz tengelye irányában fog repülni, hanem azzal kis szöveget bezárva, oldalazva.



Legyező nyomaték változása függőleges emelkedésben			
Paraméter	Változás	Legyező nyomaték jobbra	Legyező nyomaték balra
Motor jobbra húzása	nő	X	-
	csökken	-	X
Oldalkormány trimm jobbra	nő	X	-
	csökken	-	X
Megjegyzés:	<ul style="list-style-type: none"> • "-" : nincs változás • "x" : kis változása • "X" : nagy változtatás 		

4.2.2. Legyező nyomatókat befolyásoló hatások összefoglalása

Állítási lehetőség	Hatása, célja
Motor jobbra húzatás	A propeller által keltett spirális áramlás legyező nyomatókának kompenzálása Túl nagy (>2,5°) elhúzatás folyamatos oldalazó repüléshez vezetethet.
Gáz-oldalkormány mix	Közepes gázhoz (vízszintes repülés) a jobbra húzatást állítjuk be, míg a teljes gázhoz (függőleges emelkedés) által igényelt +jobbra húzatás helyett oldalkormány kitérést alkalmazunk a felső teljesítménytartományban. Így kiküszöbölhető a túlzott jobbra húzatás miatti oldalazó repülés.
Csűrő differenciálás	Változik a csűrők ellenállása, ez legyező nyomatókat hoz létre, a gép nem tengely körül orsózik
Vízszintes vezérsík elcsavarása	Pozitív illetve negatív G-s manőver esetén az eltérő ellenállás ellenkező irányú legyező nyomatókat hoz létre.
Magassági kormányfelek eltérő alaphelyzete	Pozitív illetve negatív G-s manőver esetén az eltérő ellenállás ellenkező irányú legyező nyomatókat hoz létre.
Magassági kormányfelek eltérő kitérése	A jobban kitérő kormányfél nagyobb ellenállása legyező nyomatókat hoz létre
Oldalkormány alaphelyzet	Dugóhúzóba mindig az eltérés irányába esik be. Váltott irányú fordulóknál a modell az eltérés irányában túldől.

4.3. Orsózó nyomatók egyensúlya

4.3.1. Keresztirányú súlyponthelyzet hatása

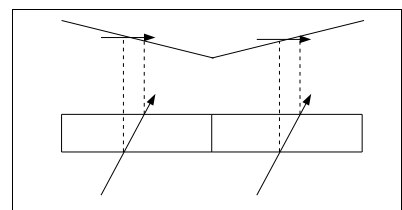
Talán szemléltető ábra nélkül is könnyű elképzelni, hogy ha a súlyponthelyzet keresztirányban balra eltér a felhajtóerő támadáspontjától (ami a hossz tengelyen van) akkor a +G-s terhelés esetén balra csűrő (felhajtóerő a súlypont jobb oldalán felfelé hat), -G terhelés esetén jobbra csűrő (felhajtóerő súlypont jobb oldalán lefelé hat) nyomatók keletkeznek. Jobbra eltérő súlyponthelyzetnél pedig pont fordítva hatnak a nyomatók.

4.3.2. Kormányfelek eltérő kitérésének hatása

Az sem igényel különösebb magyarázatot, hogy, ha nem egyforma a magassági kormányfelek kitérése, akkor csűrőként is funkcionálnak.

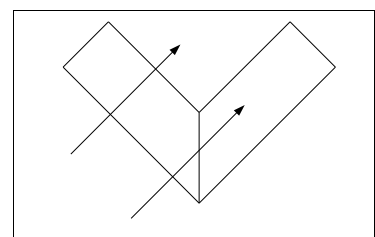
4.3.3. Szárny V állás orsózó nyomatóka

Abban az esetben, ha a modell szárnya V állással rendelkezik, a modell csúszása orsózó nyomatókat hoz létre. Pozitív V állás (a szárnyvégek magasabban vannak) esetén a csúszás irányába eső szárnyfél állásszöge megnő, (az áramlás irányából nézve a belépő magasabbra kerül, a kilépő pedig alacsonyabbra, mivel nem vízszintes a szárny) a másik szárnyfél állásszöge pedig lecsökken. Ez felhajtóerő különbséget, azaz orsózó nyomatókat eredményez. Ez a nyomatók a csúszás irányával ellentétesen hat (jobbra csúszik, balra dől). Negatív V állás (például háton repülés) esetén a nyomatók iránya az előzőekhez képest megfordul.



4.3.4. Hátranyilazás orsózó nyomatóka

Ha a modell szárnya hátranyilazott, akkor a csúszás hatására orsózó nyomatók jöhetnek létre. Az ábráról látható, hogy szélsőséges esetben az egyik szárnyfélen egyáltalán nem keletkezik felhajtóerő. Viszont felhajtóerő különbség csak akkor alakul ki, ha a szárny állásszöggel repül. Így a hátranyilazásnak késrepülésben nincs hatása! Mindig a csúszás irányába eső szárnyfélen keletkezik nagyobb felhajtóerő, függetlenül, hogy talpon, vagy háton repül a modell. Így vízszintes repülésben mindig a csúszás irányával ellentétes csűrőnyomatók keletkeznek (jobbra csúszik, balra dől).



4.3.5. Orsózó nyomatókat befolyásoló hatások összefoglalása

Állítási lehetőség	Hatása, célja
Súlyponthelyzet keresztirányban	Ellentétes csűrő trimm +G illetve -G terhelés esetén
Szárnyfelek elcsavarása	Csűrő trimm változása - alaphelyzet beállítás
Magassági kormányfelek eltérő alaphelyzete	G terheléstől független csűrőnyomatókat hoz létre
Magassági kormányfelek eltérő kitérése	A jobban kitérő kormányfél által meghatározott csűrőnyomatókat hoz létre
Oldalkormány-csűrő mix	A nem megfelelő V állás miatti oldalkormány (csúszás) által kiváltott csűrőnyomatók kompenzálása.

5. A modell beállítása

A modell viselkedése sebességfüggő, ezért nagyon fontos az állandó sebességgel repülés elsajátítása. Minden beállítási műveletet ezen az állandó sebességen kell végrehajtani, különben sebességfüggő trimmelési problémák adódnak. Az állandó sebességű repüléshez meg kell tanulni a fokozatos és folyamatos gázkezelést. Repülési sebességnek a motorfékkel fékezett függőleges zuhanás sebességét célszerű választani. Ezt a sebességet a propeller megválasztásával lehet befolyásolni, nagyobb átmérőjű, esetleg több tollú propeller -> lassabb zuhanás. A motorfordulatot a zajcsökkentés miatt érdemes alacsonyan tartani, 8000 rpm körül.

Minden beállítási manővert azonos sebességű repüléssel, lehetőleg szélcsendben (a beállításokhoz legjobb szélcsendes idő általában napnyugta előtt szokott lenni) kell végezni. Ha szél fúj, akkor mindig szélirányba kell a manővereket repülni, a modell viselkedését szembeszélben és hátszélben is ellenőrizzük!

Ei kell mondanom, hogy az egyes beállítási manőverek egyben komoly repülési feladatok is! Ezért ezeket is be kell gyakorolni, közben figyelve a modell viselkedését. Használjunk csökkentett kormánykitéréseket a manőverek közben! Ha van rá lehetőség, jó ötlet egy jól beállított modell repülési tulajdonságait megtapasztalni ha ez lesz az első önállóan beállítási feladat.

Az ebben a részben felsorolt ismeretek részben saját tapasztalataimon, részben Dean Pappas a Flying Models-ben megjelent írásain alapulnak.

5.1. Előzetes teendők

5.1.1. Statikus beállítás

Ellenőrizzük a modellt csavarodás, illetve merőlegességi szempontból. Az esetlegesen tapasztalt rendellenességeket meg kell szüntetni.

Állítsuk be a súlypontot. A modellt a kívánt súlypont alatt támasszuk alá és ellenőrizzük a hosszirányú súlyponthelyzetet. A vevőakku helyzetének változtatásával 5-10 mm-rel az előírt elé állítsuk a súlypontot. A modellt a hossz tengelye alatt alátámasztva állítsuk be a súlypont keresztirányú helyzetét (szintén vevőakku mozgatóval). Szükség esetén a könnyebbik szárnyvégbe tegyünk nehezéket.

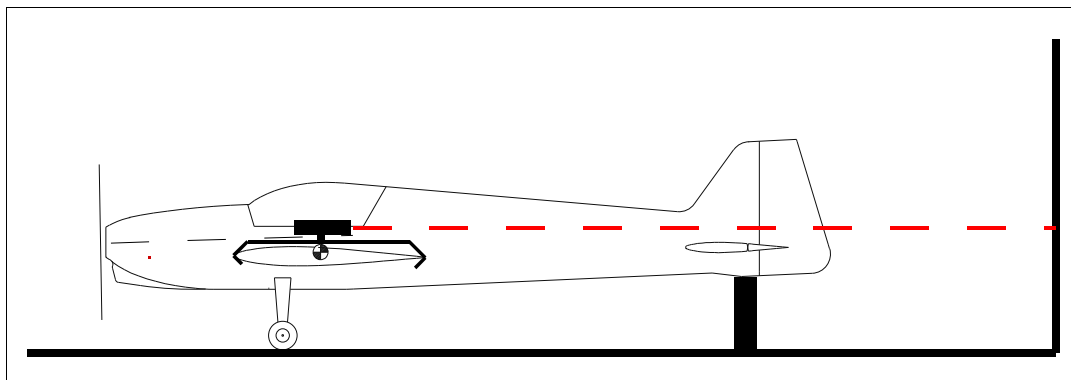
A terv szerinti értékűre állítsuk a motor le- és jobbra húzátását. Ha ehhez a művelethez rendelkezésre áll megfelelő műszer, akkor azt használjuk. Egyébként pedig az alábbi egyszerű módszer is megfelel:

- Jobbra húzátás: nagy papírlapra meghúzzuk a törzs hossz tengelyét, majd ezzel párhuzamosan kétoldalt a törzs szélességét jelző két vonalat. A hossz tengelyre merőlegest állítunk, ehhez képes húzunk egy az elhúzátás szögében álló vonalat, ami a propeller vonalát jelképezi. A modellt vízszintbe állítjuk, alátámasztjuk, a bevonalazott papírlapot alá tesszük, és a propellert vízszintes helyzetbe forgatjuk. A modellt fentről nézve beállítjuk a papírlapot a hossz tengely irányába. Ehhez segítség a törzs két oldalát jelző vonal. Ha ez jó, akkor összehasonlítjuk a propeller szögállását a rajzolttal. A propellert 180°-kal átfordítva megismételjük az ellenőrzést. Meglepően pontos beállítás lehetséges ezzel a primitív módszerrel.
- A modell hossz tengelyét vízszintbe állítjuk, ehhez a szárny és vízszintes cseszterton csövet a helyére

tesszük, és egy hosszú egyenes lécet fektetünk rá. A megfelelő helyen (szárnycső vagy vezérsík cső) alátétet kell alkalmazni mivel a hossz tengely a két cső érintőjével általában szöget zár be. Az alátét nagyságát a tervrajz alapján kell meghatározni. A vízszintet vízmérték segítségével állítjuk be. A propellert függőleges állásba forgatjuk. A függőlegesbe állított vízmértéket a propeller elé tesszük, és megmérjük alul, felül a propeller hegye és a függőleges vízmérték közti távolságot. A két érték különbségét a propeller átmérőjével osztva megkapjuk a lehúzatás szögének tangensét, ebből pedig szögértékét. A propellert 180°-kal átforgatva megismételjük a mérést.

Be kell állítani a szárnyfelek állásszögét. Ehhez először a modell hossz tengelyét vízszintbe állítjuk, ahogy az előző bekezdésben írtam. Az állásszögállításhoz 0,1° pontosságú állásszögállító műszerre vagy egy kis találékony ságra van szükség. Ha van műszer, akkor könnyű a helyzet, ha nincs, akkor csinálni kell egyet.

Műszer híján a szárny állásszögét a belépő és kilépőél egy vízszintes felülettől (vízszintmérővel beállított felület) mért távolsága segítségével állíthatjuk be. A két szárnyfél állásszögének egymáshoz hangolásához készíteni kell egy a szárnyra a töben pontosan illeszkedő sablont, mely a belépő és kilépőéleket fogja egy egy merőleges bevágással, és erre az eszközre egy lézermutatót szerelni. A mutató fényét falra vetítve az állásszögeltérések nagyon pontosan megszüntethetők.



A szárny állásszög beállításával megegyező módon kell a vízszintes vezérsík feleket is beállítani.

Állítsuk be a szervó rudazatokat. A kormányok középállásában a tolórudak legyenek merőlegesek a szervó karra, és a kormány forgáspont - tolórúd csatlakozási pontja által kitűzött egyenesre. Állítsuk a kormánykitéréseket a kívánt mértékűre (a rajzokon szereplő kormány nagyságokkal hozzávetőleg: csűrő $\pm 10^\circ$, magassági kormány $\pm 15^\circ$, oldalkormány $\pm 35^\circ$) a rudazat állításával. Állítsuk be, hogy a csűrő és magassági kormány mindkét irányba tökéletesen egyforma mértékben térjen ki. A finom beállításához használhatjuk a rádió által nyújtott lehetőségeket. Viszont mindig törekedjünk arra, hogy 100% körüli kormánykitéréseket használjunk, másképp a kormánymozdulatok pontossága csökken!

A kormányok csatlakozásánál lévő hézagot zárjuk le, ezáltal az átszivárgó áramlás okozta ellenállás növekedés nem fog trimmelési problémákat okozni.

5.1.2. Berepítés

Lehetőleg szélcsendes időben repítsük be a modellt. Fokozatosan tapasztaljuk ki a repülési tulajdonságokat, először csak iskolakörök, majd bonyolultabb manőverek, végül nagy magasságban átesés közeli helyzetek kipróbálásával, szokjuk meg a leszállósebességet, leszálláshoz szükséges besiklást. Vigyük hátrébb a súlypontot, teszteljük a dugóhúzó hajlamot. Talpon és háton is könnyen dugóhúzóba kell esnie, de vízszintes repülésben maradjon meg a stabilitása. Állítsuk be a motort, legyen a lehető legalacsonyabb az alapjárat, vegye jól a túrát, hangoljuk be a rezonátorcső hosszát. Ha függőleges emelkedés közben leesik a fordulatszám, az túlmelegedésre, rövid rezócsőre utaló jel. Ha földön túrátatva a motort a mért fordulatszám szép lassan kúszik fölfelé, az a hosszú rezócső jele, ahogy melegszik a rendszer úgy válik egyre jobban hangolttá. A berepítés után feltétlenül alaposan ellenőrizzük le a modellt, hogy a szervó rudazatok rendben vannak-e, csavarok nem lazultak le, stb.

Ellenőrizzük le a motor jobbra illetve lehúztatását. A gépet függőlegesbe felhúzva nem szabad durván kanyarodnia. A lehúztatást utazósebességen vízszintesen repülve ellenőrizzük: a gázt levéve majd pár mp. múlva visszaadva sem szabad a modell pályájának hirtelen változnia. A jobbra és lehúztatás pontos beállítását a későbbiekben végezzük el.

A modellt a csűrő és magassági kormányral trimmeljük ki a vízszintes repüléshez, az oldalkormány

lehetőleg maradjon középhelyzetben. A berepítés végén az esetlegesen szükséges csűrő trimmet szüntessük meg a szárnyfelek állásszögének korrigálásával. A csűrők alaphelyzetben középpállásban legyenek. A magassági kormány trimmet is szüntessük meg a vízszintes vezérsík állásszögének változtatásával, a magassági kormány is középen álljon alaphelyzetben. Emlékezzünk, hogy precíz műrepülő pilótaként az átlagostól magasabb színvonalú munkát kell végeznünk!

5.1.3. Kormánykitérések beállítása

Állítsunk 40% exponenciális kitérést, ez ad hozzávetőleges lineáris érzetet. Állítsuk komfortosra a kormánykitérések mértékét, mivel a későbbi beállítási manőverek nagyon pontos vezetést igényelnek. Én így szoktam beállítani a kormányok kitérését:

- csűrő
 - teljes kitérés: gyors orsóhoz, kb. 1,5 mp. / orsó. A legnagyobb kitérésen is pontosan meg kell tudni állítani ($\pm 5^\circ$) a modellt. Ha ez nem sikerül, csökkenteni kell a kitérést.
 - felezővel: dobott orsó precíz megfogásához, kb. a teljes kitérés 70-80%-a.
- magassági kormány
 - teljes kitérés: a biztos dugóhúzóba vitelhez szükséges legkisebb kitérés.
 - felezővel: dobott orsó kivitelezéséhez, kb. a teljes kitérés 60%-a.
- oldalkormány
 - teljes kitérés: a biztos legyezőfordulókhoz szükséges kitérés, kb. $\pm 35^\circ$.
 - felezővel: dobott orsóhoz, késrepüléshez, kb. a teljes kitérés 50-60%-a.

5.2. Beállítási feladatok, manőverek

A beállítások feltételezik, hogy az olvasó az elméleti ismeretek a 4.1., 4.2. és 4.3. pontban táblázatos formában összefoglalt állítási lehetőségeket és azok hatásait megértette. A miértekre a hivatkozott rész tanulmányozásával lehet a választ megkapni. A beállítási folyamatot az alábbi sorrendben érdemes elvégezni, az egymást követő lépések egymásra épülnek.

5.2.1. Oldalkormány aerodinamikai középhelyzetének beállítása

A legyező mozgások beállításának első lépése az oldalkormány aerodinamikai középpállásának megtalálása. Az esetleges építési aszimmetriák miatt lehetséges, hogy ez nem esik egybe az oldalkormány geometriai középhelyzetével. Erre két módszert ismertetünk:

- Motor nélküli állandó sebességű siklás pályájának vizsgálata: a modellt (álló motor, vagy olyan fordulat ahol se nem fékez, se nem húz!) olyan szögű siklopályára állítjuk, ahol az utazó sebességét folyamatosan tartja. Ekkor semmilyen más legyező nyomatókat befolyásoló hatás nem éri a modellt, csak a kormányerő. Állítsuk be az oldalkormány trimmet a tökéletes egyenes repüléshez.
- Ellenkező irányú fordulók vizsgálata: utazósebességen hajtsunk végre kb. 30-40°-os bedöntéssel vízszintes fordulót mindkét irányba. A forduló kezdetekor döntjük be a modellt, utána engedjük a csűrőt alaphelyzetbe és a magassági kormánnyal tartjuk a magasságot. Figyeljük meg, hogy a fordulóból kijövetelkor a bedőlés hogyan változott. Ha pl. bal fordulóból jobbra bedőlve jön ki mint ahogy bevittük, és jobb fordulóból kevésbé, akkor kicsit jobbra kell trimmelni az oldalkormányt.

Az oldalkormány beállítása után trimmeljük újra a magassági kormányt és csűrőt a modellt vízszintes repüléshez. Az így kitrimmelt modellel végezzünk háton repülést! Vigyázzunk arra, hogy a csűrőt eközben véletlenül se mozdítsuk meg. Ha a modell hosszabb távon csűrő beavatkozást igényel, akkor ellenőrizzük újra a súlypont keresztirányú helyzetét, ha szükséges állítsuk középre. Más beavatkozást ne végezzünk, arra majd később kerül sor.

5.2.2. Függőleges emelkedés oldalirányú beállítása

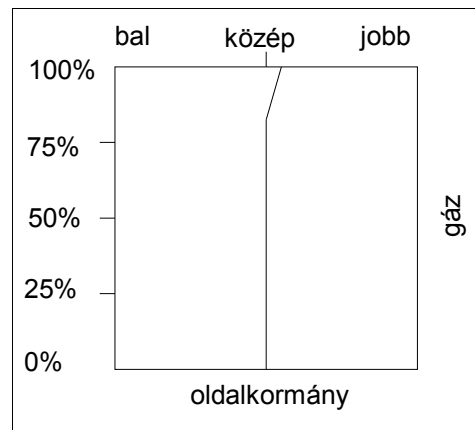
A következő lépésben beállítjuk a modellt, hogy vízszintes repülésből felhúzza, illetve háton repülésből kinyomva pontosan függőleges (oldalirányban) pályán repüljön. A későbbi bukófenc trimmeléshez ez a kiindulópont.

A függőleges emelkedés pályáját az oldalkormány helyzete és a jobbra húzatás határozza meg. Ha a szükséges jobbra húzatás mértéke nem lépi túl a $2,5^\circ$ -ot akkor a hagyományos módszer jó eredményt ad. Ha

viszont ennél többre lenne szükség, akkor érdemes a további növelés helyett oldalkormány kitérést is alkalmazni. A túl nagy jobbra húzatástól ugyanis a modell vízszintes repülés közben oldalazva, csúszva fog repülni, ami igencsak csúnya.

Figyelem: az esetleges oldalszél meghamisítja (v. ö. 3.2.) a manőverek eredményét!

- Beállítás csak jobbra húzatással, hagyományos módszer: a modellt tökéletesen vízszintes szárnyú utazósebességű repülésből a teljes gázadás után finoman felhúzzuk (háton repülésből kinyomjuk) függőleges emelkedésbe, a pályáját az oldalkormányval finoman korrigálva pontosan függőlegesbe állítjuk. A magassági kormányt engedjük alaphelyzetbe és figyeljük meg a modell viselkedését. Az első másodpercekben, amíg a modell nem veszít lényegesen a sebességéből, addig az oldalkormány és jobbra húzatás együtt határozza meg a pálya irányát. Ahogy lassul a modell (3-4 mp. után), egyre jobban dominálni kezd a jobbra húzatás hatása. Ennek oka az, hogy az oldalkormány hatása a sebességgel együtt csökken, míg a spirális légáramlat - ami a modellt balra fordítja - a modell lassulásával erősödik a propeller hajtásához szükséges nyomatékigény növekedése miatt. Tehát, ha a modell a lassulást követően balra fordul, akkor kevés a jobbra húzatás, ellenkező esetben pedig sok. Ha 2,5° jobbra húzatás kevésnek bizonyul, akkor érdemes a másik módszert alkalmazni.
- Beállítás oldalkormány kitéréssel kombinált jobbra húzatással: ha az előző módszer használatával úgy döntünk (vagy más okból), hogy nem érdemes a jobbra húzatást tovább növelni, akkor próbáljuk meg a jobb oldalkormány trimm növelését a függőleges egyenes kiegyenesítéséhez. Természetesen az eredeti semleges trimm helyzetet jegyezzük meg előtte, a modern rádiókkal ez nem probléma! Próbáljunk olyan optimális beállítást találni, hogy a modell legalább 4-5 mp-ig egyenesen repüljön függőlegesen. Bár a szükséges oldalkormány trimm nagyon kicsi, mégis befolyásolja a többi repülési helyzetet, például a dugóhúzóba vitelt, bukfeneket. Ezért két dolgot tehetünk, vagy így hagyjuk az oldalkormányt és folytatjuk a tesztelést (hátha mégsem olyan nagy az eltérés) vagy ha a gázt megfelelően használjuk, akkor ezt az extra kitérést mixelhetjük a gázzal. Ezt a módszert csak rutinos pilótáknak ajánlom, hiszen kifinomult gázkezelést igényel, ami egy kezdőnek fölösleges megterhelés. Alkalmazzuk az alábbi görbe szerinti oldalkormány kitérést! Ekkor a teljes gázt csak függőleges emelkedés esetén szabad használni.



A tesztek normál és háton repülésből is végezzük el, szélnek szembe illetve háttal repülve is. Az állítások előtt értékeljük az összes irányból szerzett tapasztalatot. Az állítások előtt és után ellenőrizzük le a modell vízszintes repülést is, figyeljünk meg az oldalazva repülésre való hajlamot.

Kezdőknek az első módszert ajánlom, még azon az áron is, ha nagyobb jobbra húzatást kell alkalmazni. A helyes gázkezelés nem egyszerű feladat. A rutinos pilóták pedig kísérletezhetnek azzal is, hogy a jobbra húzatást egészen addig csökkentik, hogy a vízszintes repülésben az oldalazás minimalizálódjon, a függőleges egyenest pedig az oldalkormány mix alkalmazásával egyenesítik ki.

Még egy módon csökkenthetők a jobbra húzatással kapcsolatos problémák: akkora motorteljesítményt alkalmazunk, hogy ne lassuljon lényegesen a modell emelkedés közben.

5.2.3. Bukfencbéli viselkedés beállítása

A bukfeneknek van egy fontos sajátossága, mégpedig az, hogy a bukfenc végrehajtása során folyamatosan változik a sebesség és/vagy a motorteljesítmény. Bár a sebességet közel állandó értéken lehet tartani, az eközben igényelt motorteljesítmény, és azzal együtt a spirális légáramlás elfordító nyomatéka folyton változik. Az állandó sebesség fenntartásához alapkövetelménye a nagy motorteljesítmény. Kezdők esetén az állandó sebesség sem biztosított, ha a gázt nem folyamatosan szabályozza, hanem csak teljes gázon és alapjáraton repíti a bukfencet, akkor a rosszul beállított elhúzatás a bukfenc pályájának drasztikus megváltozását okozhatja. Bukfenc problémák esetén ajánlott az elhúzatás újratesztelésével kezdeni a problémamegoldást.

A bukfencek beállításának két iránya	
1. módszer: a hagyományos	2. módszer: a korrekt, új irányzat
1. Állítsd be a jobbra húzatást 2. A csűrővel állítsd be a hátra bukfeneket, hogy a modell ne dőljön meg 3. Tégy a megfelelő szárnyvégbe súlyt, hogy a előre bukfenek jók legyenek, de minden változtatás után trimmeld újra a hátra bukfeneket is.	1. Egyensúlyozd ki a modellt keresztirányban berepítés előtt, és többet ne foglalkozz ezzel 2. Állítsd be a jobbra húzatást 3. Szüntesd meg a csűrő trimmet a szárnyfél állásszögek változtatásával 4. A magassági kormányfelek alaphelyzetének és kitéréseinek segítségével szüntesd meg a bukfenbeli viselkedés hibáit
A módszer hibája, hogy nem a hibás viselkedést kiváltó okot szünteti meg, hanem egy másik hibával (súlyponteltérés) korrigálja azt. Ez azonban mellékhatásokkal járhat. Pontatlan építés esetén azonban ez a módszer használható marad.	A precíz építés esetén ezek a kiváltó okai a nem kívánt viselkedésnek (mondtam már, hogy precízen építünk, nem?). Így valóban a kiváltó okokat szüntetjük meg.

Az új irányzat precíz építés esetére:

Kezdjük az ismerkedést az új irányzat szerinti beállítási eljárással. Miután meggyőződünk arról, hogy a jobbra húzatás és a csűrő trimm jó - azaz csűrő korrigálás nélkül tartósan bedőlés nélkül repül a modell - kezdjük el nem túl nagy hátra (húzott) bukfeneket csinálni szélirányba. Mekkora a nem túl nagy? Nem kellene a motorteljesítmény határát elérni. Ha a magassági kormányt majdnem teljesen el kell engedni a bukfen tetején ahhoz, hogy szabályos maradjon, akkor nagyon nagy a bukfen. Olyan szűk bukfeneket kell csinálni, amiknek a tetején alig kell a magassági kormányt visszaengedni. A bukfen során ugyanazt a gázkezelést kell alkalmazni, amihez a jobbra húzatást is beállítottuk. Két további nagyon fontos dologra kell még figyelni:

- A magassági kormányt még véletlenül se mozdítsuk oldalirányba bukfen közben
- A bukfen megkezdésekor a modell szárnya tökéletesen vízszintesen álljon. Másképpen egyre nagyobb eltérésekkel fog bukfenezni. Ismételjük addig a tesztet, amíg nem sikerül a tökéletes kivitelezés.

A tökéletesen vízszintes szárnnyal való manőverkezés egyébként is a legalapvetőbb műrepülő pilóta készség, amit nem lehet eleget gyakorolni!

Miután sikerül tökéletesen vízszintes szárnnyal kezdeni a bukfenet, és annak mérete nem túl nagy, azaz nem fogy el a sebesség bukfenezés közben, figyeljünk meg 3-4 folyamatos hátra bukfenet. **Bukfenek közben véletlenül se mozdítsuk meg a csűrőt vagy az oldalkormányt.** Jegyezzük meg, hogy a bukfen közben merre dől be, és melyik irányba sodródik a modell (a kabinból nézve). Ismételjük meg a műveletet előre (nyomott) bukfenekkel is, és jegyezzük meg ismét, hogy merre dől be és merre sodródik a modell. Fokozottan figyeljünk a gázkezelésre is. Majd kezdjük el elemezni a kapott eredményeket.

Jó néhány variációja előállhat az eltéréseknek, de ezeket néhány egyszerű törvényszerűségbe foglalhatjuk. A 4.2.2. és a 4.3.5 táblázatban már elemeztük a különböző állítási lehetőségek hatását, foglaljuk össze még egyszer.

- Ha középállásban a jobb magassági kormány magasabban áll mint a bal és egyforma a két fél kitérése:
 - hátra bukfenben a modell jobbra fordul (kabinból nézve)
 - előre bukfenben a modell balra fordul (kabinból nézve)
- Ha jobb kormányfélnek nagyobb lefelé is, felfelé is a kitérése:
 - hátra bukfenben jobbra dől és jobbra fordul (kabinból nézve)
 - előre bukfenben balra dől és jobbra fordul (kabinból nézve)

Előfordulhat olyan eset is, hogy a középállás és a húzott kitérés egyezik, a nyomott kitérés viszont eltér. Ennek oka a rudazat beállítási módszerében keresendő: először középállás beállítás, majd a kitérés egyik irányba, a másik irány meg adja magát, persze nem jól. Az egyik nagy előnye a kellően erős és pontos dupla magassági kormány szervónak, hogy a két kormányfél könnyen beállítható.

Bukfenc viselkedés beállítása	
Jelenség	Megoldás
A modell jobbra dől hátra bukfencben.	Csökkentsd a jobb magassági kormány felfelé irányuló kitérését.
A modell balra dől hátra bukfencben.	Csökkentsd a bal magassági kormány felfelé irányuló kitérését.
A modell jobbra dől előre bukfencben.	Csökkentsd a bal magassági kormány lefelé irányuló kitérését.
A modell balra dől előre bukfencben.	Csökkentsd a jobb magassági kormány lefelé irányuló kitérését.
A modell nem dől, hátra bukfencben jobbra, előre bukfencben balra fordul.	Engedd lejjebb a jobb magassági kormányt.
A modell nem dől, hátra bukfencben balra, előre bukfencben jobbra fordul.	Engedd lejjebb a bal magassági kormányt.
Megjegyzés: az irányokat mindig a kabinból nézve kell értelmezni!	

Az állítások után a csűrőt és magassági kormányt a szárnyfelek, illetve vízszintes vezérsík felek állításával hozzuk középhelyzetbe.

Vannak esetek amikor nehezen állíthatjuk be a modellt e módszer használatával. Nézzünk néhány példát! Ha valamelyik szárnyfél csavarodott, akkor ellenkező irányú csűrő trimm szükséges a vízszintes repüléshez. A probléma az, hogy ez az egyensúly sebességfüggő. A csűrő trimm a csökkenő sebesség esetén hamarabb elveszíti hatásosságát mint a csavarodás. A bukfenc esetén azonban a sebesség valamennyire mindig változik, ezzel együtt a G erők is. Ez a magyarázata, hogy miért marad használható a hagyományos módszer ebben az esetben is. Az egyetlen megmaradó probléma az, hogy a modell alacsony sebesség (dugóhúzóba vitel, leszállás) esetén nem lesz tökéletesen trimmelt. Ez azonban egy vállalható kompromisszum, hiszen sokkal kevesebbet kell így a csűrővel korrigálni, mintha a bukfencekben végig vezetni kellene a modellt.

Egy darabból álló (régebben általános konstrukciós megoldás volt), csavarodott szárny esetén, két dolgot tehetünk: építünk egy új szárnyat, vagy az alsó torziós borítás ferde bemetszésével, a szárny kiegyenesítésével, a bevágás összeragasztásával megszüntetjük a csavarodást. A két darabból álló szárnyak esetén ez a korrekció lényegesen egyszerűbb, hiszen csak a két szárnyfél állásszögét kell változtatni. Ha a két csűrő pontosan középen áll alaphelyzetben, az azt jelenti, hogy nincs csavarodás a szárnyban. Ha ezek után sem bukfeneczik tökéletesen a modell, akkor le kell ellenőrizni a vízszintes vezérsík beállítását, és a magassági kormány alaphelyzetét is. Ha még mindig nem lehet a modellt beállítani, akkor valószínűleg más építési hiba is van még. Ilyenek például a csavarodott csűrők, csavarodott magassági kormány, csavarodott vízszintes vezérsík, aszimmetrikus belépőélek. Csavarodott kormányok esetén ki kell azokat egyenesíteni. Fóliával borított felületek esetén az ellenkező csavarás és melegítés eredményre szokott vezetni. Alkalmazható a fentebb leírt ferde bemetszéses módszer is. Ha semmi más nem segít, akkor jöhet a hagyományos módszer.

A hagyományos módszer:

Ahogy az előző módszer esetén is, most is a jobbra húzathatás beállítása után kezdünk a műveletbe. A következő lépésben elkezdjük a korrekció nélküli folyamatos hátrabukfencezést és megfigyeljük, hogy melyik szárnyvég kezd el lógni. Amit a tökéletes manőverkezdésről az előző módszernél hangsúlyoztam, az természetesen most is érvényes! Ügyeljünk arra is, hogy nehogy más kormányt is megmozdítsunk bukfencezés közben! Korrekciózzuk a hátra bukfeneket kizárólag a csűrő trimmel! A modell vízszintes repülésben lehet, hogy nem fog tökéletesen vízszintes szárnyal repülni, de egyelőre ezzel ne foglalkozzunk. Repüljünk háton, és csináljuk az előre bukfenc tesztet és ismét figyeljük meg, hogy melyik szárnyfél kezd el lógni (a kabinból nézve). Nos, nézzük a lehetséges variációkat.

- Ha a hátra bukfencben az egyik, az előre bukfencben a másik szárnyvég kezd el lógni, akkor a modell keresztbe trimmelt, a csűrő trimm és az oldalkormány trimm egymás ellen dolgozik. Kezdjük a korrigálást úgy, hogy az oldalkormány középhelyzetben álljon, a csűrő pedig vízszintes repüléshez legyen trimmelve. Apró lépésekben állítsuk az oldalkormány trimmel a hátra bukfeneket, a csűrő trimmel az előre bukfeneket. Ez egyszerűen egy próba a rendelkezésre álló modell viselkedésének optimalizálására. Ha előre és hátra bukfenc esetén is ugyanaz a szárnyfél kezd el lógni, akkor jöhet a következő lépés.

- Ha előre és hátra bukfcenc esetén is ugyanaz a szárnyvég kezd el lógni, akkor a másik szárnyvégbe kell nehezéket rakni. Aztán jöhet az első pont újra, ellenőrzés. Ha a két szárnyvég nem egyformán lóg előre és hátra bukfcenc esetén, akkor annyi nehezéket tegyünk az ellenkező szárnyvégbe, hogy az előre és hátra bukfcencben egyformán lógjon a szárnyvég, csak egyszer az egyik, másszor a másik. Ekkor nincs más hátra, mint a keresztbe trimmelést korrigálni, vissza az előző pontra.

Az egészséges lustaság jó koncepció a műrepülésben. Kevesebb korrekció, magasabb pontszám. Ha egy manőver befejezése pontos, akkor nagyobb az esélye, hogy a következő manőver kezdése is pontos lesz. A manőver kevesebb korrekciót fog igényelni, és hamarosan azt veszed észre, hogy egyre kevesebbet mozgatod a rádiód karjait. Az ellenkezőjét is gyakran látni, mikor valaki egyfolytában kormányozza a modellt, hogy egyenesen repüljön. De hogy repüljön egyenesen a modell, ha egyfolytában mozognak a kormányok?

5.2.4. A függőleges egyenesek és késrepülés beállítása (fel-le irány)

Itt az idő a függőleges egyenesek és a késrepülés fel-le irányú pályájának, valamint a késrepülésből történő kiorsózási hajlam beállítására. Ezt a részt összegezhethetnénk néhány egyszerű illetve néhány bonyolultabb szabályban de még maradna néhány homályos pont is. Ezért nem is egy szakácskönyvszerű beállítási útmutatást kívánok adni, hanem az ok-okozati összefüggéseket szeretném megvilágítani. Az elméleti tudnivalókat a 4.1. pontban összefoglaltam, az elérendő célok pedig szerepelnek a 2. pontban. Azért még egyszer megjelölöm a legfontosabb célokat:

Az utazósebességű vízszintes repülésre trimmelt modell:

- egyenes függőleges emelkedést végez miután finoman függőlegesbe húztuk.
- gáz nélkül függőleges zuhanásban legalább 200 m-en keresztül nem változik észrevehetően a pályája. Általában minden műrepülő modell a pályája a kabin irányába hajlik függőleges zuhanás közben. Ha 200m-en ez az elhajlás nem jelentős, akkor nem fogja a műrepülő manőverek végrehajtását zavarni.
- mindkét irányban egyenes vonalban végzi a késrepülést (lehet, hogy nagyobb gázt igényel, mint a vízszintes repülés)

Logikusak a fentiek? Azt had említsem meg, hogy arról szó sincs, hogy háton repülésben magassági kormány nyomás nélkül repüljön a modell. Azt, hogy ez ugyan lehetséges, de miért nem praktikus, a 3.1. pontban vázoltam. Egyszerűen fogalmazva ehhez nagyon orrkönnyűvé kellene a modellt tenni, de ez már a stabilitás rovására menne.

Tekintsük át a 4.1. pontban felrajzolt ábrákat, és értsük meg az erőváltozások hatására bekövetkező irányváltozások irányait. Ismétlésképpen az egyensúlyt leginkább befolyásoló hatások:

- vízszintes repülés: kormányerő, súlyponthelyzet, lehúztatás
- függőleges emelkedés: kormányerő, lehúztatás
- függőleges zuhanás: kormányerő
- késrepülés: kormányerő, a húzóerő és az ellenállás támadáspontja közti távolság

A viselkedésre egyértelműen jó hatással van a kormányerő minimalizálása. Ezt megfelelően hátrahúzott súlyponthelyzettel érhetjük el.

Egy bevált, jó tulajdonságú modell tulajdonsága az, hogy az fenti erők által megteremtett egyensúly a négy repülési helyzetben egymáshoz közeli, jól összehangolható. Az ehhez rendelkezésünkre álló tervezési paraméterek:

- a szárny és vízszintes vezérsík közötti magasságeltérés
- a szárny és a motortengely magasságeltérése
- szárny és vízszintes vezérsík állásszögkülönbsége
- lehúztatás tipikus mértéke

Akkor nézzük, mit mondanak a 4.1. pont ábrái. Először is, a késrepülés pályáját viszonylag kevés erőhatás befolyásolja. Bármilyen állítás, ami a magassági kormány trimmet változtatja, erőteljesen hat a késrepülés pályájára. Ha például a súlypontot előrébb hozzuk, az jobban húzott magassági kormány trimmet igényel. Ennek hatására a késrepülés pályája a kabin felé változik, és ez jó, ha eddig a futómű felé hajlott. A súlypont hátrahúzással a változás pont ellentétes lesz. Érezhető az egyensúlyozás, igaz?

Ha mondjuk megnöveljük a lehúzatás mértékét, akkor vízszintes repülésben kis mértékben húzni kell a magassági kormány trimmen az egyenes pályán maradáshoz. Ez a változás a következő hatásokat hozza magával: függőleges emelkedésben a futómű felé változik a pálya hajlása, a függőleges zuhanásban a kabin felé változik a pálya hajlása, késrepülésben kismértékben a kabin felé változik a pálya hajlása.

Ebből a két példából látható az alapvető trimmelési módszer. Keresni kell egy olyan hatást, ami az adott repülési helyzetet változtatja, majd egy másik hatással ellensúlyozni a vízszintes repülési helyzetre gyakorolt hatását. A fennmaradó repülési helyzetekre lehetőleg ne legyen nem kívánt hatása. A másik egyszerű technika a súlypont minél hátrább tolásával minimalizálni a szükséges kormányerő nagyságát. Ezt azonban túlzásba vinni nem szabad, mert farok nehéz modellel nehéz az egyenes repülés a hosszstabilitás romlása miatt.

Beállítás

A beállításhoz először alaposan vizsgáljuk meg mit csinál a repülő a három repülési helyzetben (függőleges emelkedés, függőleges zuhanás, mindkét irányú késrepülés). Ahogy szoktuk, gondosan trimmeljük a modellt utazósebességű vízszintes repüléshez. Kezdjük magunk előtt függőleges emelkedésbe (teljes gázon, kb. 200m emelkedés), engedjük el a kormányokat, és figyeljük a modell pályáját. A felhúzás után a modell pályája legyen függőleges, ne (csak) a modell iránya! Ismételjük a műveletet mindkét irányba, hogy az esetleges szél zavaró hatását kiszűrjessük. A függőleges emelkedés után vegyük le a gázt alapjáratra, és állítsuk a modellt függőleges zuhanó pályára (a pálya legyen függőleges) és engedjük el a kormányokat.

Következő lépésben a késrepülést figyeljük meg: teljes gázon minimális, a magasság tartásához szükséges oldalkormány kitéréssel repülünk mindkét irányban. Ha a modell ki akar fordulni késrepülésből, csűrővel tartjuk meg. Az így kapott viselkedési adatokat kell kiértékelni a szükséges állítás meghatározásához. Az állítási lehetőségekre táblázatos összefoglalást a 4.1.5. pontban tettem. Azonban legyen itt néhány általános viselkedési minta:

- orrnehéz modell: a vízszintes repüléshez húzott magassági trimm szükséges, ezért a kabin felé fog húzni a függőleges emelkedésben, a függőleges zuhanásban, és késrepülésben is.
- faroknehéz modell: futómű felé húz késrepülésben, függőleges emelkedésben és függőleges zuhanásban tökéletes.
- túl nagy lehúzatás: a függőleges emelkedés jó, vagy esetleg a futómű felé húz, míg a függőleges zuhanásban és késrepülésben a kabin felé húz a szükséges húzott magassági kormány trimm miatt.
- túl kevés lehúzatás: függőleges emelkedésben a kabin felé, késrepülésben a futómű felé húz.
- szárny állásszög (hossztengely) nem jó: a késrepülés pályája nem egyenes.

A modell viselkedésének megítélése ennél lényegesen bonyolultabb feladat, mivel a problémák nem egymástól elszigetelten jelentkeznek. Végezzük el az alapvető ellenőrzéseket.

Először mérlegeljük, hogy orrnehéz-e a modell. Ennek jelei: túlzottan húzott magassági trimm, háton repülésben túl sokat kell nyomni a magassági kormányon, nehéz dugóhúzó vagy dobott orsó előtt határozottan megtörni a modell pályáját, leszállás esetén úgy érezzük, hogy nem elég a magassági kormány kitérés. Ellenőrizzük a súlyponthelyzetet, vessük össze jól beállított ugyanilyen típusú modell súlyponthelyzetével. Ellenőrizzük, hogy a csűrők alaphelyzetben pont középen álljanak, ne legyen egyirányú eltérés, mely megzavarná a beállítást. Kezdjük el apró lépésekben (~3 mm) a súlypontot hátratulni. A súlypont hátratulás az egyik leghatékonyabb beállítási eszközünk. Minden állítás után trimmeljük a modellt vízszintes repülésre, és ellenőrizzük a három repülési helyzetre gyakorolt hatást (csökken a repülési pálya kabin felé hajlása), és figyeljük az orrnehézségre utaló jeleket. Döntsük el ezek alapján, hogy jó irányban állítunk-e. Ha a súlypont hátratulás hatásossága csökken, akkor nagyon figyeljünk, lehet, hogy már a farnehéz állapotban járunk, és más állítási lehetőség után kell nézni. Ha a modell szinte magától leszáll ("lóg a hátulja"), az már a farnehézség biztos jele.

Az általam követett trimmelési sorrend a következő:

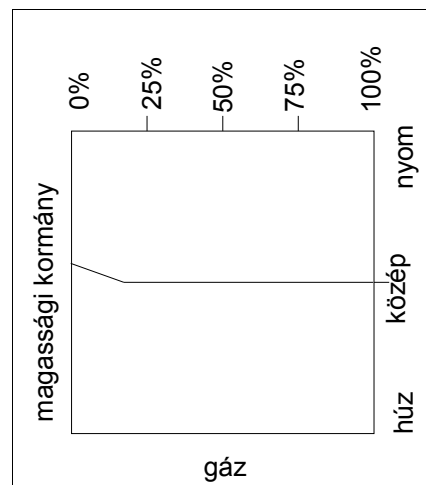
1. Vigyük a súlypontot addig hátra amíg lehetséges, és a három repülési helyzetben orrnehéz tüneteket produkál a modell (kabin felé húz).
2. Nézzük meg a függőleges emelkedés (teljes gáz) pályáját, és a lehúzatás növelésével, csökkentésével ($\pm 1/2^\circ$) állítsuk be függőlegesre. Ellenőrizzük a túlzott/kevés lehúzatás jeleit: a pálya irányának törése gázadásnál, gázelvételnél.
3. Nézzük meg a késrepülés pályáját, ha a futómű felé hajlik, akkor növeljük a szárny és vízszintes vezérsík

állásszögét (változik a hossz tengely iránya), a pálya a kabin irányába fog változni, és ez az állítás nem befolyásolja a többi repülési helyzetet.

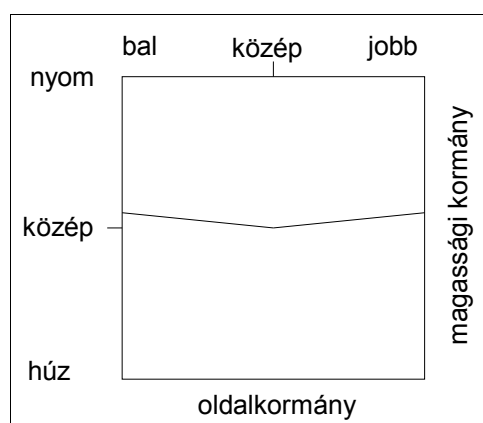
A fő cél a változtatások hatásmechanizmusának megértése, ezért feltétlen ajánlom a 4.1. pont megértését. Ezután sok megfigyelést kell tenni, és csak azután dönteni el, hogy milyen paraméteren, hogyan változtatunk. Célszerű minden változtatási lépésről jegyzetet készíteni, a megfigyeléseket írásban rögzíteni, hogy ellenőrizni lehessen a változtatások eredményességét.

Meg kell próbálni aerodinamikai (mechanikus állítás) útján a lehető legközelebbre korrigálni a modell pályáját. Ha ez nem sikerül, akkor még mindig van két lehetőség a kezünkben, amiket a modern rádiók nyújtanak:

- A függőleges zuhanás korrigálása gáz-magassági kormány mixszel: alapjáraton mixeljük enyhe magassági kormány nyomást (1-2% elég), ezzel korrigáljuk a függőleges zuhanás pályáját. Ennek a beállításnak a dugóhúzóba vitelre és a leszállásra lesz minimális hatása. Ez nem gond, hiszen a dugóhúzónál úgy is határozottan húzni/nyomni kell a magassági kormányt, leszállásnál pedig általában kissé húzni.
- A késrepülés pályájának korrigálása: ha más módon nem tudjuk megszüntetni a késrepülés pályájának kabin irányú elhajlását, akkor alkalmazhatjuk a magassági kormánypozíció oldalkormány állástól függő mixelését (< 5% elég).



Ha a modell késrepülés közben kiorsózik a függőleges pozícióból, az a V beállítás hibájára utal. Mivel ezen utólag változtatni nincs mód, ezért ismét a rádiók segítségét vehetjük igénybe: be kell állítani az oldalkormány - csűrő mixet, amely elvégzi a korrigálást helyettünk. Ha túl sok a V állás, akkor jobb oldalkormányhoz jobb csűrőkitérést, bal oldalkormányhoz bal csűrőkitérést kell beállítani. Ha kevés a V állás, akkor a csűrőkitérések megfordulnak.



Ha a modell késrepülésének pályája a két irányból nem egyezik meg, az aszimmetriára utaló jel. Ellenőrizzük le a függőleges vezérsík és a szárny keresztmetszete közötti szöveget. Ha ez pontosan derékszög, akkor a problémát még a vízszintes vezérsík csavarodottsága, vagy a felek állásszögének nem egyforma volta is okozhatja, ellenőrizzük ezt is, ugyanis az egyik fél részben a törzs által keltett áramlások leválási terében van, így a két fél nem egyforma módon vesz részt a kormányerő generálásában. További lehetséges hibaforrás ha a vízszintes vezérsík síkja és a szárny síkja nem párhuzamos. Ekkor ugyanis az egyik oldali késrepülésnél a vízszintes vezérsíkot felülről, a másik oldali késrepülésnél alulról éri a megfúvás, ezáltal változtatva a kormányerő nagyságát és kétirányú késrepülés pályáját.

5.2.4. Az orsózás beállítása

Orsózás közben a felhajtóerő különbség indukált ellenállás különbséget hoz létre. Ehhez hozzájárulhat még esetlegesen az eltérő csűrő kialakítás miatt eltérő alaki ellenállás is. Ezek az eltérések legyezőnyomatékot hozhatnak létre (4.2. pont), amiktől a modell orsózás közben elfordul. Ha ilyen jelenséggel találkozunk, először is ellenőrizzük a csűrők és szárny közötti rész tömítettségét, valamint a csűrőkitérések egyformaságát.

Vízszintes repülésből orsózunk egyet jobbra és figyeljük meg a modell elfordulását, majd ismételjük a manővert balra orsózva is.

- Ha a modell mindkét irányban orsózva egyfelé fordul el, az azt jelenti, hogy az adott irányba eső csűrő nagyobb ellenállást indukál, tehát csökkentjük a teljes kitérését.
- Ha jobbra orsózva balra, balra orsózva jobbra fordul a modell, akkor a lefelé kitérő csűrők indukálnak nagyobb ellenállást, csökkentjük mindkét csűrő lefelé kitérését.
- Ha jobbra orsózva jobbra, balra orsózva balra fordul a modell, akkor a felfelé kitérő csűrők indukálnak nagyobb ellenállást, csökkentjük mindkét csűrő felfelé kitérését.

6. Felhasznált irodalom, szoftverek

- Benedek György: A modellrepülés elmélete (http://www.cavalloni.hu/2000_2/repuleselmelet.htm)
- Mark Drela: XFOIL program és leírásai (<http://raphael.mit.edu/xfoil/>)
- Dean Pappas: Flying Models cikksorozat (<http://www.flying-models.com/>)
- A 2D rajzokhoz: QCAD (<http://www.ribbonsoft.com/qcad.html>)
- Szövegszerkesztés: OpenOffice.org (<http://www.openoffice.org>, www.fsf.hu)