



A. Armas - M. Golubev:

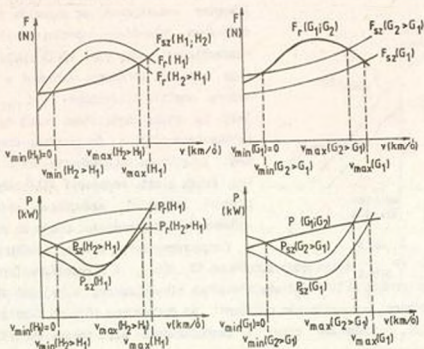
A HELIKOPTER NEMIRÁNYÍTOTT KÉNYSZERSÜLLYEDÉSE ÉS BEPÖRDÜLÉSE

(Fordítás az "Aviacia i kosmonavtika" c. folyóirat 1988. évi 7. szám 32-33. oldalán megjelent cikke alapján)

Fordította: Úvári Gyula mk. őrnagy

Az egyforgósárnyas helikopterek üzemeltetési gyakorlata alapján ismeretes, hogy egyidejű kényszerűsüllyedés és bepördülés esetén a repülés sikeres befejezésének igen kicsi a valószínűsége. Ennek az az oka, hogy mindkét kritikus repülési üzemmódon a forgósárnyas repülőeszköz gyakorlatilag irányíthatatlanná válik. A kritikus repülési üzemmódok előidézője, többnyire a repülési korlátozások megsértése, ezért célszerű megelőzni az ilyen veszélyhelyzet kialakulását.

A forgósárnyas repülőeszközök előre nem látható kényszerűsüllyedése akkor következhet be, ha adott repülési súlyú (G) helikopter, az adott külső levegő hőmérsékleten és repülési magasságon (H) a megengedett értéknél kisebb vagy nagyobb sebességgel (v) halad.

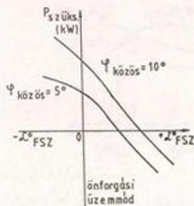


1. ábra

E jellemzők növekedésével növekszik a minimálisan (v_{\min}), csökken a maximálisan (v_{\max}) megengedett sebesség (1. ábra), ami megfelel a szükséges (P_{sz}) és rendelkezésre álló (P_r) hajtómű teljesítmény, illetőleg forgószárny-vonóerő (F) változásának.

Változó súllyal, más-más magasságon végrehajtott repülés alkalmával, különböző hőmérsékletű légterekben átrepülve a helikoptervezető nem hagyhatja figyelmen kívül a megengedett sebességhatárok megváltozását. Ellenkező esetben repülési manőverkor (gyorsítás, fékezés) nem zárható ki a helikopter megsüllyedése. Különösen veszélyes ez hegyek fölött repülve, mikor a magasságtartalék kicsi, illetve magashegyí leszállóhelyhez történő bejövételkor. Így a forgószárnyas légi jármű kényszersüllyedésének elkerülésére már korábban célszerű meghatározni azt a - hajtómű maximális üzemmódjához tartozó - minimális sebességet, mellyel még a vízszintes repülés végrehajtható, illetve ami a továbbiakban már nem is csökkenthető. A földfelszín hatósának zónájában, helikopterszerűen végrehajtott leszálláskor a sebesség további csökkentése csak a leszállási terület határának elérése után 3-5 m magasságban történhet.

A terheléssel repülő helikopter kényszersüllyedése bekövetkezhet a leszálláshoz nagy sebességgel történő bejövetel esetén is. Ilyenkor a helikopter vezetőjének az intenzív fékezés érdekében jelentősen növelnie kell a gép hosszoldását (több mint $10-15^\circ$ -kal). Nagy repülési sebesség, valamint a forgószárny pozitív állásszöge ($+\infty_{FSZ}$) mellett (a közös beállítási szög egyidejű csökkentésével!) a forgószárny-fordulatszám jelentősen megnövekszik. Ez a kritikus érték alatt megnövelt állásszögű lapátokon létrejövő, számottevő szívóerő-növekmény következménye. Ebben az esetben a forgószárny forgatásához szükséges tel-



2. ábra

jesítmény ($P_{szüks}$) lényegesen lecsökken (2. ábra). A forgószárny fordulatszám megengedett érték fölé emelkedésének elkerülésére, a hajtómű tüzelőanyagrendszere automatikusan csökkenti az égőterekbe történő tüzelőanyagbetáplálást, csökkentve ezzel a rendelkezésre álló teljesítményt, akár alapgáz üzemmódig is.

A leszállás (függés) helyéhez közelítve a helikoptervezető előre mozgatja a botkormányt, beállítva ezzel a leszálláshoz szükséges hosszódőlés szöget, illetőleg egyidejű közös beállítási szög növeléssel csökkenti a függőleges süllyedési sebességet. Amennyiben a kormánymozdulatokat energikusan hajtják végre, a tüzelőanyagautomatika - figyelembe véve a hajtómű gyorsulékonyaságát - nem biztosítja az állandó forgószárny fordulatszám fenntartásához szükséges teljesítményt. A forgószárny fordulatszám, ezzel együtt a vonóerő csökken, a helikopter kényszersüllyedésbe kezd. Ilyen esetben mindenképpen jobb megismételni a leszálláshoz történő bejövételt, figyelembe véve a repülés során az előbbi jellemzőket.

A helikopter üzemeltetési gyakorlatában ismeretesek a hajózó állomány más, rendszerint kényszersüllyedéssel végződő repüléstechnikai hibái is: a forgószárny túlterhelődése függésből vízszintes gyorsításra történő áttérésnél, a forgószárny közös beállítási szögének hirtelen növelése a hajtómű felszálló üzemmódján, fel- és leszállás, valamint manőverezés alkalmával, a hajtómű gyorsulékonyaságának figyelmen kívül hagyásával.

Fontos megjegyezni, hogy a forgószárny fordulatszámának csökkentése egyértelműen vonóerejének csökkenéséhez vezet. Ez belátható a forgószárny vonóerő (F) összefüggéséből is.

$$F = c_F \cdot \frac{\pi^3}{1800} \cdot \rho \cdot R^4 \cdot n^2$$

ahol

- c_F - a forgószárny vonóerő-tényezője;
- ρ - a levegő sűrűsége;
- R - a forgószárny sugara;
- n - a forgószárny fordulatszáma.

A forgószárny hirtelen teljesítményesése, fordulatszámának csökkenését is eredményezi és ezzel együttjár a helikopter kényszersüllyedése. Ez bekövetkezhet egyik vagy mindkét hajtómű meghibásodásakor, pompázs keletkezésekor és idegen tárgy szívócsatornába kerülése esetén.

Ismeretesek a helikopter kényszersüllyedésére ható olyan tényezők mint (általában rejtett) tűzfészek, ipari központ kéményei fölött történő átrepülés. Az utóbbi esetben a hajtómű teljesítményvesztését a bekerülő, megnövekedett hőmérsékletű levegő idézi elő. A kiinduló értékhez képest 25 C° -os hőmérsékletnövekedés a rendelkezésre álló hajtóműteljesítmény 510-660 kW-tal (700-900 LE) történő csökkenését eredményezi. Éppen ezért ilyen terepszakaszok felett célszerű gazdaságos, vagyis olyan sebességgel átrepülni, amelynél a hajtómű teljesítményfeleslege maximális, illetve minimálisan elégséges a vízszintes repüléshez.

A forgószárny fordulatszámesése következtében létrejövő kényszersüllyedés kezdeti pillanatában a helikoptervezető alapvető feladata a fordulatszám - kismérvű, közös beállítási szög csökkentéssel történő - visszaállítása és a továbbiakban a kormányzervekkel a repülés feltételeitől és fázisától függő ténykedés.

A hajózó állomány esetenkénti, kényszersüllyedés alkalmával elkövetett repüléstechnikai hibáinak elemzése rávilágított, hogy a helikoptervezető észlelte a forgószárny fordulatszám esést, valamint a függőleges süllyedési sebesség növekedését és megkísérelte a süllyedést a közös beállítási szög hirtelen növelésével megszüntetni. E tevékenység azonban igen veszélyes. Elsősorban, ha növelik a közös beállítási szöget a forgószárny fordulatszámesésekor ez tovább fokozza a süllyedési sebesség növekedését, a még intenzívebb fordulatszám-csökkenés következtében. Másodsorban, a közös beállítási szög növelésével egyidőben növekszik a szükséges forgató- (M_{forg}) , illetve reakciónyomaték (M_r) értéke:

$$M_{\text{forg}} = M_r = \frac{716,1 \cdot P_{\text{prof}}}{n}$$

ahol

- P_{prof} - profil-teljesítmény;
- n - forgószárny fordulatszám.

Adott esetben ez együttjár a lapátok forgatásához szükséges profil-teljesítmény (P_{prof}) növekedésével és fordulatszám-csökkenéssel. Az állandóan növekvő reakciónyomaték hatására a helikopter bal irányú forgásba kezd

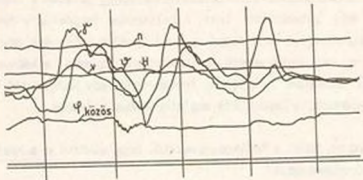
(a szovjet helikopterek forgószárny-forgásirányót figyelembe véve!). Az újabb kritikus üzemmód - a bepördülés - kialakulásának megelőzésére a helikoptervezető reflexszerűen, jobb lábbal, a faroklégcsvavar vanderőnövelése irányába "belép". Ilyenkor a faroklégcsvavar-lapátok közös beállítási szöge növekszik, ami természetesen forgatásukhoz is többleteljesítményt igényel. Mivel a forgószárny és a faroklégcsvavar mechanikusan össze van kapcsolva, a faroklégcsvavar forgatásához hiányzó teljesítmény a forgószárny mozgatásához szükséges teljesítményből lesz elvonva. Ennek következményeként a forgószárny és faroklégcsvavar fordulatszám-csökkenés, illetve a reakciónyomaték növekedése még intenzívebb lesz. A helikopter forgószárny-tengely körüli forgási szögsebessége és a függőleges süllyedési sebessége növekedni kezd. Ily módon a helikoptervezető egyik kritikus üzemmód, a kényszersüllyedés elhárítására irányuló helytelen tevékenysége egy kapcsolódó, nem kevésbé veszélyes jelenség, a bepördülés megjelenéséhez vezethet.

Mit tegyen tehát a helikoptervezető, hogy elkerülje a helikopter nem-irányított forgómozgását?

Függésben, a helikopter legkisebb önálló balrafordulási tendenciájának megjelenésekor igen kismértékben a jobb pedállal be kell lépni anélkül, hogy közben a forgószárny közös beállítási szögét növelné. Abban az esetben, ha a helikopter már forgást végez (süllyedés nélkül) és e mozgás a lábormány jobbra történő kitérítésével nem szüntethető meg, akkor a közös beállítási szög kismérvő, de energikus visszavételével csökkenteni kell a forgószárny reakciónyomatékát. Amennyiben a gép forgási szögsebessége nem csökken, a közös beállítási szög folyamatos csökkentésével a függőleges süllyedési sebességet 0,5-1 m/s értékig növelve talajt kell fogni a helikopterrel. Megfelelő magasságtartalék ($H > 200$ m) esetén a forgószárny ön-forgási üzemmódját felhasználva a gépet csúszással történő haladó repülésbe kell vinni.

Fel- és leszálláskor tilos a forgószárny-lapátok közös beállítási szögét növelni, amennyiben kicsi, vagy teljesen hiányzik a lábormány jobbra történő kitérítési tartaléka. A repülés bármely fázisában a jobb pedál ütközésig történő kitérítése tilos, éppen azért, hogy a helikoptervezetőt ne fossza meg a forgószárny reakciónyomatékának (M_r) a faroklégcsvavar vanderő-növeléssel történő kiegyensúlyozási lehetőségétől.

Előfordul olyan eset is, amikor a függést végrehajtó helikopter bepördülése a megengedettnél nagyobb sebességű oldalszélben következik be. Ilyenkor a faroklégcsavar vonóerejének hatásfoka a lapátokon létrejövő áramlásleszakadás következtében lecsökken. Ez esetben - mindenekelőtt leterhelt helikoptereken - a jobboldali pedál akár már kismérvű előremozdítása is az áramlásleszakadásos zóna kiterjedéséhez, a faroklégcsavar vonóerő további csökkenéséhez és így végeredményben önforgáshoz vezet. A bepördülés megjelenése igen veszélyes manőverező repülés során.



3. ábra

A 3. ábrán a SZARPP-12 által készített felvétel, a helikopter ugráshoz történő ráfodulása során végbemenő, nemirányított mozgását példázza. Látható, hogy a hossz- és a keresztoldási szög periódikusan váltakozva nagy amplitúdó értéket ér el. A repülési sebesség szintén széles határok között változik. A repülési paraméterek ilyen váltakozása a nemirányított, dugóhúzóba átmenő, bepördülő helikoptert jellemzi.

Ily módon a forgószárny fordulatszám és a faroklégcsavar vonóerő hatásfok csökkenés, mint fizikai ok következtében fellépő kritikus repülési üzemmód elkerülése érdekében, a helikoptervezetőnek ismernie és szigorúan be kell tartania a helikoptervezetői utasítás légiüzemeltetési korlátozásaira vonatkozó előírásait.