

Békési László mk. ezredes
Főiskola parancsnok I. helyettes

A HELIKOPTEREK BEDÖLÉSÉNEK LEHETSÉGES OKAI GURULÁSKOR ÉS FELSZÁLLÁSKOR

Bevezetés

A helikopter földön való gurulásakor és felszálláskor a címbe szereplő szituáció alapvetően két ok miatt jöhet létre. Az egyik a keresztirányú vezérlőrendszerben történő meghibásodás, a másik a helikoptervezető helytelen vezérlési tevékenysége.

A helikopter bedőlése, sőt felborulásának valószínűsége különösen a hárompontos futóművekkel rendelkező egyforgószárnyas faroklégcsavaros helikoptereknél nagy. Ilyen esemény bekövetkezhet a földön való nagy sebességű gurulás és forduló végrehajtásakor, felszálláskor, amennyiben a talaj nem vízszintes és egyenetlen, azaz a helikopter eleve bizonyos dőlésszöggel rendelkezik a felszállás pillanatában.

1. A helikopter bedőlésének vizsgálata

Az egyszerűsítés végett további vizsgálatunknál tételezzük fel, hogy a talaj egyenletes. A helikopter típusául válasszuk a MI-8-at.

Az 1. ábrán a helikopter a földön kiinduló helyzetben látható, a vezérlő automata síkja vízszintesen áll.

Tételezzük fel, hogy a forgószárny vonóereje azonos hatásvonalon van a helikopter súlyerejével, a faroklégcsavar vonóereje pedig zérus.

Ekkor a kerekre ható talaj reakcióerő az

$$F_1 = F_2 = \frac{(G - T)l_1}{2l} \quad (1)$$

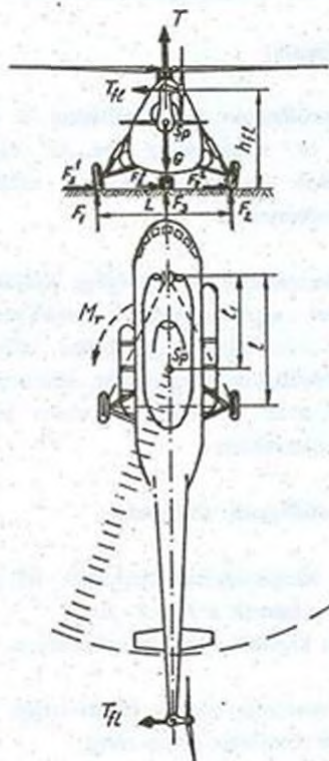
összefüggéssel határozható meg, ahol:

T - a forgószárny vonóereje a légpárnahatás figyelembe vételével;

G - a helikopter felszálló súlya;

l - a futóművek tengelytávja;

l_1 - az orrfutó és a forgószárny tengelyei közötti vízszintes távolság;



I.ábra

A helikopterre ható erők és nyomatékok álló helyzetben

Továbbá tételezzük fel, hogy a helikoptervezető a lábkormány jobb oldali pedálját elmozdítja előre, növelve ezzel a faroklégcsavar vonóerejét, melynek következtében létrejövő nyomaték a helikoptert igyekszik balra elfordítani.

A jobb kerékre ható talaj reakcióerő zérus lesz ($F_2 = 0$) abban az esetben, ha a főfutókerekek és a talaj közötti súrlódási tényező jelentős értékű ($\mu = 0.4$), így a helikopter nem fog balra elfordulni.

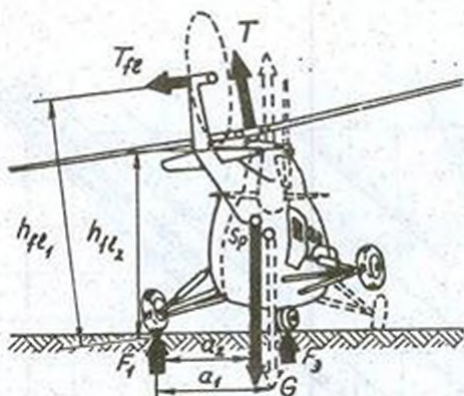
Tehát:

$$T_H h_H = \frac{(G - T) l_1 l}{2l} \quad (2)$$

A nomogrammból látható, hogy minél kisebb a helikopter felszálló súlya és minél nagyobb a forgószárnylapátok közös beállási szöge (φ), annál nagyobb hajlamot mutat a helikopter a balra való bedőlésre, ha a faroklégcsavar vonóerejét 5000N - tól 10000N -ig változtatjuk.

Ha a helikoptervezető idejében nem téríti ki a botkormányt (a vezérlő automatát), akkor a helikopter bedőlési szögének növekedésével növekszik a bedöntő nyomaték és a továbbiakban már csak a botkormány kitérítése nem elegendő a helikopter bedőlésének megszüntetésére.

A balra - előre való bedőlés folyamatában (lásd 3.ábrát) a forgószárny vonóerejének bedöntő nyomatéka (változatlan botkormány kitérés mellett) majdnem állandó marad, a faroklégcsavar vonóerejéből származó bedöntő nyomaték viszont növekszik ($h_{f_2} > h_{f_1}$). A helikopter súlyerejéből származó nyomaték, - mely ellentétes irányú az előbbi két nyomatékkal - csökken annak következtében, hogy az erő karja csökken ($a_2 < a_1$).



3.ábra

A helikopterre ható erők és nyomatékok
balra - előre való bedőlés estén

Amennyiben, ekkor a forgószárny vonóereje (a vezérlő automata bedöntött helyzetéből adódóan) meg van dőlve balra, az eredmény az lesz (2.ábra), hogy a helikopter bedőlési szöge növekszik. A faroklégcsavar vonóereje pedig - melynél a jobb futókerék elszakadhat a földtől - csökken.

Ezen kívül a helikopter balra - előre történő bedőlésének kedvez, ha a helikoptervezető a botkormányt balra illetve előre elmozdítja, valamint a balra elfordult orrkerék, puha vagy csúszós talaj, jobboldali oldalszél, a talaj balra való lejtése. Ilyen esetekben a helikopter még erősebben bedőlhet, sőt a jobb kerék a talajról felemelkedhet.[1.,2.]

A MI - 8 típusú helikopter egyenletes és vízszintes talajon, gurulás és felszállás közben akkor is bedőlhet, ha helytelenül kapcsoljuk be a robotpilótát.

Itt a következő hibák fordulhatnak elő:

a.) A bal oldali helikoptervezető AGB - 3K műhorizontjának és az AP - 34B robotpilótának helytelen bekapcsolási sorrendje. A helikoptervezetőtől megkövetelik, hogy a hajtómű beindítása és a forgószárny felpörgetése után először a műhorizontot kapcsolja be, majd ezután a robotpilótát. Amennyiben ezt a sorrendet szigorúan betartjuk, úgy a fentebb említett bedőlést kiküszöbölhetjük.

Néha azonban esetleg sietés és figyelmetlenségből adódóan a hibás bekapcsolási sorrend előfordulhat.

Vegyük például: a helikoptervezető úgy véli, hogy a műhorizont AZSZ kapcsolója a bal felső kezelőpulton bekapcsolt állapotban van, majd az egyeztető gomb benyomása után a bal oldalon bekapcsolja a műhorizont kapcsolóját és ezt követően rögtön a robotpilótát, annak dőlés és bólintási csatornáját.

Mivel ilyen esetben még a műhorizont girofüggőlegese még nincs függőleges helyzetben (a botkormány semleges illetve közel semleges helyzetében) olyan jelet ad a robotpilótának, ami hamis bedőlésnek felel meg. A robotpilóta így igyekszik ezt a hamis bedőlését a helikopternek kiküszöbölni és kitéríti a vezérlő automatát. Ekkor a műhorizont mutatói is elmozdulnak általában egészen az ütközőig.

Általában a műhorizont AZSZ kapcsolójának bekapcsolása után az AGB girofüggőlegese körülbelül 1 perc múlva foglalja el függőleges helyzetét és a műszer mutatói a semleges helyzetet felveszik.

Ha ez idő alatt nem növeljük a közös beállítási szögét a forgószárnylapátoknak, akkor sem gurulásnál sem felszállásnál veszélyes bedőlése a helikopternak nem lesz.

Más szóval az említett példa analóg azzal, ha kikapcsolt műhorizontnál a robotpilótát bekapcsoljuk, vagy ha a műhorizont meghibásodott. Ebben az esetben a kikapcsolt illetve meghibásodott AGB-től a robotpilóta olyan jelet kap, amelynek eredményeképpen az a vezérlő automatát igyekszik kitéríteni függetlenül a botkormány helyzetétől.

b.) A másik előfordulható hiba az, hogy a robotpilóta bekapcsolásának pillanatában a botkormány a semleges helyzetétől 50 mm -nél jobban ki van térítve. Bár a helikoptervezető számára ez szigorúan a rá vonatkozó utasításban nincs előírva, azonban mégis ügyelnie kell ilyenkor a botkormány semleges helyzetére.

Ez a hiba mégis bekövetkezhet ha még nincs megfelelő gyakorlata a helikoptervezetőnek a botkormány semlegesben tartására és ilyenkor észre sem veszi, hogy a semlegestől a botkormányt elmozdította (kezdő helikoptervezetőknél).

Ezen kívül ismert az a tény, hogy a begyakorlott mozdulatokat a helikoptervezető átviheti egyik helikopterről a másikra, átképzések alkalmával (pl. MI - 1 -ről vagy MI - 4 -ről MI - 8 - ra).[3.,5.]

Ha a botkormány kitérített helyzetében az automatikus trimmer nyomógombját benyomjuk, a botkormányon kormányerő nem lesz és ebben a helyzetben marad. A robotpilóta ilyenkor bekapcsolása esetén a botkormány helyzetét semlegesnek tekinti. Sőt a robotpilóta indikátorai semleges helyzetet mutatnak mind a dőlés mind a bólintás szerint.

A botkormány ebből a helyzetéből semleges helyzetbe való visszaállítása a vezérlő automata további kitérítését eredményezi és a robotpilóta indikátorai egészen vészhelyzetig kitérnek a dőlés és a bólintás szerint is.

Ilyenképpen a helikoptervezetői hibák és a műhorizont meghibásodása a vezérlő automata kitérítését eredményezheti, amely főleg az egyforgószárnyas faroklégcsváros helikoptereknél veszélyes lehet.

cselekvés eldöntésének idejét 0.1sec - ot, a reakció időt 0.1sec - ot, a botkormány elmozdításához szükséges időt 0.5sec., a helikopter reakció idejét 0.3sec., mindez összegében 2sec - ot tesz ki.

Ezalatt az idő alatt a helikopter bedőlése $\gamma = 9^\circ$ - ra növekszik. Ezen kívül, ha a robotpilóta bekapcsolásának sorrendje nem helyes (sőt, ha meghibásodott vagy kikapcsolt helyzetben van a baloldali műhorizont) növekszik ez az idő. Ebben az esetben nem hogy nem segít, hanem fordítva, zavarja a helikoptervezetőt a vezetésben.

Hárompontos futóművel rendelkező helikoptereknél, mint ezt a számítások is mutatják $\frac{T}{G} = 0.5 - 0.9$ viszony mellett a bedőlés határértéke nem haladja meg a $\gamma = 6^\circ$ - ot.

Ha a bedőlés $\gamma > 6^\circ$, a helikoptert kimozdítani ebből a helyzetből csupán a botkormány elmozdításával lehet. Főleg akkor, ha a bedőlésnek szögsebessége is van balra, ugyanis ekkor még a helikopter tehetetlenségét is le kell győzni. A helikopter bedőlése teljesen jobbra kitérített botkormányánál olyan érzetet kelt a helikoptervezetőben mintha a vezérlő rendszer meghibásodott volna.

Ebben a szituációban az sem segít, ha kikapcsoljuk a robotpilótát, sőt még jobban be fog dőlni a helikopter balra - előre. Ugyanis a robotpilóta kikapcsolásának pillanatában a helikopter helyzete dőlésszög és bólintási szög szerint, valamint a botkormány helyzete és a vezérlő automata helyzete nem felelnek meg egymásnak. Így egy plusz impulzust kap a forgószárnykúp, mégjobban megdőlni és vele együtt a forgószárny vonóerejének hatásvonalára is ($\Delta M_{ba} = F_{u, B}$).

Ez tovább növeli a helikopter dőlésszögét. Ha el is emeljük újból a helikoptert - a közös beállási szög további gyors növelésével másodszor is a talajhoz ütdőhet a bal kerék (4. ábra), ez azonban már a helikopter kb. $\gamma = 20^\circ$ bedőlt helyzetben történik és a helikopter energikusan tovább dől, leereszti a törzs orr részét és a dőlés irányába el is fordul.

További ismételt talajhoz ütdődéskor a bal kerék a lengéscsillapító működése következtében elemelkedhet a földtől, azonban a helikopter ekkor

már kormányozhatatlanná válik és a felborulását gyakorlatilag alig lehet megakadályozni.

Tehát világos, hogy bedőlt helikopterrel nem érdemes a repülést megkezdeni.

A másik lehetőség (azaz a közös beállási szög csökkentése) kevésbé veszélyes. Azonban itt is néhány sajátosságot mindig figyelembe kell venni. Az egyforgószárnyas helikoptereknél a bedőlés elleni harc a közös beállási szög csökkentésével körülbelül 22° -os bedőlési szög értékig eredményes. Ennél a bedőlési szög értéknél a forgószárny lapátok végei a Föld felszínével érintkezhetnek.

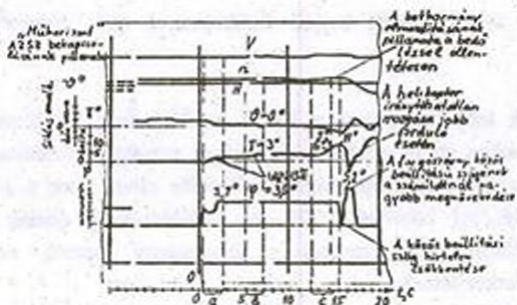
Az azonnali és gyors csökkentése a közös beállítási szögnek (5. ábra 15. sec.) $\gamma > 10^\circ$ -nál azt eredményezi, hogy a helikopter hirtelen a jobb kerékre eszkeedik.[4.]

Ilyen esetben a fülkében ülő helikoptervezető meginogva, akaratán kívül beléphet a jobb pedállal előre és ismételten növelheti a közös beállítási szöget (5. ábra 16. sec.), ha az egyesített gázkar nincs rögzítve.

Ennek eredményeképpen a helikopter el kezd fordulni jobbra. Amikor működni kezd a jobb futó lengéscsillapítója, a helikopter újból balra bedől, az elfordulás pedig a helikopter felborulását segítheti elő.

A gép jobb kerékre való hirtelen leeresztése esetén megszűnhet a forgószárny kiegyensúlyozottsága, következésképpen kialakulhat a talajrezonancia típusú lengése a helikopternek. Innen pedig az következik, hogy a közös beállítási szög hirtelen csökkentése nem ajánlatos. Ezen kívül a közös beállítási szög egyidejű csökkentésével a lábpedálokkal balra be is kell lépni.

Azokban az esetekben, amikor a helikopter gurulás közben kezd bedőlni valamelyik oldalra, azért hogy felborulását megakadályozzuk célszerű a bedőlés irányába a lábpedállal belépni, azaz a helikopter balra dőlésénél a bal pedált előre, jobbra dőléskor a jobb pedállal belépni.



5. ábra
A helikopter mozgásának paraméter értékei a SZARPP - 12D alapján

A helikoptervezetők tevékenységének elemzése és a tapasztalat azt mutatja, hogy a helikopter gurulásakor a bedőlés megakadályozása céljából még mielőtt a közös beállítási szöget növelnénk, meg kell győződni a robotpilóta üzemképességéről a botkormány semleges helyzetében (vagy ahhoz közeli helyzetben), a műszerrel a mutatók szintén semleges helyzetben kell hogy legyenek, és a műhorizont bekapcsolásától számítva legalább 1 perc elteltjen.

A forgószárnyalápok közös beállítási szögének növelésekor 4° -ig figyelemmel kell kísérni a helikopter földhöz viszonyított helyzetét.

Amennyiben a helikopter valamelyik oldalra igyekezne bedőlni, ezt a törekvést rögtön korigálni kell a botkormány kitérítésével, úgy hogy a bedőlési szög $\gamma = 5^\circ$ -nál nagyobb értékre ne tudjon megnövekedni.

A bedőlés helyesbítését célszerűbb impulzusszerű trimmeléssel megoldani. Ez a módszer a leghatásosabb, mivel ebben az esetben a robotpilóta szinte segít a helikoptervezetőnek és ami még nagyon fontos, hogy a robotpilóta hatása ebben az esetben a legkisebb még akkor is, ha meghibásodott volna.

Abban az esetben ha a helikoptervezető késlekedik a bedőlést helyesbíteni és a helikopter teljesen kitérített botkormány állásnál is folytatja a bedőlést, a kigurulást és felszállást abba kell hagyni. E célból

azonnal, de nem hirtelen csökkenteni kell forgószárnylapátok közös beállítási szögét, főleg akkor ha a bedőlés a $\gamma = 10^\circ$ -ot meghaladja.

Ilyenképpen a helikopter bedőlése guruláskor és felszálláskor akkor nem jelent különösebb veszélyt, ha a helikoptervezető ismeri az általa üzemeltetett gép aerodinamikai sajátosságait és időben és helyesen működteti a vezérlő szerveket.

Felhasznált irodalom

- [1] - Bodner B. A., Szisztyemi upravlenija letatelynimi apparatami, Masinosztrojenye, Moszkva, 1973.
- [2] - Martinov A. K., Ekszperimentálnije iszledovánija po aerodinámike vertoljota, Masinosztrojenye, Moszkva, 1972.
- [3] - Romaszevics V. F., Szamoljov G. A., Praktzicsesykaja aerodinámika ve.toljotov, Voennoe izdátjelsztvo minyisztjersztva oboroni, Moszkva, 1980.
- [4] - Szamoljov G. A., Nakrenyenyie vertoljota pri viruliványiji, Aviacija i kozsmonavtyika, Voenizdat, 1975/5 26 - 28 oldal.
- [5] - Szelestey Gy., Helikopter aerodinámika, főiskolai jegyzet, MN. KGYRMF, Szolnok, 1974.

