

A KETHAJTÓMŰVES REPÜLŐGEP OLDALIRÁNYÚ KIEGYENSÚLYOZÁSA  
EGYIK HAJTÓMŰ MEGHIBÁSODÁSA ESETÉN

A polgári és katonai repülésből számos példa ismeretes arra, amikor a hajtómű meghibásodását vagy leállítását követően a repülőgépvezető sikeresen leszállt gépével. Jólal kevesebb információval rendelkezünk azonban arról, hogy a kényeszerleszállás eredményességét milyen mértékben befolyásolja az aerodinamikai kormányfelületeken keletkezett erők és nyomatékok együttes hatása. (A szakasjtó híradása szerint pl. a MIG-29 tervezésénél megkülönböztetett figyelmet szenteltek a kedvező kényeszerleszállási jellemzők biztosítására!) Mivel a repülésbiztonsági szempontból oly fontos kérdés repülésdinamikai elemeiről alig jelent meg magyar nyelvű publikáció, az alábbiakban a probléma egy lehetséges megközelítését szeretném közreadni.

A kéthajtóműves repülőgép egyik hajtóművének meghibásodását vagy sérülését követően legyező nyomaték keletkezik, amelyet repülés közben ellensúlyozni kell. Pl. ha a baloldali hajtómű meghibásodik (1. ábra) a jobboldali hajtómű toldereje által létrehozott legyező nyomaték

$$M_{y_p} = F_p z_p$$

a repülőgépet balra fordítja.

Az oldalirányú erők és nyomatékok kiegyensúlyozására több módszer alkalmazható, amelyek közül a legelterjedtebbek a következők:

1. Repülés nulla csúszási szöggel ( $\beta = 0$ ).

Ez minimális homlokellenállást, valamint tüzelőanyag-fogyasztást biztosít, így a repülési távolság és időtartam a leghosszabb lehet.

2. Repülés nulla dőlésszöggel ( $\gamma = 0$ ).

Az utasok és a személyzet meghatározott kényelmét biztosítja, könnyíti a légifényképezést, valamint a katonai repülőgépeknél a célzást.

3. Repülés semleges oldalkormány állással ( $\delta_{old} = 0$ ).

Kormányzási tartalékot biztosít nagy csúszási szögek esetében.

Nulla csúszási szöggel történő repüléskor a hajtómű tolóerőből származó legyezőnyomatékot ( $M_{y_p}$ ), az oldalkormányon keletkező légerővel egyensúlyozzák ki, amikor

$$F_{z_{old}} x_{old} = M_{y_{old}}^{\delta_{old}} \delta_{old} = M_{y_p} \quad (1. \text{ ábra}).$$

Az oldalkormányon keletkező erő azonban dőlési nyomatékot is okoz, amit ellensúlyozni kell, azaz

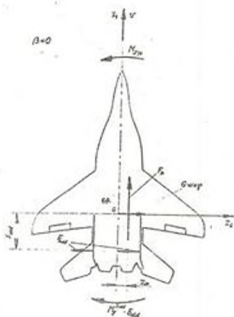
$$\Sigma F_{z_{old}} y_{old} = M_{x_{old}}^{\delta_{old}} \delta_{old}$$

Kiegyenlitése a csűrőlapokon keletkező erő dőlési nyomatékával történik

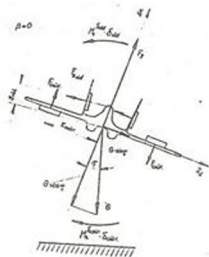
$$M_{x_{csűr}}^{\delta_{csűr}} \delta_{csűr} = F_{csűr} z_{cs}$$

Az erők egyensúlyának fenntartása érdekében az  $F_{z_{old}}$  irányú erőt a repülőgép jobbra történő döntésével kompenzálják, azaz

$$\Sigma F_{z_{old}} = G \sin \gamma \quad (2. \text{ ábra})$$



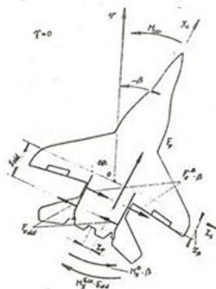
1. ábra



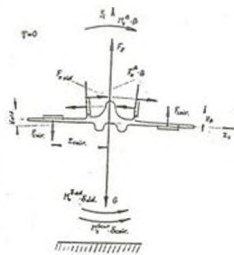
2. ábra

Nulla dőlési szöggel történő repülés esetén a legyező nyomatékot  $M_{y_p}$ , és a csúszás miatt keletkező oldalirányú erő nyomatékát  $F_z^\beta \beta z_\beta$ , az oldalirányon keletkezett nagy erő nyomatékával  $F_{z_{old}} x_{old} = M_{y_{old}}^\delta \delta_{old}$  egyenlítik ki (3. ábra). A csúszási szög nagyságával arányos nyomatékot  $M_x^\beta \beta = F_z^\beta \beta y_\beta$ , az oldalkormányon  $M_x^\delta \delta_{old} = F_{z_{old}} y_{old}$  és a

csűrő lapokon ébredő erők  $M_x^{\text{csűr}}$   $\delta_{\text{csűr}} = F_{\text{csűr}} z_{\text{csűr}}$  nyomatékaival ellensúlyozzák ki (4. ábra).



3. ábra



4. ábra

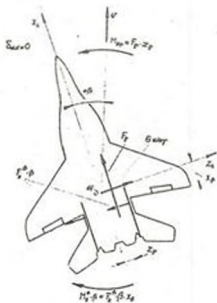
Semleges oldalkormány állás esetén a legyező nyomatékot a nagy csúszási szög miatt keletkező oldalirányú erő  $F_z^{\beta}$   $\beta$  nyomatékával egyenlítik ki (5. ábra). A csúszási szöggel arányos erőt a repülőgép súlyának kereszttenyely irányú összetevője ellensúlyozza  $F_z^{\beta} \beta = G \sin \gamma$  (6. ábra). A nagy csúszási szög miatt keletkező oldalirányú erő nagy dőlési nyomatékot  $M_x^{\beta}$   $\beta$  okoz, amit a csűrőlapokon ébredő erők pár nyomatékával kompenzálnak.

Az oldalirányú erők, valamint a repülőgép hossz- és függőleges tengelyre vett nyomatékaival egyensúlyi helyzetre:

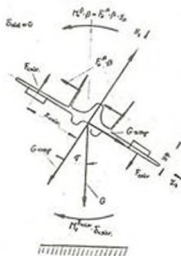
$$\sum F_z = F_z^{\beta} \beta + F_z^{\text{old}} \delta_{\text{old}} + G \sin \gamma = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma M_x = M_x^\beta \beta + M_x^{\delta_{cs\ddot{u}r}} \delta_{cs\ddot{u}r} + M_x^{\delta_{old}} \delta_{old} = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma M_y = M_y^\beta \beta + M_y^{\delta_{cs\ddot{u}r}} \delta_{cs\ddot{u}r} + M_y^{\delta_{old}} \delta_{old} + M_{y_p} = 0 \quad (3)$$



5. ábra



6. ábra

Ezek az egyenletek a felhajtóerő, illetve a nyomatéki lényezők segítségével is felírhatók:

$$c_z^\beta \beta + c_z^{\delta_{old}} \delta_{old} + \frac{G}{q A} \sin \gamma = 0 \quad (4)$$

$$m_x^\beta \beta + m_x^{\delta_{cs\ddot{u}r}} \delta_{cs\ddot{u}r} + m_x^{\delta_{old}} \delta_{old} = 0 \quad (5)$$

$$m_y^\beta \beta + m_y^{\delta_{cs\ddot{u}r}} \delta_{cs\ddot{u}r} + m_y^{\delta_{old}} \delta_{old} + m_{y_p} = 0 \quad (6)$$

ahol:

$$m_{y_p} = \frac{M_{y_p}}{q A z_p}$$

A fenti egyenletekben szereplő négy változó ( $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\delta_{csür}$ ,  $\delta_{old}$ ) közül egyet megváltoztatva, a maradék hármat ehhez igazítva, a repülőgépvezető az egyik hajtómű leállítását követően is elvezetheti a repülőgépet.

A (4)(5)(8) egyenleteket megoldva megkaphatjuk a szükséges oldal-, csűrőkormány kitérítési értékeket ( $\delta_{old}$ ,  $\delta_{csür}$ ), a szükséges dőlési szöget ( $\gamma$ ) pl. egy adott csűrési szög esetén ( $\beta$ ).

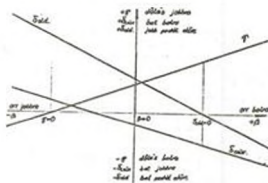
$$\delta_{old} = - \frac{m_{y_p}}{m_y} - \frac{m_y \beta}{\delta_{old}} \beta \quad (7)$$

$$\delta_{csür} = \frac{\delta_{m_x}^{old}}{m_x} \frac{m_{y_p}}{m_y} + \frac{1}{\delta_{csür}} \left( m_x \frac{m_y \beta}{\delta_{old}} - m_x \beta \right) \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{m_{y_p}}{\delta_{old}} \frac{c_z^{old}}{c_y} + \frac{1}{c_y} \left( c_z^{old} \frac{m_y \beta}{m_y} - c_z \beta \right) \quad (9)$$

A 7. ábrán a repülőgép kiegyensúlyozási diagramja látható kitérített oldal- és csűrőkormány, valamint dőlés ese-

tén, egyenes vonalú repülés közben, baloldali hajtómű ledi-  
lása után.



7. ábra

A 7. ábrán bemutatott diagram, konkrét számértéket tekintve minden repülőgéptípusra más és más, az eltérő konstrukciós kialakításuk következtében. Jelleműket tekintve azonban többnyire hasonlóak, így az itt látható ábra igen jól szemlélteti.

#### Felhasznált irodalom:

- 1 - Лисенко Н. М., Тарасенко А. М., Ерага В. Г., Основы динамики полета, ВВИА. Москва 1972;
- 2 - Медников А. М., Динамика полета и пилотирование самолетов, Монино, 1976;
- 3 - Келхобов А. И., Новад А. А., Динамика полета и боевого маневрирования летательных аппаратов, ВВИА, 1990.