

dr. Pokorádi László mk.főhadnagy, főiskolai docens:

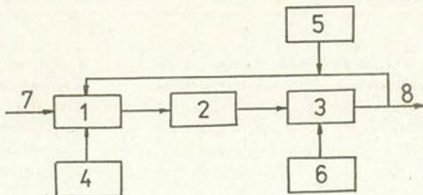
A HELIKOPTER REPÜLÉSDINAMIKAI VIZSGÁLATAI REPÜLŐKISÉRLETEKKEL

Ismeretes, hogy a helikopter bonyolult dinamikai modellként viselkedik repülése során. Mozgásának, stabilitásának, kormányozhatóságának matematikai modellezésen alapuló vizsgálata csak egyszerűsítések után oldható meg, amely az eredmények pontatlanságához vezethet. A harci helikopterek repülései kis magasságon a vezetés nagy pontosságát, közepes és nagy magasságok esetén nagy-nagy manőverezőképeséget igényelnek.

A DFVLR nyugatnémet kutatóközpontban repülő-kísérleteket folytattak azzal a céllal, hogy a helikopter repülésdinamika kutatási módszereit kidolgozzák [1].

1. Az eredményeket befolyásoló tényezők

A kapott eredmények pontosságára jelentősen hatnak a repülő-kísérlet egymástól kölcsönösen függő elemei. Az 1. ábra ezeket, a kísérletben résztvevő fő elemeket és kapcsolataikat ábrázolja.



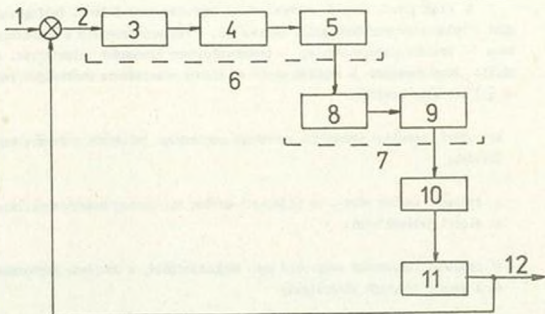
1 - helikoptervezető; 2 - vezérlő rendszer; 3 - a helikopter repülési dinamikája; 4 - a helikoptervezető állapota; 5 - látási viszonyok; 6 - légköri szelek és turbulenciák; 7 - vezetőmérnök utasításai; 8 - a helikopter reakciója.

1. ábra

A kísérletet vezető mérnök által meghatározott feladat felfogható mint a helikoptervezetőnek szóló parancsjel. A helikoptervezető a vezérlési lánc - szabályzásttechnikailag - legbonyolultabb elemeként jelentkezik. A pilóta tevékenységét a repülés során az alábbi műveletekre bonthatjuk fel az [5] irodalom szerint:

- az adott repülési üzemmódra vonatkozó pontossági jellemzők emlékezetben tartása;
- a repülés közben mért-, és kijelzett adatok folyamatos összehasonlítása az előírt jellemzőkkel;
- a repülési folyamatot megzavaró okok meghatározása, a döntések meghozása és a zavaró tényezők elhárítása;
- az esetlegesen kialakuló bonyolult repülési helyzet értékelése és a célirányos tevékenységhez szükséges döntés meghozása;
- a döntések alapján a kormányvezérlő karok szükséges értelmű és nagyságú elmozdítása;
- a kormányzervek kitérítése után kialakult repülési helyzet ellenőrzése.

A repülőgépvezető információ feldolgozási folyamatát a 2. ábrán mutat-
tom be.



1 - a szükséges repülési pálya; 2 - eltérés a szükséges repülési pályától; 3 - az eltérés észlelése; 4 - az eltérés felismerése; 5 - az eltérés identifikálása; 6 - az információ vétele; 7 - az információ feldolgozása; 8 - a kialakult helyzet értékelése; 9 - a beavatkozás módszerének kiválasztása; 10 - beavatkozás; 11 - a helikopter dinamiaki mozgása; 12 - a valós repülési pálya.

2. ábra

A fenti műveletek végrehajtásához szükséges időt a helikoptervezető döntési- és beavatkozási idejének nevezzük, amelynek nagysága elsősorban a pilóta szakmai felkészültségétől, pillanatnyi egészségi és pszichikai állapotától, temperamentumától, életkorától, másodsorban pedig különböző külső tényezőktől függ.

Eltérő repülési feltételek esetén nyilvánvaló, hogy a döntési- és beavatkozási idő értéke nemcsak a különböző pilótáknál nem azonos, hanem egy és ugyanazon helikoptervezetőnél sem. A [4] szakirodalomból is ismert, hogy a döntési- és beavatkozási idő értékét befolyásolja az adott repülési szakasz fontossága. Ezt a jelentőségi tényező hatásának nevezzük.

A helikopter viselkedésén keresztül jelentős befolyást gyakorolnak a kapott eredményekre a környezeti hatások is, mint amilyen a szél és a légköri turbulencia.

A légköri turbulencia, vagyis a szabad légkörben található térbeli sztochasztikus lengőmozgás leírása első pillanatban rendkívül bonyolult feladatnak látszik. Az átlagos szélesség \underline{c} vektorára szuperponálódó háromméretű \underline{w} időben és térben sztochasztikusan változó sebességterét kell ugyanis leírni. Az 1930-as évek második felében megindult határréteg és szélcsatorna kutatások (Kármán Tódor, Ludwig Prandtl) tisztázták, hogy az ilyen áramlásban nagyfokú, sok egyszerűsítést megengedő szabályszerűség található. A későbbi meteorológiai és repülési mérések pedig kimutatták, hogy a kisméretű áramlástan problémáknál talált törvényszerűségek - formailag és értelemszerűen - a szabad légkörre is különösebb megszorítások nélkül érvényesek [3].



3. ábra

A mérések szerint a G_w teljesítménysűrűség spektrumok alakja a turbulencia eredetétől (például napsugárzásból eredő felmelegedés, időjárási front) független és egymástól csak a turbulencia erősségében különbözik (3. ábra).

A repülőkéísérletek során nyert adatokat rögzíteni kell, hogy később azokat biztonságosan felhasználhassuk. A kísérlet esetleges megismétlésének eldöntése érdekében szükséges az adatok gyors elemzése is. Ezért a paraméterek mérését, átvitelét, rögzítését és különböző szintű analizisét egy összetett rendszerrel kell biztosítani. Az eredmények értékét nagyban befolyásolja az adatok mérésének, átvitelének és rögzítésének pontossága.

A fentiek alapján a repülőkéísérletek tervezésekor figyelembe kell venni:

- a repülési feladatot;
- a kísérlet végrehajtásának feltételeit;
- a kutatási feladat realizálhatóságát;
- a kapott adatok tárolását, valamint minden irányú és szintű feldolgozását.

2. A repülőkísérletek végrehajtása

A DFVLR szakemberei az alábbi tíz jellemző manővert választották ki harci helikopterek repülésdinamikájának vizsgálata céljából [2]:

- függés és függőleges felszállás;
- gyorsítás: repülés minimális magasságon terepkövetésben és gyors fékezés a helikopter teljes megállásáig;
- a helikopter felugrása fedezékből és függőleges visszasüllyedés a fedezékbe;
- oldalirányú csúszások;
- elfordulás függéskor;
- hátra repülés függésből;
- repülés terepkövetésben nagy terhelésű fordulókkal;
- 180° -ban végrehajtott vízszintes forduló;
- ugrásban végrehajtott 180° -os forduló;
- zuhanás.

A kísérletek során az előbb említett manőverekből összeállított repülési programot hajtottak végre a helikoptervezetők.

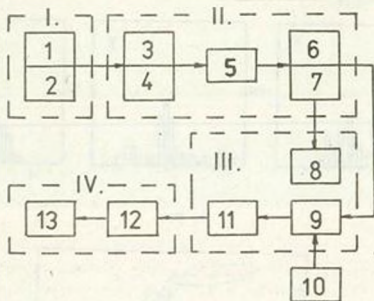
A tapasztalatok megmutatták, hogy a helikoptervezetők kísérletekbe való megfelelő számú bevonása, és ezzel egyidőben gondos kiválasztásuk szükséges. A repülőkísérletekben öt fő berepülőpilóta és katonai helikoptervezető vett részt, akik nagy repülési tapasztalatokkal rendelkeznek, kiváltképpen a terepkövetésben. A helikoptervezető a kísérlet eredményeire gyakorolt szubjektív hatásainak csökkentése érdekében a kapott eredményeket elemezték és átlagolták.

A repüléseket 9 km/óra -nál kisebb szélben és 10 km-nél nagyobb vízszintes látástávolságon végezték, így csökkentve a környezet sztochasztikus hatásait.

A repüléseknél két - BO-105 és IH-10 - típusú helikoptert használtak. A két típus a hajtóművek teljesítményeiben, repülésdinamikájukban, valamint a forgószárnyak rendszerében és vezérlésében erősen különböznek egymástól. Mindkét helikoptert felszerelték fedélzeti adatgyűjtő, rögzítő és továbbító rendszerrel. Ezek a rendszerek mérték és regisztrálták a kormányvezérlőkarok állásait, a helikopter dőlési szögeit és szögsebességeit, a géphez

rögzített koordinátarendszer menti sebességeket és gyorsulásokat, valamint a forgószárny forgatónyomatékát és fordulatszámát.

A repülések során az adatokat digitalizálták, a fedélzeten rögzítettek és ezzel egyidőben - rádió útján - továbbították a földre. A földi irányítóponton digitálisan rögzítették, illetve az elsődleges elemzés céljából grafikonokon kiírták a kísérletet vezető mérnök részére. Közvetlenül a repülések után a mérési eredmények a központba kerültek, ahol számítógép segítségével, azokat újra analóg jelekké alakították. A mérési adatok útját a 4. ábra szemlélteti.



I - repülő kísérlet; II - helikopter; III - földi állomás; IV - központi számítógép.

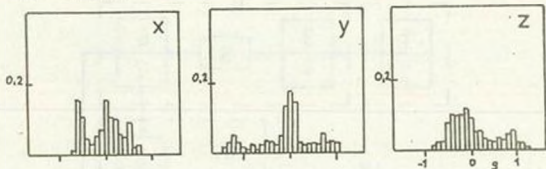
1 - a kísérlet körülményei; 2 - korlátozások; 3 - adatgyűjtés; 4 - a helikoptervezető és a helikopter munkakörülményei; 5 - adatok digitalizálása; 6 - az adatok rögzítése; 7 - szalagra rögzített adatok; 8 - gyors elemzés; 9 - az adatok előkészítése; 10 - kilibrálás; 11 - a követelményeknek való megfelelés megbecslése; 12 - az adatok feldolgozása; 13 - adatbank.

4. ábra

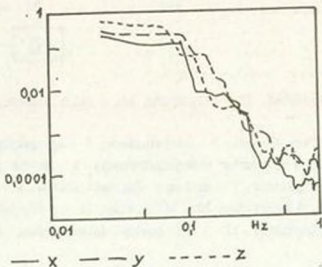
3. A helikopter manőverezőkéesség vizsgálata

A helikopter manőverezőkéességének vizsgálatát a helikopterhez rögzített koordináta-rendszerben végezték.

A hosszirányú gyorsulást a gyors fékezés esetére -lg-ben maximalizálták. A legnagyobb normál és oldalirányú terheléseket fordulókkal végrehajtott terepkövetéses repüléskor, valamint ugrásban végrehajtott forduló esetén figyelték meg. Az 5. ábrán a különböző tengelyek menti gyorsulások relatív gyakorisága látható egy 40 másodperces ugrásban végrehajtott forduló esetén. A 6. ábra az energiasűrűség spektrumok grafikonjait ábrázolja a fenti manőverre.

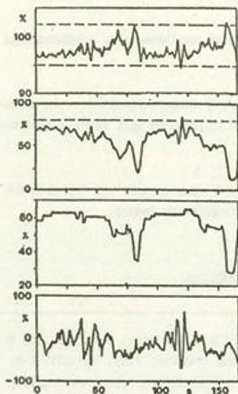


5. ábra



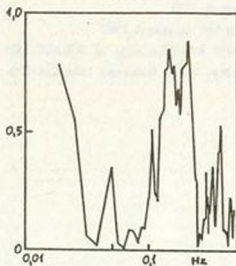
6. ábra

4. A forgószárny fordulatszámának és forgatónyomatékának hatásai



A repülőkísérletekkel szerzett adatok elemzése megmutatta, hogy a forgószárny fordulatszáma és forgatónyomatéka manőverező repülés esetén rövid ideig túlléphetik a megengedett értékeket. A 7. ábra az idő függvényében ábrázolja: a forgószárny fordulatszámát (a), forgatónyomatékát (b), az egyesített vezérlőkar állását (c), és a botkormány oldalirányú kitérését (d). A szaggatott vonal a megengedett értékeket mutatja.

7. ábra



A korreláció analízis lehetővé tette a paraméterek egymáshatásának megbecsülését. A 8. ábra a kereszt-korreláció értékeit mutatja a frekvencia függvényében az egyesített vezérlőkar helyzetéhez képest. Az ábrából látszik, hogy a 0,1 Hz-es frekvencia eléréséig az egyesített vezérlőkar állása a forgószárny forgatónyomatékának és fordulatszámának közel lineáris változásához vezet.

8. ábra

A repülőkísérletek eredményeinek értékelése alapján ezekre a következtetésekre jutottak a kutatók:

- a közepes és nagysebességű tereppkövetéses repülések nagy szögsebességű elfordulásokat követelnek;
- a manőverezőképesség hatása a forgószárny forgatónyomatékára és fordulatszámára nyilvánvaló, és ezt a hatást figyelembe kell venni a helikopter tervezésekor;
- a helikoptervezető manőverezés közbeni vezetéstechnikai terhelésének csökkentése a keresztkapcsolatok javításával lehetséges.

Felhasznált irodalom:

1. Pausder H., Meyer H., Sanders K., Wulff G. Flight test technique for the assessment of helicopter mission demands AIAA Pap. 1983. Num 2735 1-8
2. Pausder H., Gerges R.M. The Effects of Pilot Stress Factor on Handling Quality Assessments during US/German Helicopters Agility Flight Test, Proceeding of 8th European Rotorcraft Forum 1982.
3. Dr.Gedeon József: Lengéstan BME Budapest 1981
4. Dr.Jászai Brunó: A repülés ergonómiája BME Budapest 1982
5. Dr.Sipos István: Ergonómiai vizsgálatok szükségessége az automatizált vezetés során IX. Magyar Repülőtudományi Napok Budapest 1988 214-222