

MAGYAR HONVÉDSÉG  
SZOLNOKI  
REPÜLŐTISZTI FŐISKOLA

R

# REPÜLÉSTUDOMÁNYI

ÉS

KIKÉPZÉSI

KÖZLEMÉNYEK

(TUDOMÁNYOS KIKÉPZÉSI  
KÖZLEMÉNYEK)



VI. évfolyam 17 — 18. szám

1994/2-3.

REPÜLÉSTUDOMÁNYI ÉS KIKÉPZÉSI  
KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Honvédség  
Szolnoki Repülőtiszti Főiskola  
belső terjesztésű időszakos folyóirata

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

Elnök: Békési László mk. ezredes  
Főszerkesztő: Óvári Gyula mk. alezredes

TAGJAI:

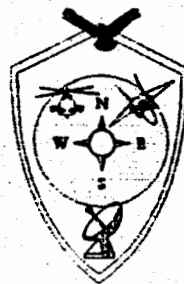
dr. Lantos Éva főisk. tanár  
Mikola István őrnagy  
Ribárszki István alezredes  
Svehlik János mk. alezredes  
Szekeres Bálint főisk. adjunktus  
Szilágyi Sándor ka.  
Szurmay Zoltán szds.  
Verdes István alezredes  
Gépelés, szövegszerkesztés: Dömök Jánosné ka.

FELELŐS KIADÓ:

Nagy Szilveszter mk. vezérőrnagy

KÉSZÜLT:

A Szolnoki Repülőtiszti Főiskola házi nyomdájában



## MEGHÍVÓ

A Repüléstudományi Szekciónk 1995. április 12-én (szerdán) 10.00-tól tartja a Szolnoki Repülőtiszt Főiskolán soros konferenciáját amelyre ezúton tisztelettel meghívjuk. A konferencia témája megegyezik az éves terveinkben megjelöltekkel, mely szerint az alapmotívumát a repülésirányítás kérdéskörei képezik. Ezek alapján:

Cím:

### Az egységes repülésirányítás kérdései a Magyar Köztársaságban

- 1.) Bevezető: A repülés irányításának - mint fogalomnak - az értelmezése, a rendszerben elfoglalt helye és összefüggései, szakirodalmi és köznapi megjelenési formái.  
Ea.: dr.Németh Miklós
- 2.) A tisztképzés és felkészítés alkalmazkodása a nyugati technológiákhoz és a vezetéshez.  
Ea.: dr.Horváth János
- 3.) A transzponder és az IFF, az SZRO-SZRZO, valamint a rádiólokációs biztosítás kérdései.  
Ea.: dr.Kurucz István
- 4.) A nyugati felfogású repülőharcászat technikai háttere.  
Ea.: dr.Óvári Gyula

A rendezvény helye - a hagyományoknak megfelelően, - a 0101 lejtős tanterem.  
Az előadásokat maximum 20 percre tervezzük és tág teret kívánunk adni a vitának, a javító szándékú megbeszéléseknek, vélemény-nyilvánításoknak.  
Hosszabb szünetet 12.00-tól tervezünk 45 percben, amikor az előtérben büfé (kávé, üdítő, lángos, pogácsa stb.) rendelkezésre áll. Ebédet külön nem szervezünk!  
Megjelenésére számítunk! Jelen meghívó belépésre is feljogosít!

Szolnok, 1995. március 10.

Tisztelettel:

**a Repüléstudományi Szekció  
Vezetősége**





# T A R T A L O M

	Oldal
BENYÓ GYÖRGY: Mit tanultam az Egyesült Államok Légierő Egyetemén? .....	2
Dr. NEMETH MIKLÓS: Repüléstudomány és a Magyar Hadtudományi Társaság .....	19
Dr. POKORÁDI LÁSZLÓ: Rendszerek és folyamatok gráfelméleti vizsgálata .....	22
Dr. KISS LAJOS: A repülőgép-kerék fékezése nedves felszállópályán .....	34
Dr. SZABÓ LÁSZLÓ: "VEREB" felsőszárnyas motoros könnyűrepülőgép - számítógéppel segített - repülésmechanikai elemzése .....	46
HORVÁTH DEZSŐ: A repülőgép dinamikai tulajdonságának vizsgálata hosszirányú mozgás esetén .....	66
SÁNDOR ENDRE: Szemelvények a Természettudományi tanács tudományos munkájából .....	90
Dr. ESZENYI JÓZSEF: A magyar lakosság biztonságtudatának alakulása .....	101
KISS CSABA: Egy különleges repülőgép története .....	115
Légi járművek optoelektronikai rendszerei és berendezései (fordítás) .....	127
STONIER ROGER A.: A stealth technológia kidolgozása a második világháborútól az űből-háborúig (fordítás) .....	145
MYRES L. P. - WALSH K. R.: Az F-15 repülőgép paramétereinek javítása egyesített hajtóművezérlő - repülőgépvezérlő rendszerrel (fordítás) .....	161
HUGHES, D. - LENOROWITZ J. M.: Az F-117A repülőgép korszerűsítése (fordítás).....	168
ROINE MATSSON: A CFD számítások és szélcsatornamérések, lehetőségek az új repülőgépek aerodinamikai fejlesztésében és tervezésében (fordítás) .....	174
WILTTE FRANK: A repülőgép hajtómű-jellemzők változási tendenciái (fordítás) .....	190
MICHEL TATU: A zűrzavar kezelése (fordítás).....	208

Benyó György alezredes

MIT TANULTAM AZ EGYESÜLT ÁLLAMOK  
LÉGIERŐ EGYETEMÉN

Két bevándorló találkozik 20 év után az Egyesült Államokban.

- Mi van veled, hogy élsz?
- Tudod, mikor kijöttem láttam, hogy az utcában nincs étterem. Nyitottam egyet és azóta is megélek belőle. És Te?
- Tudod, mikor kijöttem láttam, hogy az utca tele van étteremmel. Gondoltam, ha ennyien megélnék belőle, nekem is menni fog. Nyitottam egyet és azóta is megélek belőle.

A tanulás szemléletformálást jelent. Lehet, hogy ugyanabból a lényből más következtetést vonunk le. Lehet, hogy más-más tényből ugyanazt a következtetést vonjuk le. Nem baj, ha nem vagyunk egyformák. A lényeg, hogy mindig találjuk meg a megfelelő megoldást. Sok mindent másképp látok, mint állampolgár és mint katona, mióta hazajöttem az Egyesült Államokból, ahol 1992. június 15. és 1993. március 18. között folytattam tanulmányaimat az Egyesült Államok Légierő Egyetem Parancsnoki és Törzs Akadémiáján, a Maxwell Légibázison Montgomery városban, Alabama államban.

A képzés során 12 amerikai egyesült államokbeli, 1 kanadai tiszt volt az osztálytársam. Többségük az amerikai légierő, néhányuk a hadsereg, illetve a haditengerészet tisztje volt. köztük nő is, egyikük pedig civil. Ezt a vegyes összetételt fontosnak tartják, segítségével a képzés során lehetőség van különböző nézőpontok alapján megközelíteni egy adott kérdést. Az osztályfőnök az amerikai légierő tisztje, előző évben végezte az ACSC-t. Ezt a beosztást egy évig töl-

ti be. Segítségükkel a tananyagon felül kiegészítő ismereteket szereztem az egyesült államokbeli életformáról, az Egyesült Államok fegyveres erőinek erkölcsi-fegyelmi-szakmai helyzetéről.

Az iskolán 54 nemzet 76 tisztje tanult NATO, ázsiai, latin-amerikai és afrikai országokból. Egy osztályban legfeljebb két "nemzetközi" tiszt volt. Az amerikai tisztek mintegy 20 %-a részeseül ilyen jellegű képzésben. Az itt szerzett "diploma" adaptálása magyar viszonyokra nem egyszerű, a két ország fegyveres erőiben lévő képzés különbsége miatt. Az amerikai tisztek egyetemi végzettséggel, örnagyi rendfokozatban kerülnek be az intézménybe. Az itt szerzett ismeretanyag részben több, részben kevesebb, mint a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián nyújtott ismeretek, pl. az ACSC-on nem foglalkoznak század, zászlóalj, ezred harcászattal. Az Egyesült Államok Parancsnoki és Törzs Akadémia nem pótolhatja a ZMKÁ-n kapott képzést, véleményem szerint annak továbbfejlesztésének minősíthető. A képzés kimondott célja a szemléletformálás, a kreatív gondolkodás fejlesztése. Felkészíteni a tisztet arra, hogy a katonai felső vezetés jövőbeni tagjaként képes legyen az ország politikai vezetését katonai-politikai tanácsokkal ellátni. Nemzetközi konfliktusokat elemezve képes legyen segítséget nyújtani a politikai vezetés számára: van-e az adott problémának katonai megoldása, érdemes-e abba belefogni, a befektetett erő, energia, pénz arányban áll-e a várható nyereséggel. Ennek megfelelően az előadást követő szemináriumi foglalkozások, illetve felmérések témája gyakran egy-egy nemzetközi feszültséghelyzet megoldási javaslatainak kidolgozása volt. (Pl. Egyesült Államok erődemonstráció szervezése egy latin-amerikai ország ellen; Egyesült Államok szerepe egy kazahsztáni nacionalista fordulat esetén stb.).

Igen fontos, visszatérő szempont a pénz az itt megismert katonapolitikus gondolkodásban. Mindig figyelembe kell

venni, van-e gazdaságosabb megoldás, pl. egy irányított rakéta nem ér-e többet egy Uzemanyag-szállító jármű ellen felhasználva, mint egy első vonalbeli harcokocsik ellen. Első esetben a helikopter épségének kisebb mértékű kockáztatásával több harcokocsit tehetünk mozgásképtelenné.

Szintén igen fontos számukra az egyén kreativitása a feladat végrehajtása során. Felfogásuk szerint részletekbe menő feladatkidolgozás helyett célszerűbb a célt közölni a végrehajtókkal, a többit oldják meg ők. A túl központosított, szigorú terv szerinti tevékenység hatékonyabb ugyan ha működik, de a legkisebb eltérés megbénítja a végrehajtókat. Pl. Irak légierője képtelen volt tevékenykedni az Öböl-háborúban a központi irányítás hiánya miatt. Márpedig eltérés a tervtől mindig van.

Az intézmény magas szintű nemzetközi együttműködésben (külföldi és belföldi tanárok, előadók, hallgatók) a gyakorlati életben jól alkalmazható képzést nyújt vezetéselmélet, nemzetbiztonsági ügyek, alacsony intenzitású konfliktusok, hadtörténelem, légierő alkalmazása, űrhadviselés terén. A fő cél - ahogy említettem - nem a tárgyi tudás, hanem a gondolkodás kívánt irányba való fejlesztése, a tiszt felkészítése a "politikus-katona" szerepre. Az Egyesült Államok fegyveres erői szigorúan politikamentes működésre vannak berendezkedve. Azonban egy bizonyos szint fölött követelmény a politikus gondolkodás. A politikamentes berendezkedés nem jelent ideológia mentességet. Az amerikai tiszt valóban nem politizál, elfogadja a nemzet akaratából hatalmat gyakorló párt vezető szerepét, illetve az elnök vezető szerepét. Bár vannak nyíltan demokrata, illetve republikánus beállítottságú tisztok - a többség republikánus. Egyöntetűen elhatárolják magukat minden ideológiai szélsőségtől, a kommunista, fasiszta, fajgyűlölő irányzatoktól. Egyértelműen a polgári demokrácia meggyőződéses hívei.

Az ellenőrzés-értékelés az iskolán folyamatos, alkalmanként írásbeli teszttel, feladattal kiegészítve. A tanulás ennek megfelelően stresszel és terheléssel jár. Az értékelés korrekt, a vizsgák alatt puskázás, sügás nem fordul elő. Az állandó verseny miatt a hallgatók ilyen jellegű segítséget nem kérnek, nem adnak és nem tűrnek el.

A napi felkészülés mintegy 100 oldal tananyag elolvasását igényli az időszakos feladatok teljesítésén felül. A tanulást segítő, rendkívül jól felszerelt könyvtár áll a hallgatók rendelkezésére naponta este 10 óráig.

Az oktatás előadások és szemináriumok formájában történik. Igen gyakran meghívott előadók, más egyetemek professzorai, külföldi (belföldi) politikusok, magas beosztású katonák, veteránok tartanak előadást. A vietnámi veteránok megkülönböztetett tiszteletben részesülnek. Egy bizonyos beosztás fölött szinte elképzelhetetlen, hogy az illető nem harcolt Vietnámban.

Nagy súlyt helyeznek a szemléltetésre, amiről csak lehet filmet mutatnak be, beleértve a film feltalálása előtti idők eseményeit (amerikai polgárháború stb.).

A szemináriumon egy-egy hallgató vezetésével (elnök) vitatják meg az előadás és a kötelező irodalom anyagát. Kiselőadások hangoznak el a levezető elnök számára szintén plusz felkészülést igényel a feladat. Az elnöki feladatot minden hallgató rendszeresen ellátja.

Szervezett tanulmányi kirándulásokon az ott tanuló tiszt lehetőséget kap az Egyesült Államok politikai-gazdasági-katonai életének, az amerikai nemzeti értékek, kultúra tanulmányozására. Pl. Kongresszus, Amerika

Hangja rádióállomás, Világbank, Pénzverde, Lockheed repülőgépgyár, Huntswill Űrkutatási Központ, "Red Lag" harcászati kiképzőbázis Nellis AFB, Fort Benning Ranger kiképzőbázis, Pensacola Haditengerészeti Légibázis, Eglin AFB kísérleti központ stb.

Az amerikai fél nagy súlyt helyez az ott tanuló külföldi tiszt véleményének megismerésére. Ez bevallottan ugyanolyan fontos, mint a képzés maga. A számukra hasznos véleményeket azonnal felhasználják az oktatás során. Fontosnak tartják más nézőpontok megismerését. Különös volt hallani egy ottani véleményt, mely szerint Európa a militarizmus bölcsője. Az európaiak 20-30 évenként egymást pusztító gyilkos háborúkba kezdenek, ezért a legjobban az tette, aki otthagyta annak idején a kontinenst és letelepedett Amerikában. Szomorú igazolása folyik ennek a véleménynek napjainkban Bosznia-Hercegovinában.

A tanfolyam elvégzése után saját kérésemre 1 hetet töltöttem az Egyesült Államok hadseregrepülőök Fort Rucker kiképzőbázisán. Itt a hadseregrepülőök kiképzésével, harcászati elveinek oktatásával ismerkedhettem.

Az általam fontosnak tartott értékek és különbségek:

#### Sportélet

A helyi követelményeknek megfelelően minden tiszt önállóan és intenzíven sportol, erre külön idő nincs biztosítva. A fizikai követelményeket nem teljesítőket az Egyesült Államok fegyveres erőiből meghatározott időn belül - érdemeikre való tekintet nélkül - eltávolítják.

Péntek délutánonként kötelező soft-ball mérkőzések voltak a hallgatók számára. Itt a bevallott cél nem a sport, hanem az amerikai kultúra megismerése és a közösségi

összetartozás erősítése volt. Jelentős alkoholfogyasztással sem ezen, sem más rendezvényen nem találkoztam. Az amerikai tisztideál sportol, nem iszik, nem dohányzik.

### Család

Az amerikai szervek kérésének megfelelően az ott tanuló tiszték általában családjukkal együtt érkeztek, illetve legalább egy időre családjuk is jelen volt, beleértve a lengyel és csehszlovák tisztársaimat. A nyugati világban a család, a tisztfeleség szerepe alapvetően különbözik a nálunk megszokótól. A tisztfeleség a férj beosztásától függően aktív közéleti tevékenységet folytat a többi tisztfeleség körében. Feleségként részt vesz különböző katonai rendezvényeken. A szóban forgó iskolában a feleségek látogathatják az előadások egy részét, kifejezendő szoros összetartozásukat a férjjel, a fegyveres erővel. Az amerikai fél a külföldi tisztfeleségek számára külön foglalkozásokat, összejöveteleket is szervez, ahol alkalom nyílik a "tisztfeleség" szerep gyakorlására.

Számomra a magyar szervek nem engedélyezték családom kiutazását. Feleségem saját költségemen 6 hetet töltött a légibázison (1992.11.26-1993.01.04-ig), részt vett a megfelelő foglalkozásokon. Az amerikai fél ezt a tevékenységet "diplomával" is honorálta a többi tisztfeleséghez hasonlóan.

Javaslatom: a jövőben is elfogadhatónak tartom a magyar tiszték család nélküli tanulmányaimat az Egyesült Államok különböző intézményein, azonban 4-8 hét időtartamra javasolom engedélyezni a feleség kiutazását. Az utazás költségei a tisztet terhelhetik, az ott-tartózkodásra pedig a saját szervek engedélye esetén az amerikai kormány napi + 25 dollár megélhetési költséget biztosít. A magyar fél részére ily módon a feleség kinn tartózkodása anyagi terhet nem

jelent, a feleség viszont a többi külföldi tisztfeleséghez hasonlóan rövid időre részt vehet a képzésben.

### Szállás, ételmezés

A biztosított valutáért magas színvonalú lakrészt bérelhettem a légibázison. A lakrészben nappali, hálószoba, fürdőszoba, konyha, TV, hűtő és távhívásra alkalmas telefon állt egyedüli rendelkezésemre. A helyszínen szintén magas színvonalú étkezési lehetőségek között válogathattam.

### Hagyományok

Az Egyesült Államok fegyveres erőiben a nálunk megszokotthoz képest rendkívül erős a hagyományápolásra való törekvés. Ez megnyilvánul például alakulatok elnevezéseiben. Nem ritkák a lovas alakulatok, ami ma már páncélos vagy helikopteres alakulatot jelent. Ugyancsak ez a hagyományápoló törekvés nyilvánul meg a díszegyenruházaton. A magyar egyenruha korszerűtlennek tűnik a nemzetközi mezőnyben, nemcsak azért, mert számukra nehézséget okozott megkülönböztetni a bolgártól vagy csehszlováktól. A zubbony hétköznapokon túl ünnepélyes - más nemzetek tisztjei pulóvert vagy inget hordanak -, ünnepélyes alkalmakkor pedig túl szerény az aranyszujtásokkal díszített, szabásukban múlt századi öltözködési szokásokra emlékeztető díszegyenruhákhoz képest. Pl. egy díszfogadáson a török kollégám megkérdezte, én miért nem viselem a díszruhámat. A szokásos zubbony fehér inggel számára nem tűnt elég ünnepélyesnek a többi nemzetéhez képest.

A közelmúltban megjelent "kistársasági" öltözet megállja helyét nemzetközi rendezvényeken, alkalmas arra, hogy tisztjeinknek a magyar katonai öltözködés hagyományait tükröző elegáns megjelenést biztosítson.



Az Egyesült Államok hadtörténelmének dicső és olykor kevésbé dicső eseményeinek tanításával igyekeznek katonai hagyományaikra büszke, azokat szívesen vállaló és továbbfejleszteni akaró "amerikai" nemzettudatú tiszteket képezni - sikerrel. A katonai hagyományaikra büszke, magas szintű nemzeti érzésű amerikai tisztekben fel sem merül a világ többi nemzetének lenézése. Miközben komolyan hiszik, hogy a világ legnagyobb nemzetét szolgálják a világ legjobban képzett katonáiként, a világ legmagasabb technológiai szintű fegyverrendszereinek birtokában, őszintén hisznek a szabadságban, a demokráciában és a fajok, a nemek, a nemzetek egyenlőségének eszméjében. Hivatásuk során a pályaválasztáskor, az aktív szolgálatból való kiválásig rendkívül fontos motivációjuk a fizetés. Eletük folyamán a magasztos eszmék mellett nyíltan és bevallottan a pénz, a fizetés a fő mozgató erő. Fizetésükért, az eszmékért, az Egyesült Államok nemzeti érdekeiért bárhol, bármikor készek feladataik végrehajtására, az ország politikai vezetése döntésének megfelelően.

Mindent egybevetve, az amerikai tiszt világa rendkívül kemény, fizikai és szakmai követelmények szempontjából állandó küzdelmet igénylő világ. Számunkra sokszor zordnak és kegyetlennek tűnhet. Noha katonai hagyományaink az övéknél jóval messzebbre nyúlnak vissza, van mit tanulni tőlük katonai téren ugyanúgy, mint vezetéselmélet és emberi viszonyok, erkölcsi-fegyelmi helyzet és követelménytámasztás terén is.

### Csoportszellem

A képzés során nagy súlyt fektetnek a csoportszellem fejlesztésére. A katonai kollektíva kialakítása azonban az emberi méltóság, az individuum tisztelete és sérthetatlensége mellett történik. A kollektív szellem a kapott feladatot csoportként történő sikeres végrehajtására való képességet

jelenti számukra. A csoportszellemet erősíteni hivatott társasági összejövetelek ritkán tartanak egy-két óránál tovább. A szabad idejét mindenki önálló egyéniségként - általában családjával, illetve egyéni tervei szerint tölti.

#### Az egyén szerepe, tolerancia

Általános a másik ember véleményének, akaratának tisztelet. Senki nem próbál lépten-nyomon beleszólni más ember életébe. Ezt még felkérés esetén is elhárítják azzal, hogy ezt neked magadnak kell eldöntened., Ennek megfelelően a segítségnyújtás is más, mint az itthon megszokott. Nem felkarolják a gyengébbet, hanem segítenek segíteni magadon". Aki nem felel meg a követelményeknek, annak máshol kell sikeresnek lennie. A méltányosság számukra nem azt jelenti, hogy adjunk meg valamit annak is, akinek ugyan nem jár, de méltányos; hanem azt, hogy mindenki azt kapja, ami jár neki (1. előléptetések nálunk a Honvédelmi Törvény előtt), amiért keményen, maga erejéből megdolgozik. Pl. komputerfelelős osztálytársam kérésre megmutatta, hogy kell a készüléket bekapcsolni, hol a használati utasítás, majd biztatott, hogy álljak neki. Ugyanis neki nincs arra ideje, hogy mind a 13 osztálytársát megtanítsa komputerrel bánni. A saját érdekemért nekem kell megdolgoznom.

#### Az emberi méltóság, az egyén tisztelete

A kitüntetések, előléptetések nincsenek Unnephez kötve. Ezért soha nem tömegével történnek, legfeljebb 2-3 ember van érintve egy alkalommal. A ceremónián részt vesz a család, a parancsnok fejből szól az érintett emberi-katonai érdemeiről, majd felolvassák a parancsot. Ez után a kitüntetett, előléptetett egy szelet tortára és Udítőre hívja meg környezetét. Az aktus személyhez szóló, különleges, elkerülve a nevek és elismerések 40-50 percen át történő elszemélytelenítő felolvasását.

## Ellátás

Nincs központi étkeztetés, a tisztek saját pénzükön ott ebédelnek, ahol akarnak. A bázison több étterem áll rendelkezésre, illetve haza is mehetnek ebédidőben. Jelentős részük táskából, otthonról hozott szendvicset fogyaszt, majd testedzésre vagy tanulásra használja az ebédidőt. Ez az önállóság a hajózókra is érvényes, éles ellentétben a mi minden módon gondoskodni kívánó megoldásunkkal, amely értelmében akarata ellenére is etetjük, pihentetjük, kondicionáltatjuk a hajózót, beleszólva életébe.

Az eredményt vizsgálva nem találunk bizonyítékot az ilyen nagymértékű gondoskodás előnyeire.

A mi rendszerünk még ma is sok esetben pazarláshoz és kiváltságokhoz vezet. Pl. Udültetés, hajózó étkeztetés, térítéses gépjármű-igénybevétel, jutalom, ruhapénz. Annyi lehetőség nincs, hogy mindenki részesedjen benne, tehát az fog kapni aki "közel ül a tűzhöz". Ez pedig nem méltányos a többivel szemben. Sok esetben eltér az alaprendeltetéstől: pl. az adózó fuvarozó vállalkozó pénzén tartott honvédségi alkalmazott az adófizető pénzén fenntartott autóval fuvarozik igen kedvező áron, elútvé az illetőt az adóbefizetéshez fontos munkalehetőségtől. Az adófizető a katonai eszközt a haza védelmére szánja és nem magánépítkezéshez.

Másik példa: hajózó kondicionáló Udültetés. Az Egyesült Államokban nincs ilyen. Ahelyett, hogy egyformán, a beosztáshoz kötötten kifizetnénk egy bizonyos összeget, amiből a hajózónak lehetősége lenne fizikai kondíciója karbantartására, elküldjük őt Udülőbe. Ugyanazért a pénzért nem mindegy, hogy novemberben vagy májusban megy az illető Balatonkenesére. Lehet, hogy novemberben 1 hét sídúra

Ausztriában többet érne, mint 3 hét Balatonkenesén, de az illető nem választhat a paternalista gondoskodás miatt. Költünk a hajóóra és az elégedettség helyett az ellenkezőjét váltja ki.

Harmadik példa: az Egyesült Államokban nincs jutalom. A munkáját mindenki köteles legjobb tudása szerint elvégezni. A jutalomkeretet pedig ki kell osztani. Vannak beosztások, ahol 80-80 %-os feltöltöttség mellett dolgoznak hivatásosaink. Nem hiszem, hogy igazságosan meg lehet különböztetni, ki érdemel jutalmat és ki nem. Méltányosabb lenne a jutalomkeretet 14. havi fizetésként kiosztani az állománynak, kivéve pl. a fenyítéssel rendelkezőknek.

Mindenképp érdemes lenne átgondolni a kollektív juttatások hatékonyságát. Érdemes megfontolni, nem célszerűbb-e az erre fordított pénzt beépíteni a fizetésbe, ezzel megszüntetve egy sokba kerülő elégedetlenség forrást.

Fontos tanulság a pozitív attitűd jelenség. Az amerikai tiszt mindig jókedvű, erős, optimista, mert ez a kívánatos alaphozzáállás. A náluk alkalmazott rendszer eredménye a sikerélménytől öntudatos, beosztásának megfelelni akaró és magasabb beosztásra törekvő, jó fizikai kondíciójú, jól öltözött, ápoltságú tiszt. Elnél ellentétben a nálunk ma még előforduló perspektívtalan, lehangolt, elhízott, kitérdelt nadrágot és kopott inget viselő, szanatóriumi és üdülőbeutalót, valamint egyéb juttatásokat megszerezni törekvő figurától, aki csak egyet tud biztosan: nem kíván magasabb beosztást és ezzel nagyobb felelősséget vállalni. Hozzáteszem, a Honvédelmi Törvény és a majdani tisztek jogállásáról szóló törvény várhatóan jó irányú változást hoz, illetve már hozott is hivatásos állományunk hangulatában és viselkedésében. Figyelemre méltó az információ-áramlás lehetősége: minden osztályban van számítógép és nyomtató. A számítógépen át közérdekű üzenetek

érkezhetnek a stúdióból, amit az ezért felelős osztálytárs rendszeresen ellenőriz és "terít". Minden osztályban van nyilvános telefon, amit saját telefonkártya felhasználásával bárki bármikor használhat.

### Vallás

Az amerikai katonák életének és értékrendjének igen fontos része a vallás. Gyakorlása nem kötelező, de a társadalmi érintkezés jelentős területe vasárnap délelőtti istentisztelet. Ez nem csak vallási, de közösségi rendezvény is. Az amerikai katonai rendezvényeken, ünnepeken gyakran szót kap a lelkész, lehetőséget biztosítva a hívők számára egy közös foháshoz. Az amerikai katonai bázis állandó tartozéka a templom, amelyen nincs felekezeti jelzés, az egyszerűen Isten Háza, a vallás gyakorlásának és társadalmi összejöveteleknek színtere.

### Nacionalizmus

A mi internacionalista neveltetésünk folytán számomra meglepő a nemzeti jelvények, lobogó szimbólumok olyan mértékű elterjedtsége, ami náluk tapasztalható a mindennapos használata. Magyarországi viszonylatban ez a természetes nemzeti büszkeség és hovatartozás kifejezése egyelőre túlzott magyarkodásnak tűnik annak ellenére, hogy más országokban ez a mindennapi, a megszokott. Az amerikai tiszték körében ez az erős nemzeti hovatartozás-tudat nem párosul más nemzetek lenézésével.

Fontos különbség a VSZ időkben nálunk megszokott felfogáshoz képest, hogy egy nemzetközi probléma megoldásánál nyíltan az első szempont a saját nemzeti érdek, majd a szövetségesek és baráti országok érdekei. Ha a saját alapvető nemzeti érdekek nincsenek érintve, úgy nem érdemes embert, technikát, pénzt kockáztatni a beavatkozással. Ez

egyrészt példaérték lehet számunkra, másrészt segít kiszámítani az Egyesült Államok lépéseit a nemzetközi porondon. Pl. Jugoszláviában nagy valószínűséggel az Egyesült Államok nem fog beavatkozni.

Fontos katonai tanulság Douhet-elméletének alkalmazása. Nem biztos, hogy a háború csak összefegyvernemi harcban, a szárazföldön vívható meg. Lehet, hogy korszerű légiereővel is megnyerhető, a szárazföldi csapatok pedig csak a siker stabilizálását szolgálják.

A szovjet típusú katonai gondolkodás szerint "egy magaslátot addig kell rohamozni, amíg el nem foglaljuk" (Mao).

Az amerikaiak büszkék arra az állítólagos szovjet megállapításra, hogy az amerikaiaknak vannak ugyan szabályzataik, de azt soha nem olvassák. A fő jelszó: "A munkát el kell végezni". A feladatot végre kell hajtani. Ennek érdekében pedig semmiféle szabály nem köti őket, minden megoldás megfelelő, ami felesleges áldozatok nélkül a befektetéssel arányos nyereséget hoz.

Az Egyesült Államokban elképzelhetetlen, hogy 30 %-os tervezett veszteséggel számoljanak, ahogy ez nálunk még ma is előfordulhat. Nem szabad fölöslegesen kockáztatni, az amerikai közvélemény igen érzékenyen reagál az emberi áldozatokra. Számomra jelentős eltérésnek tűnt, hogy a képzés során nem ragaszkodnak semmiféle egyöntetűséghez, ami nálunk sokkal fontosabb szempontként jelentkezik, pl. nincs kifejezett katonai terminológia, egyszerűen beszélnek és megértik egymást. Sokszor eszembe jutott, hogy nálunk az érdemi vita előtt huzamos idő telne el a fogalmak tisztázásával.

Térképrajzolásnál nem alkalmaznak szabványosított

méretű jeleket és betűket, mindenki a térkép méretarányának és egyéni felfogásának megfelelő méretű jelzéseket használ.

Öltözködésük sincs úgy leszabályozva, mint nálunk, a célszerűségnek és egyéni hőérzetnek megfelelően inget, pulóvert vagy zubbonyt viselnek. Nem kelt feltűnést, ha egy haditengerészeti katona pilótadzsekiben van, aminek a háta is tele van ragasztva századjelvényekkel. Ezek ellenére senki ne gondolja, hogy az Egyesült Államokban nincs katonai fegyelem. Van, sokkal keményebb, mint nálunk, csak másban nyilvánul meg.

#### Következtetésem a képzéssel kapcsolatban

Ma már tudom, hogy a Varsói Szerződés rendkívül erős szövetség volt. Tudom, hogy az egykori szovjet, illetve a magyar Zrínyi Miklós Katonai Akadémián szerzett katonai ismeretek értékes szakmai alapot jelentenek ma is. Az Egyesült Államokban a képzés során a ZMKA-n szerzett szakmai ismereteimnek nagy hasznát vettem, segítségükkel sikerült érzékelnem az Egyesült Államok hadászati-, hadműveleti-, harcászati elvekben levő jelentős különbségeket. Úgy gondolom, a szovjet katonai elvek a rendelkezésre álló technológiával és fegyverrendszerekkel alkalmasak voltak egy, a két hajdani nagy koalíció közötti háború megnyerésére még a Varsói Szerződés felbomlását megelőző évben is.

A körülmények azonban megváltoztak. Magyarország új helyzete az új honvédelmi alapelvekre épülő, új katonai felfogást igényel. A tapasztalatok alapján az adott elvek és fegyverek másként működnek korlátozott méretű háborúban, alacsony intenzitású konfliktusban, mint egy esetleges világméretű összecsapásban.

Egy ország katonai potenciálja szoros összefüggésben van gazdasági teljesítő képességével. Az utóbbival

összhangban lévő katonai célokat kell kitűzni. pl. A Szovjetunió vitathatatlan katonai ereje ellenére háború nélkül összeomlott, mert nem volt összhang a katonai és a gazdasági potenciál között.

Feltétlen figyelembe kell vennünk a mennyiség és minőség közötti összefüggést. A Varsói Szerződés megszűntével más mennyiségekben kell gondolkodnunk. A kitűzött katonai célok eléréséhez nem számolhatunk az 1991 előtti mennyiségű emberanyaggal és harci technikával. Véleményem szerint az elveszett mennyiséget minőséggel kell pótolni: jól képzett, hivatásos katonák és "Hi-Tech" a harci technikában. Megfontolandó, mennyit költünk a hadseregre, ha sem mennyiségben, sem minőségben nem tudjuk túlszárnyalni lehetséges ellenfeleinket. Lehetséges, hogy ebben az esetben az ellenállás szimbolizálására jóval kisebb haderő is elég. A nemzeti túlélés érdekében pedig ebben az esetben a gazdaság, a kultúra, a művészetek terén kifejtett erőfeszítésünk hasznosabb lehet. Pl. a zsidók a gazdaságban lévő jelentőségükkel, valamint vallásuk, nemzeti kultúrájuk fenntartásával biztosították a nemzeti túlélés lehetőségét évszázadokon keresztül. A baszkok kultúrájuk megőrzésével alapozták meg nemzeti túlélésüket szintén évszázadokon át. Magyar példa: Deák Ferenc a kiegyezéssel többet ért el, mint Kossuth a szabadságharcral, mert egy gazdasági fellendülés kezdetét alapozta meg vele.

A mai viszonyok között, ha minőségben nem tudjuk lehangolni esetleges ellenfeleinket egy katonai konfliktusban, akkor el kell kerülnünk azt. Ma már egyszerűen nincs annyi emberünk és üzemképes technikánk, hogy a régi marxista-leninista hadművészet alapján érdemes legyen háborút vívniünk számbeli fölényben lévő ellenséggel szemben.

Véleményem szerint eddigi katonai ismereteink egy



részét a jövőben is hasznosítani tudjuk, de a megváltozott körülmények miatt eddigi elveinket, hadseregünk szervezeti felépítését, összetételét, létszámát, fegyverzetét felülvizsgálunk, illetve módosítanunk kell. A további hasonló szintű amerikai egyesült államokbeli képzéshez javaslom szintén a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián végzett (vagy egykori szovjet katonai akadémián végzett) tisztek küldését. Az Egyesült Államok Légierő Egyetem képzési színvonala és nemzetközi jellege folytán a jövőben esetlegesen előforduló, nemzetközi együttműködést igénylő NATO, valamint egyes diplomáciai beosztásokhoz is megfelelő elméleti és gyakorlati alapot nyújt.

Lehet, hogyha más tanult volna az ACSC-on, más következtetéseket találna lényegesnek. En megpróbáltam a saját szemléletem alapján összesűríteni, amit az Egyesült Államokban fontosnak találtam, remélem mindnyájunk számára tanulság lehet.

#### Egy kis izelfitőként az ott uralkodó szellemről

Amerikai évfolyamtársaim a következő hitvallást fontosnak találták beírni évkönyvünk elejére:

"Nem kívánok átlagember lenni. Jogom van a különlegességhez. Keresem a lehetőségét kifejlesztenem azt a tehetséget, amivel Isten megáldott - nem pedig a biztonságot.

Nem kívánok eltartott polgár lenni, megalázott és eltunyult az állami gondoskodástól. Vállalni akarom a kiszámított kockázatot, álmodni és építeni, elbukni és sikert aratni. Az élet kihívásait helyezem előtérbe a garantált létezéssel szemben. A megvalósulás borzongását az utópisztikus nyugalom ellenében.

Nem cserélem fel szabadságomat előnyökért, sem méltóságomat alamizsnáért. Soha nem hajlok meg semmilyen földi tekintély,

sem fenyegetés előtt. Ez az én örökségem, állni egyenesen, büszkén és félelem nélkül, magam gondolkodni és cselekedni. Elvezni munkám gyümölcsét, bátran szembenézni a világgal és szólni:

ezt Isten segítségével elvégeztem.

Mindez kifejezi, mit jelent amerikainak lenni."

dr. Németh Miklós ezds.  
tanszékvezető, főiskolai tanár

### Repüléstudomány és a Magyar Hadtudományi Társaság

Négy éve, hogy a Szolnoki Repülőtisztai Főiskola bázisán, az első vidéki szervezetként a MHTT Légvédelmi,-Repülő,-és Űrhajózási Szakosztálya keretében megalakult a Repüléstudományi Szekció. Külön érdekessége a szervezetnek, hogy nemcsak a katonai, hanem a polgári repülésben érdekelt és a repüléssel kapcsolatos tudományterületek művelőit, érdeklődőit országosan is egyesíti és a kezdeti lendület lankadatlanságát bizonyítja, hogy a tagság a konferenciákon változatlan létszámmal jelen van.

Mit tűzött ki célul a repüléstudományi szekció a megalakítás zászlajára?

Kézenfekvő volt a cél, hiszen a repülőcsapatok személyi és technikai helyzete, a katonai és polgári repülés különállása, az irányítási rendszerek különbözősége, a repülésműszaki kutatások eredményeinek nem kellő publikálása és nem utolsósorban a megváltozott stratégiai helyzetben az önálló repülőharcászat hiánya mind - mind megannyi témaként szerepelt a célok között, amelyek helyességét és igényényei jelentkezését a polgári és katonai szervezetekből meglévő állandó tagságunk prezentálja.

Ezek a sorok hiányt is pótolnak, hiszen a szűkebb szakmai berkeken kívül - a kezdeti időszak után - nem kaptunk kellő publicitást, - igaz a tagságon kívül a meghívók nem jutottak el a sajtóhoz.

A múlt hét végén, került megrendezésre a legutóbbi konferencia, amelynek témája a repülések objektív ellenőrzése, az "objektív kontroll eszközök és rendszerek" hatása a repülések biztonságára. Igaz, hogy az adott témában "csak" négy előadás hangzott el, de tartalmukat tekintve és az eszközök bemutatására fordított idők és a konzultációs megbeszélések együttesen igen hasznos eredményeket hoztak, ráirányították ismételten a figyelmet azon kérdésekre, miszerint;

- a korszerű repülési tevékenységek nem nélkülözhetik a technikai eszközök biztosította ellenőrzési módszereket, nemcsak a műszaki állapot, a repülőeszközök meghibásodásának feltárása és a repülőesemények objektív kivizsgálása, hanem a repülési feladatok minőségi végrehajtása és begyakorlása érdekében is;
- nincs szűgyenkezni valónk a korszerű eszközök alkalmazása tekintetében, hiszen hazai fejlesztésű eszközök széleskörű elterjesztéséről van szó, amely némelyike a legfejlettebb technológia igényeinek is megfelel, a probléma inkább azok kihasználatlanságából, lehetőségeinek még teljesebb kiaknázásának hiányából adódik, (és az anyagi eszközök hiánya miatt a szélesebb körű elterjesztéséből.);

- a rendelkezésre álló korszerű eszközök ma már lehetővé teszik egy repülési feladat reális idejű háromdimenziós megjelenítését is a kabinban lévő műszerek kijelzésének visszajátzásával. Ez hatalmas lehetőséget kínál a repüléstechnikai problémák kiküszöbölésében, a repülőképzés személyreszabott szemzésében is;

- az objektív kontroll nem kizárólagosan a műszaki eszközök a technika állapotának vizsgálatára, hanem a hajózó parancsnokok és a hajózó személyzet segítője, amelyet igényelnek is, de az alkalmazás és felhasználás módszere még kidolgozatlan. Ez abból adódik, hogy a régi szemléletmód munkál a korábbi generációs eszközökre kidolgozott módszertan szerint, ennek megfelelő az erre hivatott személyzet, szervezet is. (Szükség lenne új szervezeti keretek létrehozására állomány bővítése nélkül, ezáltal a szemlélet és módszertan is kidolgozhatóvá válna.)

- a szolnoki bázison beindult hazai hajózóképzésben - a JAK-52 típ. repülőgép és a MI-2 típ. helikopter - nem rendelkezik objektív kontroll eszközzel. Kihívás lehet ez a további fejlesztésekre vonatkozóan.

Összességében megállapítható volt, hogy a konferencia érdeklődést váltott ki a jelenlévő szakemberekben, függetlenül attól, hogy az illető a polgári, vagy katonai repülésben dolgozik, hogy hajózó, műszaki, vagy repülésirányító szakterületen végzi munkáját.

A Repüléstudományi szekcióban már korábban megfogalmazódott az igény egy repüléstudományi "intézet" létrehozására, mivel, - bármilyen hihetetlennek tűnik is - ma hazánkban ilyen nem létezik. A korábbi időszakban működő jogelődöket nemrégiben felszámolták ami oda vezetett, hogy a repüléssel és annak részterületeivel foglalkozó tudományos kutatók eredményei elcsúsznak, továbbá semmilyen szintér nem áll rendelkezésre szellemi munkájuk végzésére, elmélyült alkotói tevékenység folytatására.

A felsőoktatási törvény 1993. szeptember 1-i bevezetésével lehetőség kínálkozott ezen intézet főiskolánk keretei közötti felállítására, hiszen a törvény szellemében a főiskola önmádon dönthet(ne) ilyen szervezet létesítésének kérdésében. Ez az egyszerű megoldás fogalmazódott meg a korábbi hónapokban a szekció tanácskozásain, amely a döntéshozókészítésben országnrészt vállalt (vaina).

A törvény szellemében a megoldás több tekintetben is korszakos jellegű, hiszen a fenti rendeltetésen felül biztosíthatna volna a főiskola szervezeti átalakításával egyidőben a tudományos kutatói státuszok létrehozásának feltételeit, jelentős mértékben hozzájárulva az oktatói követelmények teljesítéséhez szükséges kutatói tevékenység biztosításához.(Oktatás-kutatás). Ez nem jelent létszámbővítést, illetve a döntést a főiskola tanács kezébe adja.

Sajnos azonban a kezdeti optimizmus korainak bizonyult, mivel felsőoktatási törvény ide, felsőoktatási törvény oda, a főiskola nem határozhatja meg saját szervezetét, gazdálkodása is kézivezérlésű, a megalakult főiskola tanács nem rendelkezik azon döntési jogkörökkel, amelyet a törvény részére biztosít, a szervezet maga pedig ilyen struktúrában nem felel meg az akkreditációs feltételeknek stb.

Javaslatot dolgoztunk ki egy olyan főiskolai szervezeti és funkcionális kidolgozására, amely kielégítette volna mind a felsőoktatási törvény, mind a korszerű felsőoktatás követelményeit; amelynek kulcs gondolata az, hogy válasszuk külön a főiskolai képzést a katonai kiképzéstől. A javaslat azonban csak javaslat szintjén maradt, mivel - függetlenül a támogatók körétől, - döntés nem születik a témában. Így olyan helyzet alakult ki, hogy vonatkozik is a törvény ránk, meg nem is. Addig vonatkozik, amíg nem sérti a katonai hierarchiában berögződött függelmi viszonyokat és érdekeket. Abban a pillanatban, amikor ez bekövetkezik, akkor máris katonai szervezet vagyunk, amelyre a katonai szabályzatok vonatkoznak.

Nos, ez is érthető a körülmények figyelembevételével, de végre jó lenne világos szabályozás, hogy megszűnjék a jelenlegi felemás állapot, (vagy másállapot), mert hovatovább nem a fejlődés és fejlesztés, hanem az oktatás látja ennek hosszútávon kárát. Ilyen körülmények között tehát egy kutató intézet létrehozása csak remény maradhat, de erről a reményről a repülés megszállottjai, a következő generációk képzéséért felelősséget érzők nem akarnak lemondani, mintahogy arról sem; hogy a katonai felsőoktatás a magyar felsőoktatás integráns része legyen.

Végezetül; a Repüléstudományi szekció is megfogalmazza azt a gondolatot, amelyet a Magyar Hadtudományi Társaság a szervezeti és működési szabályzatában is rögzített, miszerint - nem pontosan idézve, de tartalmilag azonosan, - készek vagyunk a felhalmozott szellemi potenciált a döntéshozók rendelkezésére bocsájtani; amennyiben azt igénylik. ( Az igény azonban mindezekig igen korlátozott.)

Szolnok, 1994. június 14.

## RENDSZEREK ÉS FOLYAMATOK GRÁFELMELETI VIZSGÁLATA

Rendszerek vagy diszkrét állapotterű folyamatok vizsgálatának egyik fontos lépése az elemek, illetve állapotok közti kapcsolatok gráfban történő ábrázolása. Az így nyert gráf csúcsmátrixa alapján az összetett belső kapcsolatok mátrix-algebrai módszerekkel tárhatók fel. A tanulmány egy módszert mutat be, mellyel meghatározható egy gráf elérhetőségi mátrixa a szomszédossági mátrix ismeretében.

### 1. Bevezetés

A rendszer alatt valamilyen, egymással kölcsönhatásban lévő elemek halmazát értjük. A rendszerek vizsgálata lényegében a rendszer elemei között fenálló kapcsolatok feltárása, mivel az egész rendszer viselkedése az elemek működésének és egymáshatásának összessége. A rendszervizsgálat egyik fontos állomása az elemek közti - sok esetben bonyolult kölcsönhatásokat is jelenthető - kapcsolatok tényének feltárása és gráfban történő ábrázolása.

A diszkrét állapotterű - vagy valamilyen módon így approximált - folyamatok ábrázolása a lehetséges állapotok és az állapotváltozások alkotta gráfok segítségével történhet. Ilyen például a [3] irodalomban található Üzemeltetési típusgráf is.

A fenti két feladat megoldása - természetesen - a gráfelmélet felhasználásával történhet.

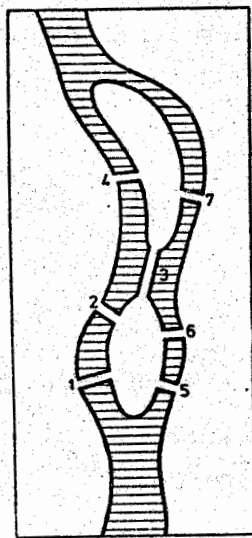
### 2. A gráf és a gráfelmélet

A matematikailag  $G(P, E, f)$ -vel jelölt gráfon olyan alakzatot értünk, amely a  $P$  pontokból és bizonyos pontokat összekötő  $E$  vonaldarabokból áll. A pontokat a gráf szögpontjainak vagy csúcsainak, a vonaldarabokat a gráf éleinek ne-

vezzük. A fenti jelölésben szereplő  $f$  azt a leképezést jelenti, amely a szögpontok és az élek közti kapcsolatot adja meg.

Irányított gráfról akkor beszélünk, ha az élek végpontjainak sorrendjére is tekintettel vagyunk, s ezt  $\vec{f} [P, E, f]$  -vel jelöljük.

A gráfelmélet a matematikának az az ága, mely a gráfoknak az általános, a szögpontok és az élek konkrét helyétől független, tulajdonságait vizsgálja. Történetét Leonard Euler 1736-ban megjelent dolgozatától számítják, amelyben a *köningsbergi hidak problémája* néven ismert feladattal foglalkozott. A kérdés az volt, hogy milyen úton lehet a Köningsberg város Pregel folyójának (1. ábra) mind a hét hídján átmenni, de úgy, hogy vissza kell térni a kiindulási helyre és minden hídon csak egyszer szabad áthaladni? Euler igazolta dolgozatában, hogy a feladat megoldhatatlan.



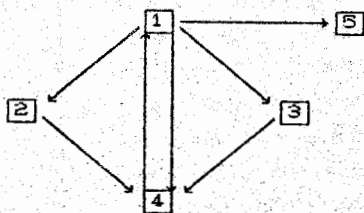
1. ábra

Sokáig úgy látszott, hogy az ilyenfajta feladatok nem különösebben jelentősek. A XIX. század végén azonban a gráfelmélet egy sor fontos gyakorlati alkalmazását ismerték fel. Azóta a matematika ezen új területén a magyar matematikusok tollából sok cikk és tanulmány jelent meg és jelenik meg napjainkban is. Az első tudományos színvonalú könyvet ebben a témában egy magyar matematikus, König Dénes (nevét több gráfelméleti tétel viseli) írta 1936-ban, címe: *Theorie der*

endlichen und unendlichen Graphen (A véges és végtelen gráfok elmélete).

### 3. Gráfok és mátrixok

Az üzemeltetési folyamatok jellemzésére használt úgynevezett üzemeltetési gráfok irányítottak. Ilyenkor az egymástól diszkrétan elválasztott üzemeltetési állapotok a gráf szögpontjai lesznek, míg a közöttük fellépő lehetséges változásokat a gráf élei szemléltetik, meghatározva a változások irányát is (2. ábra).



2. ábra

Repülőgépek háborús üzemeltetésének egyszerű típusgráfja

- 1 - bevetés; 2 - kisjavítás, illetve kisjavításra várás;
- 3 - folyó javítás, illetve folyó javításra várás;
- 4 - üzemképes; 5 - vissza nem téríthető veszteség.

A rendszerek részegységei közti kapcsolatokat is gráffal lehet szemléltetni. Ha az egymással kapcsolatos elemek egymáshatása nem kölcsönös, akkor a gráf irányított lesz. Viszont ha a szomszédos elemek mindegyike kölcsönösen hat egymásra a kapcsolatokat irányítatlan gráf segítségével is ábrázolhatjuk.

A gráf élei közti kapcsolatokat az úgynevezett csúcs (szomszédossági, vagy adjacencia) mátrixszal lehet táblázatosan megadni. Az irányítatlan gráf  $\underline{A}$ -val jelölt szomszédossági mátrixa  $i$ -edik sor  $j$ -edik elemének értéke 1, ha az



$i$ -edik és a  $j$ -edik szögpontokat közvetlenül összeköti a gráf valamely éle, illetve 0, ha nem. Matematikailag felírva:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ha van olyan él, amelynek két} \\ & \text{végpontja } P_i \text{ és } P_j \text{ szögpontok} \\ 0, & \text{minden más esetben} \end{cases} \quad (1)$$

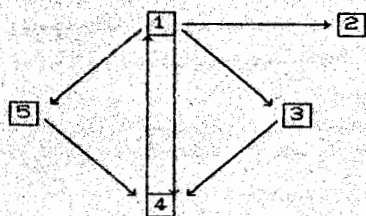
Irányított gráf esetén az  $\vec{A}$  jelű mátrix  $a_{ij}$  eleme pedig:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ha van } P_i\text{-ből induló és } P_j\text{-ba vezető él} \\ 0, & \text{minden más esetben} \end{cases} \quad (2)$$

Könnyen belátható, hogy irányítatlan gráf esetén az adjacencia mátrix mindig szimmetrikus, míg irányított gráfnak szomszédossági mátrixa antiszimmetrikus is lehet. A (3) egyenlőség a 2. ábrán látható üzemetelési típusgráf csúcsmátrixát adja meg.

$$\vec{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Két gráfot izomorfnek tekintjük (ekkor a szögpontok és az élek közti viszonyok kölcsönösen leképezhetők), ha csúcsmátrixaik soraik és megegyező oszlopaik cseréjével azonosá tehetők. Például a 2. ábrán látható gráf szögpontjainak sor-számait (a 2. és 5. állapotokat) cseréljük fel a 3.a ábra szerint. Ekkor a gráf szerkezete lényegében nem változik, a módosult  $\vec{A}_m$  csúcsmátrixot a 3.b ábra szemlélteti. Ha az új mátrix 2. és 5. sorait és oszlopait felcseréljük, az eredeti  $\vec{A}$  szomszédossági mátrixot kapjuk vissza.



$$\underline{A}_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

a

b

3. ábra

A gráfok élei és szögpontjai közötti kapcsolatot az úgynevezett élmátrixok segítségével tudjuk szemléltetni. Mivel további vizsgálatainkhoz ezek nem szükségesek, definiálásukkal most nem foglalkozunk.

#### 4. Az elérhetőségi mátrix

Az elemek közötti összetett kapcsolatokat a rendszer vizsgálati gráfjának úgynevezett elérhetőségi mátrixa jellemzi.

Egy  $m$  szögpontból álló gráf elérhetőségi mátrixán azt az  $m$  sorból és oszlopból álló  $\underline{D}_{m \times m}$  mátrixot értjük, ahol:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ha a } P_i \text{ szögpontból a } P_j \text{ szögpont} \\ & \text{valamilyen úton elérhető} \\ 0, & \text{ha nem} \end{cases} \quad (4)$$

Egy adott rendszer vagy diszkrét állapotterű folyamat gráfelméleti vizsgálatánál a fő feladat az elérhetőségi mátrix létrehozása. Ez a mátrix egy rendszer esetén például azt mutatja meg, hogy az egyik (az  $i$ -edik) elem anomáliája hatással van-e a másik ( $j$ -edik) elem működésére. Valamely folyamat vizsgálata esetén pedig megadja azt, hogy mely állapotokból lehet mely állapotokba eljutni.

A [2] irodalom alapján az elérhetőségi mátrixot a szomszédossági mátrix hatványai segítségével tudjuk felállítani.

#### 4.1. A szomszédossági mátrix hatványai

A mátrixszorzás szabályainak megfelelően határozzuk meg az  $m \times m$  méretű  $\vec{A}$  adjacencia mátrix  $\vec{A}_2$  jelű négyzetmátrixának  $a_{2,i,j}$  elemét az:

$$a_{2,i,j} = \sum_{s=1}^m a_{i,s} \cdot a_{s,j} \quad (5)$$

egyenlettel.

A korábbi definíciókat felhasználva kijelenthetjük, hogy

$$a_{i,s} \cdot a_{s,j} = 0,$$

ha nem tudunk egy lépésben eljutni az  $i$ -edik szögpontról az  $s$ -edikbe (azaz ha  $a_{i,s} = 0$ ), vagy ha az  $s$ -edikből a  $j$ -edikbe (vagyis ha  $a_{s,j} = 0$ ).

Ha viszont egy-egy lépésben el tudunk jutni  $P_i$ -ből  $P_s$ -be és  $P_s$ -ből  $P_j$ -be (ha  $a_{i,s} = a_{s,j} = 1$ ):

$$a_{i,s} \cdot a_{s,j} = 1.$$

Igy az (5) egyenlettel meghatározott  $a_{2,i,j}$  értéke - a fenti szorzatok szummázása következtében - azt adja meg, hogy a gráf  $i$ -edik szögpontjából hány különböző úton tudunk két lépéssel eljutni a  $j$ -edik szögpontra.

Fontos itt megjegyezni, hogy jelen tanulmányban az utak különbözőségén az általuk érintett szögpontok, vagy azok sorrendjének különbözőségét értjük. Az ugyanazon szögpontokat megegyező sorrendben tartalmazó, de más élekből álló utakat azonosaknak tekintjük. Ilyen eset fordulhat elő, ha a gráfon

belül két szögpontot egynél több él közt össze. Ezt az egyszerűsítő feltételt azért vezetjük be, mert végső célunk az elérhetőség vagy el nem érhetőség tényének megállapítása a tényleges utak számától függetlenül. Vizsgálatunk fő célja a gráfok szögpontjai közt meglévő kapcsolatok feltárása, ezért már a 3. fejezetben sem foglalkoztunk a gráfok élmátrixainak definiálásával.

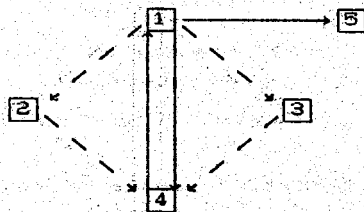
Szemléltetésre határozzuk meg a (3) egyenlősgéggel megadott adjacencia mátrix négyzetét, illetve az  $\bar{A}_{22}$  négyzetmátrix első sorának negyedik elemét a mátrixszorzás szabályai és a 4. ábra alapján:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. ábra

$$a_{2,4} = 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 2 \quad (6)$$

ami érték azt fejezi ki, hogy az 1. állapotából a 4. állapotba két különböző úton tudunk két lépésben eljutni (ezt jelölik az 5. ábrán a szaggatott vonalak).



5. ábra

Könnyen belátható, az  $\vec{A}$  szomszédossági mátrix  $\vec{A}_k$ -val jelölt  $k$ -adik hatványmátrixának  $a_{k,i,j}$  eleme azt mutatja meg, hogy  $k$  lépésben az  $i$ -edik szögpontról a  $j$ -edikbe hány egymástól - a fenti értelmezés szerint - független úton lehet eljutni. Ennek a kijelentésnek pontos, matematikailag egzakt bizonyítása a [2] irodalomban található meg.

#### 4.2. A hatványmátrixok összegei

A hatványmátrixok

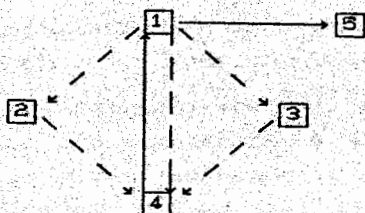
$$\vec{B}_k = \sum_{n=1}^k \vec{A}_n \quad (7)$$

összegével kapott  $\vec{B}_k$  összegmátrix  $b_{k,i,j}$  eleme azt adja meg, hogy legfeljebb  $k$  lépésben az  $i$ -edik szögpontról a  $j$ -edikbe hány - egymástól független - úton lehet eljutni.

Példaképpen adjuk össze a korábban már meghatározott  $\vec{A}_1$  és az  $\vec{A}_2$  mátrixokat, ekkor egy olyan  $\vec{B}_2$  jelű mátrixot kapunk, mely  $i$ -edik sorának  $j$ -edik eleme azt adja meg, hogy legfeljebb két lépésben a  $P_i$  szögpontról hány különböző úton tudunk eljutni a  $P_j$ -be. Esetünkben

$$b_{2,1,4} = a_{2,1,4} + a_{1,1,4} = 2 + 1 = 3, \quad (8)$$

azaz maximum két lépésben az 1. állapotból a 4. állapotba három különböző úton juthatunk el, melyeket a 6. ábra szaggatott vonalai jeleznek.



6. ábra

Képezzünk a  $\underline{\underline{B}}_k$  mátrixokból  $\underline{\underline{S}}_k$  jelű mátrixokat az alábbi függvény szerint:

$$\underline{\underline{S}}_k = \text{sign } \underline{\underline{B}}_k \quad (9)$$

$$s_{k,i,j} = \text{sign } b_{k,i,j}$$

ahol:

$$\text{sign } x = \begin{cases} 1, & \text{ha } x > 0 \\ 0, & \text{ha } x = 0 \\ -1, & \text{ha } x < 0 \end{cases}$$

és nevezzük el ezeket a  $\underline{\underline{B}}_k$  mátrixok szignum mátrixainak.

Az így kapott szignum mátrixok  $s_{k,i,j}$  elemei azt adják meg, hogy legfeljebb  $k$  lépésben a gráf  $P_i$  szögpontjából el lehet-e jutni a  $j$ -edik szögponjába - a (4) egyenlettel megadott elérhetőségi mátrixszal analóg módon -, azaz:

$$s_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{ha a } P_i \text{ szögpontból a } P_j \text{ szögpont} \\ & \text{maximum } k \text{ lépésben elérhető} \\ 0, & \text{ha nem} \end{cases} \quad (10)$$

### 4.3. Az elérhetőségi mátrix meghatározása

Mivel egy  $m$  szögpontból álló gráfban a leghosszabb lehetséges út maximum  $m$  élből állhat, mely - a kiindulási szögpont kivételével - minden hozzá tartozó szögpontot csak egyszer érint, a fenti mátrixműveleteket végezzük el  $m$ -szer.

$\underline{A}_k$	$\underline{B}_k$	$\underline{U}_k$
2. lépés		
1 0 0 2 0	1 1 1 3 1	1 1 1 1 1
1 0 0 0 0	1 0 0 1 0	1 0 0 1 0
1 0 0 0 0	1 0 0 1 0	1 0 0 1 0
0 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
3. lépés		
2 1 1 1 1	3 2 2 4 2	1 1 1 1 1
0 1 1 1 1	1 1 1 2 1	1 1 1 1 1
0 1 1 1 1	1 1 1 2 1	1 1 1 1 1
1 0 0 2 0	2 1 1 3 1	1 1 1 1 1
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
4. lépés		
1 2 2 4 2	4 4 4 8 4	1 1 1 1 1
1 0 0 2 0	2 1 1 4 1	1 1 1 1 1
1 0 0 2 0	2 1 1 4 1	1 1 1 1 1
2 1 1 1 1	4 2 2 4 2	1 1 1 1 1
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
5. lépés		
4 1 1 5 1	8 5 5 13 5	1 1 1 1 1
2 1 1 1 1	4 2 2 5 2	1 1 1 1 1
2 1 1 1 1	4 2 2 5 2	1 1 1 1 1
1 2 2 4 2	5 4 4 8 4	1 1 1 1 1
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0

7. ábra

Az így kapott  $\underline{S}_m$  szignummátrix lesz a vizsgált gráf elérhetőségi mátrixa. A 7. ábrán az eddig vizsgált üzemeletési típusgráf szomszédossági mátrixának hatványai, a (7) egyenlettel meghatározott összeg-, valamint azok szignum mátrixai láthatók. Így a vizsgált üzemeletési típusgráf el-

érhetőségi mátrixa:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

## 5. Összefoglalás

A fentiek alapján megállapítható, hogy egy  $m$  szögpontból álló gráf  $A_{m \times m}$  szomszédossági mátrixának ismeretében a  $D_{m \times m}$  elérhetőségi mátrixa a

$$D = \text{sign} \sum_{n=1}^m A_n \quad (12)$$

egyenlettel meghatározható.

Természetesen a bemutatott egyszerű példa esetén a gráf megtekintéséből belátható, hogy az 5. állapot (szögpont) kivételével bármely állapotból bármely állapotba el lehet jutni. A gráfból az is kitűnik, hogy benne a - fenti feltételeket kielégítő - leghosszabb út három élből áll. Ez utóbbival magyarázható az, hogy a 3., 4. és 5. lépéshez tartozó szignum mátrixok egyenlőek. Mivel általános esetben, ha a szögpontok száma  $m$  a fenti kritériumnak megfelelő leghosszabb út hosszát megadni nem tudjuk, ezért célszerű vizsgálatunkat mindig  $k = m$ -ig elvégezni.

Egy bonyolultabb gráf esetén a fenti megállapítások "belátása" könnyen nem lehetséges, így az ismertetett módszer alkalmazása ekkor szükségessé válik.



#### Felhasznált irodalom

- 1 - Andrásfalvi Béla: Gráfelmélet; folyamatok, mátrixok, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983.
- 2 - Dr. Fazekas Ferenc: Alkalmazott matematika II, egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
- 3 - Dr. Pokorádi László: Üzemeltetési rendszerek vizsgálata a Markov-folyamatok elméletének alkalmazásával, X. Magyar Repüléstudományi Napok, Szolnok 1993. május 19-20., 154-165 pp.
- 4 - Sain Márton: Nincs királyi út! Matematikátörténet, Gondolat, Budapest, 1986.
- 5 - Dr. Szabó Imre: Gépészeti rendszertechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.

## A REPÜLŐGÉP KERÉK FÉKEZÉSE NEDVES FELSZÁLLÓPÁLYÁN

Dr. Kiss Lajos mk. őrnagy  
főiskolai adjunktus

A fékezett repülőgép kerekek és a nedves felszállópályák közötti kapcsolat meghatározására több éve folytatnak különböző kutatásokat és kísérleteket. A publikáció rövid betenkinést ad ezen tevékenységek múltjáról.

Az 1970 -es év végén megjelent publikációk pl. [1] -melyek a fékezett kerekek esetén a leszállási úthossz megállapítására vonatkoztak - nem mutathattak pontos eredményt mivel a repülőtér burkolata és a futómű kerék ballonja közötti kapcsolatot sokkal több dolog határozza meg, mint azt Brewer tanulmánya írja. Ezek a [2] szakirodalom alapján a következők:

- a futómű kerékre normál és oldal terhelések,  $F_N$ ,  $F_Z$ ;
- a futóköpeny elhasználódásának mértéke;
- a felület szennyezettségének mértéke;
- a felület porózussága;
- a felszállópálya hossz- és keresztirányú lejtése, (autópályák felhasználása esetén);
- a környezeti hőmérséklet;
- a szélviszonyok, (főleg keskeny pályák esetén);
- a vízréteg vastagsága;
- a siklási, csúszási tulajdonságok.

Több dolog a fenti felsorolásból repülésről repülésre változik, így ezeket sem lehet effektíven felhasználni a kísérletekben. Mindezek mellett a repülőgép kigurulására áramlási és repülés-mechanikai tulajdonságok is hatnak, mint pl.: a repülőgép aerodinamikája, vezérlési és kormányzási rendszere, hajtóműve, fékezés kezdeti sebessége, maga a repülőgép felépítése, műrepülési tulajdonságai; a futóművek jellemzői, annak fékező rendszere és hatékonysága, a kerék, a futófelület, a fékrendszer, a blokkolásgátló és a sebesség

mérő adó érzékenysége, annak automatikus elektromos rendszerre, a szervó szelep, a rugóstag típusa és berugózásának mértéke.... stb., [5].

#### KORÁBBI KUTATÁSI EREDMÉNYEK

1968 - 1975 -ös évek között az USA Légierő, a NASA és a FAA<sup>1</sup> által folytatott kutatások bemutatták, hogy nem lehet egyszerűen modellezni a címben említett problémát. 1968 -ban a NASA és egy BRIT<sup>2</sup> cég összehasonlító elemzéseket végzett különböző futóművek kerékblokkolósos jellemzőit kutatva, F-4 D vadász, és CONVAIR 990 szállító repülőgépen nedves, víztócsával, vékony vizréteggel borított felszállópályán. A kísérlet eredményei a következőben foglalható össze:

- a felszállópálya állapotának megfelelő módszerrel (RCR), JAMES decelométerrel<sup>3</sup> (JBD) nem lehet prognosztizálni a csúszási jellemzőket, így azt nem is lehet meghatározni;
- a fékezhető futóművet nem lehet felhasználni a leszállási uthossz pontos meghatározására.

Az USA Légierő 1972 - 1973 között végzett munkáiban a kerék blokkolással, annak csúszási-siklási tulajdonságaival foglalkozott, melynek az eredményei a következők:

- a mérő futóműves megoldással nem lehet pontosan meghatározni a repülőgép kifutási uthosszát;
- a mérő futóműves vizsgálat megfelelő eredményt ad a blokkolási és stabilitási jellemzőkről;
- a NASA és az USA Légierő DBV. típusu mérő futóműve különféleképpen értékelte a felszállópálya felületének csúszási tulajdonságait.

A kifutási uthosszra hatnak: a kerékre jutó terhelés, a felszállópálya felületének szerkezete, a víztelenítés, a

<sup>1</sup>Federal Aviation Administration.

<sup>2</sup>Ez a Brit cég más folytat kísérleteket, [5].

<sup>3</sup>Lassulásmérőről van szó.

vízréteg vastagsága, a repülőgép aerodinamikai jellemzője, a hajtómű és a blokkolásgátlók működésének jellemzője.

Mindezeket figyelembevéve a kísérleteket a következő következtetésekkel zárták le:

- a fékezési folyamat leírására megfelelő az ún. megállási próba;
- a surlódási kapcsolat leírásának egyenletei minden repülőgépre más és más eredményt hozott;
- a kapcsolat surlódási együtthatóinak pontos meghatározása gondosabb mérési procedurát igényel;
- a kapcsolat pontos modellezésére valósabb körülményeket kell teremteni (futó kerék, fékező rendszer és blokkolásgátló). Egyetlen egy létező futómű sem ad megfelelően pontos értéket a repülőgép kigurulására.

A fenti kísérletekből azt az általános következtetést vonták le, hogy a surlódási kapcsolat meghatározására a futómű és a pálya között kb. 47 olyan jellemző paramétert kellene megvizsgálni. Azt a legfontosabb 20 alap információt - mely egyszerűen mérhető vagy számítható - a [2] irodalom a következőkben adja:

- kerékabroncs paraméterei:

1. terhelés,  $F_N$ ,  $F_Z$ ;
  2. töltőnyomás,  $p_t$ ;
  3. az abroncs konstrukciója (pl. radiál, diagonál...);
  4. a kopóréteg mintázata;
  5. futókerék mérete, ( $D \times B$ ,  $d \times b$ );
  6. a kopóréteg anyagának erősítése;
  7. az erősítőanyag típusa (természetes v. mesterséges);
  8. az abroncs kopásának mértéke, (kopás intenzitása);
- a felületet borító folyadék paraméterei:
9. viszkozitás, (dinamikai, kinematikai);
  10. sűrűség;
  11. vízvastagság;

- a felszállópálya felületének paraméterei<sup>4</sup>:

- 12. mikrostruktúra;
- 13. makrostruktúra;
- 14. polirozott kerékkel mért mozgási ellenállás;
- 15. kopott kerékkel mért mozgási ellenállás;
- 16. erózió elleni stabilitás;
- 17. hőmérséklet;
- 18. sebesség;
- 19. gurulás és a blokkolás határhelyzete;
- 20. fékezés kori surlódási együttható.

Az 1983-ban végzett kísérleteknél négy különböző típusú kísérleti futóművet használtak fel:

- diagonálisan elhelyezett fékezhető futómű (DBV, NASA);
- surlódási együtthatót mérő ( $\mu$ ) futómű (Anglia);
- surlódást mérő BV-11 (Svéd);
- surlódva mérő Saab (SFT), ahol különbözőképpen mérték a surlódási együttható értéket, (lásd 1.sz. táblázat).

A DBV módszeren a blokkolt kerék paramétereit mérték, az Angol mérőszerkezeten az oldalirányú erőt, a Svéd mérőberendezésekkel azt a fékerőt mérték, ahol a megcsuszás állandósult.

1.sz. táblázat

	Futómű típusa	Mérete	Kopóréteg	Töltőnyomás, Pa	Terhelés, N	Módszer	Üzem mód
1	DBV	356* 191	sima	$1,66 \cdot 10^5$	5783	Blokkolással	129km/h megáll.
2	$\mu$ mérés	406* 102	sima	$6,9 \cdot 10^5$	1112	7,5° csuszáskor	64 km/h folyam.
3	surl. mérés	406* 102	mintázott	$1,17 \cdot 10^5$	1001	rögzített csuszás	64 km/h folyamatosan
4	SFT	406* 102	hosszirányú víz-elvezetővel	$7,0 \cdot 10^5$ $20 \cdot 10^5$	1401	rögzített csuszás	64 km/h folyamatosan

<sup>4</sup>Ez akkor érdekes, ha pl. fémből készült a szükségrepülőstér, vagy ha fűves pályán történik az üzemeltetés.

A DBV alvázon a csúszóerőt mérik a felszállópályán párosan, diagonálisan elhelyezett hagyományos autókerek blokkolásával, 129 km/h sebességről egészen a teljes megállásig. A mérés pontosítására akcelométert<sup>5</sup> építettek be, amellyel a surlódási kapcsolatot értékét mérték. Az aerodinamikai homlokellenállás, a kerék gördülési ellenállása mind mind számítható a futómű különböző mozgásakor.

A  $\mu$  mérő azt az oldalirányú erőt méri, amely a két kerék között keletkezik, ha az  $7,5^\circ$ -al elfordul a mozgásirányhoz képest. A keletkező erő az adott helyzetben a surlódási erőt méri. Mivel a kúszás szöge változik a rendelkezésre álló [3] surlódás függvényében, az oldalirányú erő csökken a kúszási szög szerint, s kevés a valószínűsége, hogy  $7,5^\circ$ -nál a maximális értékét lehet megkapni.

Az SFT alvázon egy SAAB típusu gépkocsira felszerelt kereket ellenőriznek, ami állandó, 15%-os csúszással gördül. A nyomaték bevezetés a kerék és a pálya közötti kapcsolat mérésére szolgál. Mivel maximális surlódási erő fizikailag lehetetlen rögzített értékű csúszáskor, ezért a valószínű értéke a kapcsolattól független lesz!

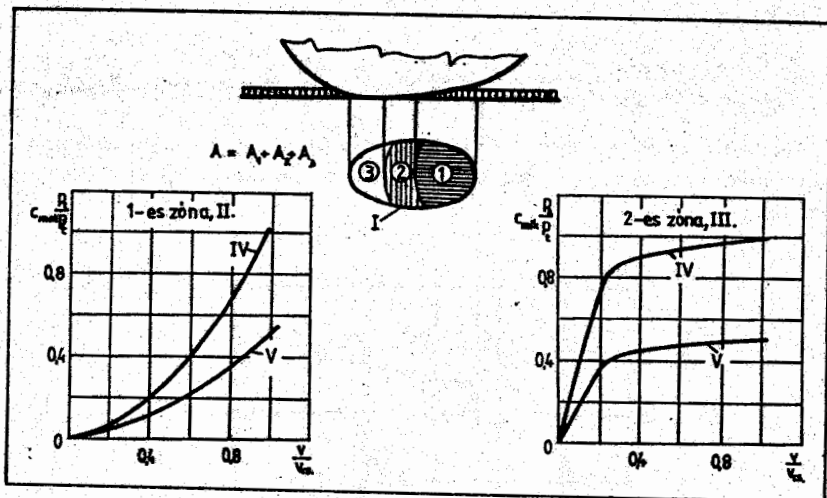
#### A NASA CSÚSZÁSI ELMELETE

Magyarázatot ad a kerék gördülésére nedves felszállópályán, de pontatlan a kapcsolatot létrehozó erő pontos számítására. A NASA elméletében a kapcsolódási lenyomat három részre osztható. (1. ábra):

- 1- a víz teljesen kiszorul, megvalósul a dinamikai siklás;
- 2- vékony vízréteg marad, viszkozív siklás keletkezik;
- 3- száraz érintkezési terület, surlódási erő keletkezik.

A rendelkezésre álló surlódási erő elvével megegyezően a kapcsolat ezen három terület nagyságától függ. A zónák terü-

<sup>5</sup>Gyorsulásmérőről van szó.



1. ábra

letei a ballonnyomástól függenek, melyet a 2. zónában mint a sebesség elsőfokú, az 1. zónában mint a sebesség másodfokú függvényei jellemeznek<sup>6</sup>. Ezt az összefüggést 32\*8,8-as VII.<sup>7</sup> kategóriájú futókerék kísérleténél állapították meg, mikor a folyadék nyomását sima Al.lap felhasználásakor is megmérték. Feltételezhető, hogy  $p_1$  és  $p_2$  folyadék nyomások az 1. és a 2. -es zónában pontosíthatók két tényező  $c_{mak}$  és  $c_{mik}$  felhasználásával. Ahol:  $c_{mak}$  az 1 -es zóna makroördességének,  $c_{mik}$  pedig a 2 -es zóna mikroördességének tényezője. A két adatot meglehetősen pontosan meghatározhatják a fékezhető futó-mű segítségével. Az 1. ábra kiegészítő jelölései:

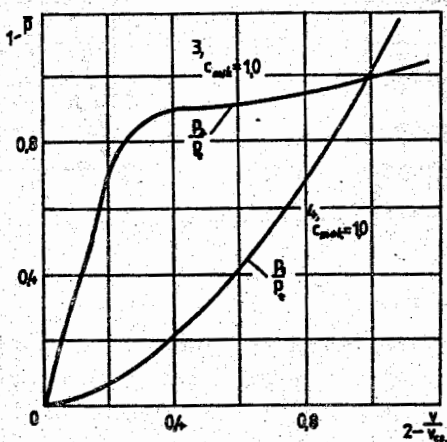
- I. - keréknyomat;
- II. - dinamikai folyadék nyomás zóna;
- III - viszkóz folyadék nyomás zóna;

<sup>6</sup>A [4] szakirodalom, 83.old (2) egyenlete hasonló kapcsolatot mutat.

<sup>7</sup>Az adatok inch-ben értendők.

- IV. - sima felületű borítás;
- V. - érdes felületű borítás;
- $v/v_{cs}$  - a kerék haladó mozgásának és csuszásának viszonyított sebessége;
- A - a kerék teljes lenyomata.

A NASA elméletében a folyadék nyomását a ballon nyomásához hasonlítják ( $p_1$ ). Ennek kapcsán 2 görbét kapnak, amit a (2. ábrán) láthatunk.



2. ábra

Az ábra jelölései:

1. viszonyított folyadék nyomás;
2. a gördülés viszonyított haladó sebessége;
3. 2-es zóna;
4. 1-es zóna.

Ha az adatokat sima felületre határozzák meg, akkor feltelezhető, hogy a kapott sebesség-nyomás függvény kapcsolat megfelel a  $c_{max} = 1.0$  és  $c_{mik} = 1.0$  értékeknek és hogy a nyomás függvény más, érdes felület esetében kisebb értékek-



kel számolható.

A csuszáskori kerék gördülés paramétereit meghatározva, az  $F_N$  függőleges terhelés egy része a 3-as száraz részre kerül. Feltételezik [2], hogy a kapcsolat hossz- és keresztirányú surlódási együtthatója azonos, így meghatározható az értéke nedves felszállópálya esetére:

$$\mu_R = \frac{A_3}{A} = \frac{\mu_x}{\mu_{\max.}} = \frac{\mu_z}{\mu_{\max.}} \quad (1)$$

$$\text{Amennyiben: } A_3 = A - (A_1 + A_2) \quad (2)$$

és alkalmazva az 1-es és 2-es zónában a viszonylagos folyadék nyomások feltételezését, kapjuk:

$$A_1/A = c_{\max} P_1/P_t \quad (3)$$

$$A_2/A = c_{\text{mik}} P_2/P_t \quad (4)$$

$$\mu_R = \mu_x/\mu_{\max.} = 1 - (c_{\max} P_1/P_t + c_{\text{mik}} P_2/P_t) \quad (5)$$

Az (5) egyenletet a NASA alapvető siklási egyenletének tekintik. Az ezzel kapcsolatos NASA által alkalmazott számítási módszert a [2] szakirodalom részletesen kifejti.

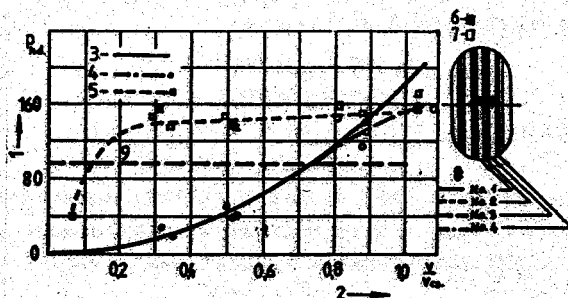
Az alkalmazott elmélet számítási szakasz a következőket feltételezi:

- több sebességen történik a fékezési kísérlet, hogy a görbe pontjait fel tudják venni;
- felépitik az  $\mu_R = f(v/v_{cs})$  függvényt a kísérletek alapján, DBV futómű esetén pedig az  $\mu_L$  kapcsolatot;
- interpolációval kiszámítják a  $c_{\max}$  és  $c_{\text{mik}}$  értékét;
- a folyadéknyomás alapján ill. a (5) egyenlet segítségével meghatározzák az  $\mu_R$  számított értékét;
- a ballonnyomást ismertnek tekintve  $\mu_{\max.}$  és  $v_{cs}$  meghatározható;
- $\mu_{\text{off}}$  kiszámítható nedves felszállópályára.

Annak ellenére hogy az elmélet egyszerűnek és könnyűnek tűnik az alkalmazásra, megfigyelhetők a nehézségei is. Az 3. ábrán megadott kísérlet adatai 25,4mm vízréteg vastagságra

vonatkozik, ahol az alkalmazott jelölések:

1. hidrodinamikai nyomás földközéleben;
2. átszámított sebesség;
3. folyadék dinamikai nyomása;
4.  $N^0-1$ . adó értéke a középvonalon;
5.  $N^0-2$ . adó értéke a szomszédos felületről;
6. borda;
7. csatorna;
8. nyomás adó elhelyezése;
9. ballonnyomás.



3. ábra

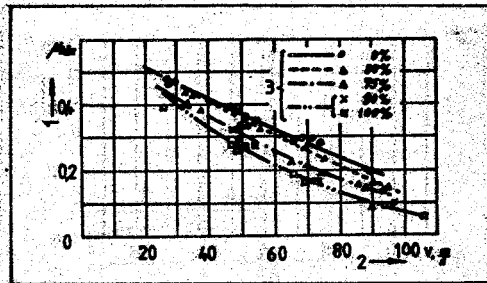
Azt a nyomást amit a borda alatt mérnek, a 2. zónához, a csatornában mért nyomást pedig az 1. zónához viszonyítják.

A következő NASA által alkalmazott elméletben a kiegészítés abban áll, hogy a dinamikai és viszkozus nyomások egyenlők a ballon nyomásával, (sebesség szerint), a sebesség pedig egyenlő a siklási (csuszási) sebességgel,  $v_{cs} = 9 \sqrt{p_t}$ . A 3. ábra bemutatja hogy ez a feltételezés nem teljesen igaz.

A NASA végrehajtott kísérletei néhány paraméter kapcsolatát erősítették meg nedves felszállópályá esetén: radiális terhelés; futógumi mérete, szerkezete, mintázata; csatornák mélysége; kopóréteg összetétele; hőmérséklet; vízréteg vas-

tagsága; felszállópálya borításának szerkezete; futókerék gördülésének módja és helyzete.

Az 4. ábra adatai a kerékköpeny kopásának hatását mutatja be, 32 \* 8,8 VII kerékre, hosszirányú csatornával, 1,03 MPa ballonnyomás esetén, nedves pálya használatakor.



4. ábra

Az ábra jelölései: 1 - közepes  $\mu$ ;  
2 - gördülési sebesség;  
3 - kerék kopás %-ban.

A kapott értékek átszámítására táblázatok állnak rendelkezésre, melyek a csuszási együtthatókkal vannak kapcsolatban.

A NASA korábbi kutatásai meggyőzően bemutatták, hogy a gumi csuszó surlódása jelentősen csökken a hőmérséklet növelésekor.

#### AZ EREDMÉNYEK IPARI FELHASZNÁLÁSA

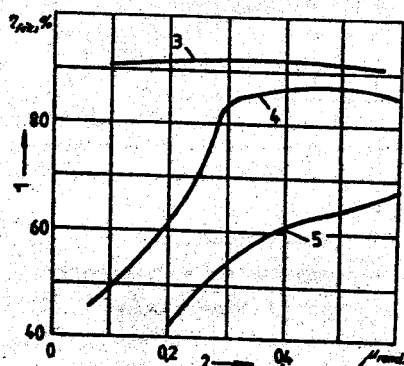
A repülőgép gyártó cégek nagy figyelmet fordítanak a hatásos és megbízható fékrendszerek gyártására. A fékezési nyomatok értékének követelménye és a fékezési energia mennyisége számítógépen kerül feldolgozásra komplex számítógépes programok alkalmazásával, az eddigi eredmények ismeretében.

A rendszerek vizsgálatokor automatikus fékezési eljárás-

kat alkalmaznak:

- \* fékezés állandó surlódási együtthatóval;
- \* felszállópálya változó állapotának adaptációja, (nedves víztócsás és jeges);
- \* stabil mozgás a futókereken, hosszirányú lengés;
- \* a fékező erőt a repülőgépezet vezérli;
- \* felszállópálya egyenetlenség, pl. fűves pálya esete.

Jelenleg 4 családját alkalmazzák az ABS rendszernek. A 5. ábra próbapadi értékeket mutat be három repülőgépen alkalmazott ABS típusnál.



5. ábra

- Az ábra jelölései: 1 - a fékezés hatásossága;  
2 - max. meg. surlódási együttható;  
3 - haladó műszaki rendszer;  
4 - közbelső műszaki rendszer;  
5 - régi műszaki rendszer.

#### ZÁRÓ MEGJEGYZÉS

Mivel hiányzik a repülőgépekkel folytatott pontos próbapadi ellenőrzések sora, a fenti kísérletekből az így a kapott eredményeket a hajózó személyzet képzésében csak óvato-

san alkalmazhatják. A futómű alkalmazásával a pálya állapotát, annak tisztaságát javítását kísérhetik figyelemmel. Az ilyen pályákon történő mozgások esetén a fékezett kerekek dinamikai tulajdonságai is érdekesnek mondhatók. Erről a következő számban lesz szó.

#### ALKALMAZOTT JELÖLESEK

- $p_1$  1 zóna folyadék nyomása;
- $p_2$  2 zóna folyadék nyomása;
- $p_1$  ballonnyomás;
- $\mu_R$  gördülő kerék hidrodinamikai paramétere;
- $\mu_L$  csúszó kerék hidrodinamikai paramétere;
- $\mu_x$  nedves felületen a hosszirányú gördülési ellenállás;
- $\mu_z$  nedves felületen a csuszási surlódási ell.;
- $\mu_{max} = 0,9300 - 0,0011 p_1$ ;
- $\mu_{ell} = \mu_{max} \eta$ ;
- $\eta$  kísérleti együttható (NASA).

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Brewer H.K. Cornering Properties of Aircraft Tires, to be presented at the ASTM Tire Symposium, Akron, Ohio, Nov.13. 1974.
2. Hainline B C, Amberg R L, Srinath S K: Prediction of Aircraft Braking Friction on Wet Runways, A look at past and current research activities, SAE Tech. Pap. Ser. 1983, N° 831362, p.1-15.
3. Kiss Lajos: Lateral Motion of Aircraft on the Runway, 19th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 18-23. September, 1994, Anaheim, California, USA.
4. Kiss Lajos: Futókerékre ható üzemeltetési paraméterek. MH. SZRF. IKK. 1993\2-3 p.75-91.
5. Watling A.G. The Dynamic Response of an Aircraft Wheel to Variations in Runway Friction, Aeronautical Journal 1988. 92. N° 915 p. 169-178.

Dr. Szabó László mk. őrnagy  
"VEREB" FELSŐSZÁRNYAS MOTOROS KÖNNYŰREPÜLŐGÉP  
-SZÁMÍTÓGÉPPLEL SEGÍTETT- REPÜLESMECHANIKAI ELEMZÉSE

I. rész

BEVEZETÉS

Hazánkban egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek az ultrakönnyű és motoros könnyűrepülőgépek. Elterjedésük fő oka az egyszerű kialakításuk miatti viszonylagos olcsóságuk, emellett kiválóan alkalmasak oktató, sport és egyéb célokra. Sok helyen meglátva az ebben rejlő üzleti lehetőségeket kezdtek az ilyen kategóriájú repülőgépek tervezéséhez, illetve építéséhez.

A Szolnoki Repülőügyi Főiskolán 1992-ben kezdtek hozzá egy motoros könnyűrepülőgép építéséhez Hajagos Károly repülőgépvezető - oktató, valamint Svehlik János főiskolai docens vezetésével. Az építést a Főiskola Repülőgépépítő és Konstruktőr Szakköre és az azt irányító Repülőtechnika Üzem-bentartó és Javító Tanszék tanári munkaközössége végezte. A repülőgép a "VEREB" nevet kapta. A gépet ROTAX 508-as motorral és merev légsavarral látták el. A légsavar tervezője és készítője Nagy Szilveszter volt.

A Budapesti Műszaki Egyetem Közlekedésmérnöki Kar repülő szakmérnöki kurzus diplomamunkájaként ezen repülőgépet választottam. Munkámat Dr. Steiger István egyetemi docens, valamint Svehlik János főiskolai docens konzulensi irányításával végeztem.

A diplomaterv célja az volt, hogy a szakhatósági engedély megszerzéséhez szükséges repülésmechanikai számítások egy részét - az erre a célra megbízott szakembertől függetlenül, számítógépes szoftverek felhasználásával - végezzem

el és ezzel a munkával hozzájáruljak a repülőgép várható tulajdonságainak megismeréséhez.

A következő feladatok elvégzését tűztem ki célul:

Szárnyprofil vizsgálata; repülési sebességek meghatározása maximális felszállósúly figyelembevételével; a szárny és a repülőgép polárgörbéinek számítása; a szükséges és a rendelkezésre álló vonderő és teljesítmény meghatározása (Penaud-diagram); az emelkedési és süllyedési sebességek, illetve polárisok meghatározása; az elérhető zuhanási sebesség és zuhanásból való felvétel minimális sugarának kiszámítása; a  $60^\circ$ -os bedöntésű forduló sugarának és idejének kiszámítása; a felszállási és leszállási úthossz meghatározása; a repülőgép mellső és hátsó súlypont helyének, valamint a statikai hosszstabilitás értékének kiszámítása.

#### REPÜLESMECHANIKAI ELEMZÉS KIINDULÓ ADATAI

A repülőgép szárnya:

Szárnya egyfőtartós elcsavarásmentes, téglalap alaprajzú, fémszerkezetű alumínium cső segéd tartóval. Orrborítása üvegszálalás epoxi műgyanta alapú, borítása vászon. Profilja Wortmann FX 60-126. Pozitív V beállítása  $1^\circ 30'$ , előrenyílása  $30'$ , beépítési szöge  $3,2^\circ$ , húr hossza 1,49 m. Főbordái a főtartóhoz és segéd tartóhoz ragasztott és szegecskötéssel csatlakoznak, diagonális merevítői úgyszintén. Szárnydúcok csatlakozása alul-felül egyaránt oldható kötéssel történik csakúgy, mint a szárny bekötő vasalásé. Vég- és főbordák teli bordák, a többi dural cső merevítésű könnyített borda. Üzemanyag tartályok (26-28 l) a főborda és az 1.sz. borda között elhelyezve.

A teljes fesztáv menti csűrők differenciált, mechanikus vezérlések (pusch-pull bowden, rudazat, himba). Későbbi (széria) változatokon  $2/3$  fesztávnyi csűrő,  $1/3$  fesztávnyi

egyszerű fékszárny tervezett a fel- és leszálló úthossz csökkentése, illetve az emelkedő képesség javítása érdekében. Jelenlegi csűrő geometriai elcsavarása  $14^\circ$ .

A repülőgép fesztávolsága: ..... 10,6 m  
A repülőgép szárnyfelülete: ..... 15,794 m<sup>2</sup>  
A szárny alaprajzi alakja: ..... téglalap  
A profil húr hossza: ..... 1,49 m  
Az aerodinamikai tengely távolsága az orrponttól: ... 1,2135 m  
A szárny beépítési szöge: .....  $3,2^\circ$   
A profil felhajtóerő-tényező iránytangense: ..... 5,6  
A profil kritikus állásszöge: .....  $13,14^\circ$   
A profil maximális felhajtóerő-tényezője: ..... 1,554,7  
A profil  $C_y$ - $\alpha$ ,  $C_m$ - $\alpha$ ,  $C_y$ - $C_x$  értékei: ..... katalógusból

A vízszintes farokfelület adatai:

- felülete: ..... 2,324 m<sup>2</sup>  
- terjedtsége: ..... 2,89 m  
- beállítási szöge: .....  $-1^\circ$

A magassági kormánylap húr hossza: ..... 0,42 m

A magassági kormánylap maximális kitérítési szögei:

- lefelé: .....  $17^\circ$   
- felfelé: .....  $-25^\circ$

A farokfelület húr hossz negyedének távolsága az

orrponttól: ..... 4,69 m

A profil felhajtóerő-tényező iránytangense: ..... 5,73

A függőleges vezérsík adatai:

- felülete: ..... 2,514 m<sup>2</sup>  
- terjedtsége: ..... 1,6 m  
- beépítési szöge: .....  $0^\circ$   
- kitérítési szöge: .....  $\pm 25^\circ$   
- oldalkormány átlagos húr hossza: ... 0,686 m



- AC távolsága az orrponttól: ..... 4,765 m
- a profil felhajtóerő-tényező  
iránytangense: ..... 5,73

### Törzs

Törzse vegyes szerkezetű. Alumínium cső gerinc, alumínium támaszrudakkal. Az utaskabin alumínium és acél profi-  
lok, csövek felhasználásával készült üvegszál-as epoxi mű-  
gyanta alapú borítással, lexán szélvédővel és ajtókkal, egy-  
más melletti fa szerkezetű kárpitozott ülésekkel. Az ülések  
mögötti csomagter borítása vászon. A kabin hossza 1,85 m,  
szélessége 1,45 m, magassága 1,36 m. A farokrész ragasz-  
tott-szegécselt dural cső rácsszerkezet vászon borítással.  
Kormánylapjai pusch-pull rendszerű bowden, rövid rudazatok  
és himbák kombinációjával vezérelt.

- kialakítása: ..... bot-rács zárt kabinnal
- hossza: ..... 5,475 m
- legnagyobb szélessége: ..... 1,46 m
- legnagyobb magassága: ..... 1,27 m
- sűrűlt felülete: ..... 4,188 m<sup>2</sup>

Futókerék homlokfelülete: ..... 0,2123 m<sup>2</sup>  
Futószárak homlokfelülete: ..... 0,084 m<sup>2</sup>  
Futószárak keresztmetszeti alakja: ..... lekerekített

Kormányozható orrfutója mechanikusan fékezhető. Főfutó-  
műve progresszív karakterisztikájú spirál rugókkal rugózott  
gumipogácsás lökésgátlóval. Felfüggesztése lengőkaros. Kere-  
kei műanyag áramvonalazó borítást kaptak. Nyomtáv 1,75 m,  
tengelytáv 1,29 m (későbbi példányokon 1,84 m-re tervezve).

### Hajtómű (motor + légcsavar)

Motorja ROTAX - 508, folyadékűtéses, kétütemű, két-hengeres Otto-motor. Üzemanyagellátása indításhoz kézi, a motor üzeme alatt a szívótér vákuum működtette membrános tápszivattyúval történik. Indítása elektromotoros, gyújtása elektronikus vezérlésű mágnesgyújtás.

### Légcsavar

- típusa: ..... CLARK Y
- átmérője: ..... 1,88 m
- alapbeállítási szöge: .....  $11,01^\circ$
- szögsebesség: ..... 278 1/s

A hajtómű rendelkezésre álló vanderő és teljesítménye:  
(dr. Gausz Tamás) "SROF" számítógépes program alapján V és  $\eta$  függvényében inputként rendelkezésre áll.

A rendelkezésre álló erő ( $F_R$ ) és teljesítmény ( $P_R$ ) a sebesség ( $V$ ) valamint a légcsavar hatásfoka ( $\eta$ ) függvényében

$V$ [ m/s ]	$F_R$ [ N ]	$P_R$ [ KW ]	$\eta$ [ % ]
0	1540.00		
1	1525.88	45.63	0.00
2	1511.27	45.83	3.33
3	1496.22	46.02	6.57
4	1480.72	46.21	9.71
5	1464.75	46.39	12.77
6	1448.32	46.56	15.73
7	1431.44	46.71	18.60
8	1414.09	46.86	21.38
9	1396.30	46.99	24.08
10	1378.05	47.10	26.68
11	1359.35	47.20	29.19
12	1359.35	47.28	31.62
13	1340.22	47.35	33.97
14	1320.64	47.39	36.22
15	1300.64	47.42	38.40
16	1280.21	47.42	40.50
17	1259.37	47.40	42.51
18	1238.11	47.35	44.45
19	1216.45	47.28	46.31
20	1194.40	47.18	48.10
21	1171.97	47.06	49.81
22	1149.15	46.90	51.46
23	1125.97	46.71	53.03
24	1102.43	46.49	54.54
25	1078.53	46.24	55.98
26	1054.30	45.96	57.35
27	1029.73	45.64	58.67
28	1004.83	45.28	59.92
29	979.62	44.89	61.11
30	954.10	44.45	62.24

V [ m/s ]	F <sub>R</sub> [ N ]	P <sub>R</sub> [ KW ]	η [ % ]
30	928.28	43.98	63.32
31	902.17	43.47	64.33
32	875.78	42.92	65.30
33	849.11	42.33	66.20
34	822.17	41.69	67.05
35	794.98	41.01	67.85
36	767.53	40.29	68.59
37	739.84	39.52	69.27
38	711.91	38.70	69.90
39	683.74	37.84	70.47
40	655.35	36.93	70.98
41	626.75	35.97	71.43
42	597.92	34.97	71.82
43	568.89	33.91	72.13
44	539.66	32.81	72.38
45	510.23	31.65	72.54
46	480.60	30.45	72.61
47	450.79	29.19	72.58
48	420.80	27.88	72.45
49	390.62	26.52	72.18
50	360.27	25.10	71.76
51	329.75	23.64	71.15
52	299.06	22.11	70.32
53	268.21	20.54	69.21
54	237.19	18.91	67.74
55	206.02	17.22	65.80
56	174.69	15.48	63.20
57	143.21	13.68	59.65
58	111.58	11.83	54.71
59	79.80	9.92	47.47
60	47.87	7.95	36.13
61	15.81	5.93	16.27
62	-16.40	3.84	-26.47

Villamos rendszere 12 V-os egyenáramú, 80 W teljesítményű töltő mágnessel. Akkumulátora 35 Ah-ás, a motor indításához szükség szerint külső csatlakozással. Fogyasztói az indítómotoron túl: helyzetfények, leszálló-guruló fényszóró, fénymajak, fordulatszámérő, Üzemidő-számláló.

Műszerezettsége: barometrikus sebesség, magasság és variométer, időóra, folyadék csillapítású mágneses iránytű, elektromos Üzemidő-számláló, elektronikus fordulatszámérő, töltésjelző és hengerfejhőmérő forráspont jelzővel, úszós működésű vizuális Üzemanyag mennyiségmérő. Rádiója a 118-136 MHz-es tartományban legalább 25 kHz-ként hangolható URH adó-vevő állomás.

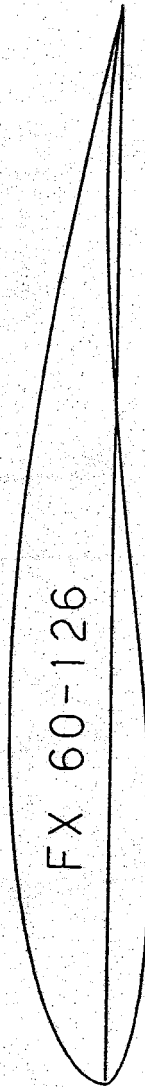
Az FX 60-126 katalógus adatai

NR	X/T	Y0/T	YU/T
1	1.00000	.00000	.00000
2	.99991	.00024	.00014
3	.99971	.00068	.00068
4	.99934	.00198	.00146
5	.99851	.00353	.00279
6	.99734	.00554	.00357
7	.99619	.00798	.00483
8	.99488	.01084	.00610
9	.99329	.01412	.00732
10	.99157	.01777	.00845
11	.98964	.02181	.00944
12	.98750	.02611	.01022
13	.98516	.03070	.01074
14	.98270	.03552	.01103
15	.98043	.04055	.01173
16	.97773	.04567	.01256
17	.97495	.05084	.01347
18	.97215	.05589	.01441
19	.96933	.06082	.01547
20	.96674	.06549	.01637
21	.96438	.06994	.01702
22	.96250	.07402	.01798
23	.96025	.07781	.01876
24	.95874	.08118	.01936
25	.95697	.08425	.01981
26	.95483	.08679	.02014
27	.95243	.08893	.02058
28	.95024	.09041	.02053
29	.94856	.09138	.02077
30	.94633	.09160	.02031
31	.94451	.09130	.02039
32	.94281	.09019	.02035
33	.94098	.08859	.02033
34	.93950	.08615	.02037
35	.93850	.08327	.02037
36	.93737	.07958	.02035
37	.93643	.07555	.02034
38	.93533	.07077	.02034
39	.93430	.06585	.02034
40	.93422	.06021	.02034
41	.93394	.05457	.02034
42	.93158	.04868	.02034
43	.93022	.04174	.02032
44	.92850	.03493	.02032
45	.92732	.02802	.02032
46	.92695	.02096	.02032
47	.92622	.01349	.02031
48	.92610	.00675	.02031
49	.92600	.00000	.02030

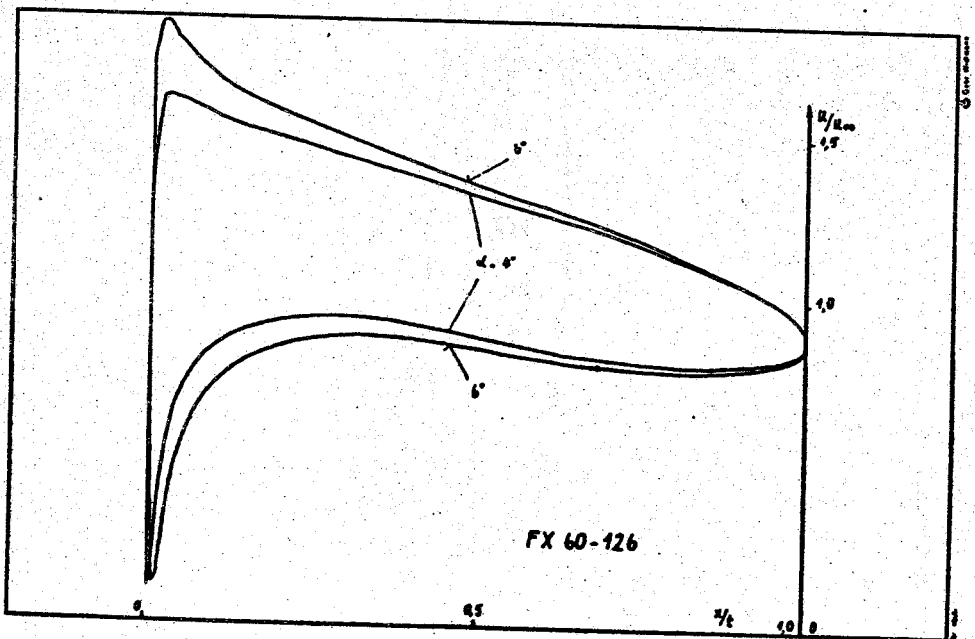
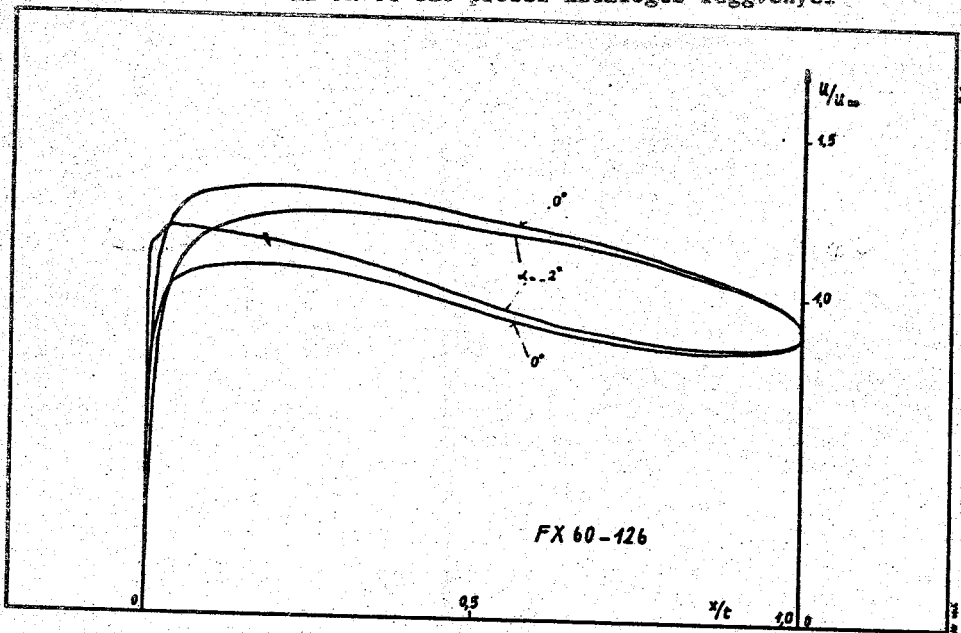
DICKE/T... = .120 PUECKLAGE/T = .279  
 MOELDRICKE/T = .036 PUECKLAGE/T = .565

PROFILTIFFE = T

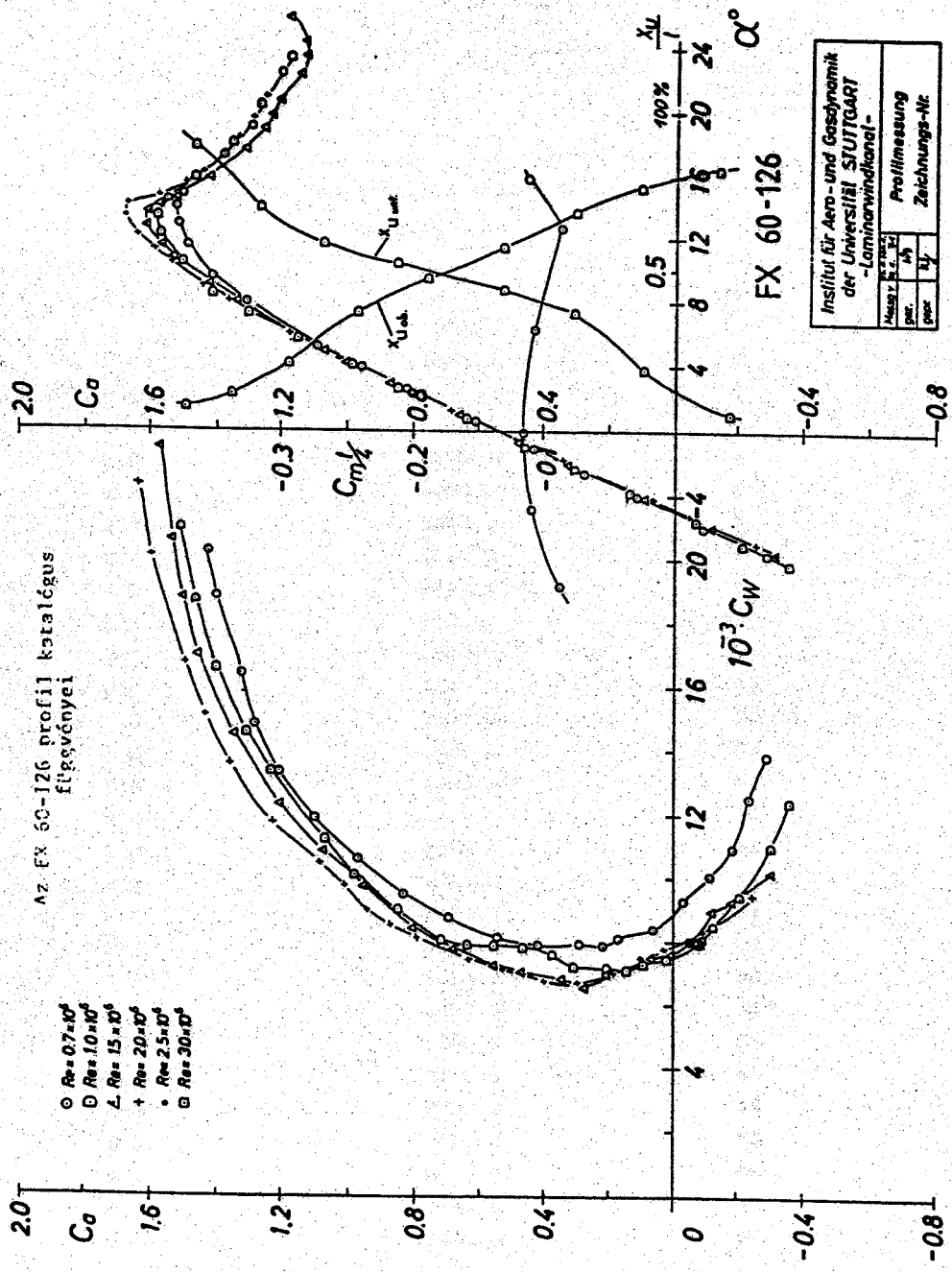
A szárny FX 60-126 profilja



Az FX 60-126 profil katalógus függvényei







FX 60-126

Institut für Aero- und Gasdynamik der Universität STUTTGART -Laminarwindkanal-		Profilmessung Zeichnungs-Nr.	
Messr. Nr. 1	21	prof.	2/3
post.	2/3	prof.	2/3

A statikus hosszstabilitás vizsgálatához felhasznált -Labodics J. repülőmérnök (Aeroplex) - által készített - szoftver input készletének kielégítésére regresszióvizsgálatot kellett végezni a wortmann-katalógus függvényei alapján. A vizsgálatot dr. Bálint-dr. Tátrai szerzőpáros által készített "Gyakorlati statisztikai számítások" Novotrade szoftverrel végeztem el.

A profil ellenállás-tényező --- állásszög ( $C_{x\alpha}$ ) függvény regressziós vizsgálata másodfokú polinommal

AZ ADATMÁTRIX

sor- szám	$\alpha$ (rad)	$C_{x\alpha}$ * (E-03)
1	- 0.1256	10.0
2	- 0.1186	9.5
3	- 0.1117	9.0
4	- 0.1047	8.5
5	- 0.0994	8.1
6	- 0.0925	7.9
7	- 0.0837	7.6
8	- 0.0767	7.1
9	- 0.0663	7.2
10	- 0.0523	7.1
11	- 0.0436	6.8
12	- 0.0363	6.7
13	- 0.0261	6.7
14	- 0.0191	6.7
15	- 0.0069	6.8
16	0.0000	6.9
17	0.0104	7.1
18	0.0244	7.3
19	0.0349	7.5
20	0.0436	7.7
21	0.0523	7.8
22	0.0628	8.0
23	0.0730	8.3
24	0.0872	8.6
25	0.0977	8.8
26	0.1099	9.3
27	0.1221	9.7
28	0.1291	10.2

## AZ ADATMÁTRIX

( folytatása )

sor- szám	$\alpha$ CradD.	$Cx_{\alpha}$ * (E-03)
29	0.1431	10.6
30	0.1553	11.0
31	0.1675	11.5
32	0.1815	11.9
33	0.1884	12.6
34	0.2024	13.7
35	0.2146	14.8
36	0.2234	15.8
37	0.2373	16.6
38	0.2565	18.7
39	0.2652	20.5
40	0.2862	22.2
41	0.3114	24.0

A KÖZELÍTÉS  $Y = A_0 + A_1 * X + \dots + A_M * X^M$  ALAKU

$$A_0 = 6.83618142 \text{ E} - 03$$

$$A_1 = 1.64659229 \text{ E} - 03$$

$$A_2 = 0.172547459$$

(Ahol:  $Y = Cx$

$$A_{C0...M} = d_{C0...M}$$

$$x = \alpha$$

Igy:  $Cx = d_0 + d_1 \alpha + d_2 \alpha^2 \dots$

*Megjegyzés: A statikus stabilitás számításához felhasznált szoftver ezekkel az input karakterekkel bíri a jellemzőket.)*

## REGRESSZIÓS TÁBLAZAT

### REGRESSZIÓS

NÉGYZETÖSSZEG = 7.92633613 E - 04

SZABADSÁGI FOK = 2

NÉGYZET ÁTLAG = 3.96316807 E - 04

### MARADÉK

NÉGYZETÖSSZEG = 6.86248245 E - 06

SZABADSÁGI FOK = 38

NÉGYZET ÁTLAG = 1.80591643 E - 07

### TELJES

NÉGYZETÖSSZEG = 7.99495096 E - 04

SZABADSÁGI FOK = 40

F = 2194.54676

DETERMINÁCIÓS KOEFF. = 0.99141649

KORRELÁCIÓS KOEFF. = 0.995998996

BECSLÉS STANDARD DEV. = 4.24960735 E - 04

### AZ ADATMÁTRIX

* sor- szám	* $\alpha$ (rad)	MÉRT $Cx_{\alpha}$ * (E-03)	SZAMITOTT $Cx_{\alpha}$ * (E-03)
1	- 0.1256	10.0	9.351
2	- 0.1186	9.5	9.067
3	- 0.1117	9.0	8.805
4	- 0.1047	8.5	8.555
5	- 0.0994	8.1	8.377
6	- 0.0925	7.9	8.160
7	- 0.0837	7.6	7.907
8	- 0.0767	7.1	7.724
9	- 0.0663	7.2	7.485
10	- 0.0523	7.1	7.222

AZ ADATMÁTRIX

(folytatás)

* sor - szám	* $\alpha$ (rad)	MÉRT. $Cx_{\alpha}$ * (E-03)	SZÁMI TOTT $Cx_{\alpha}$ * (E-03)
11	- 0.0436	6.8	7.093
12	- 0.0383	6.7	7.026
13	- 0.0261	6.7	6.910
14	- 0.0191	6.7	6.867
15	- 0.0069	6.8	6.833
16	0.0000	6.9	6.836
17	0.0104	7.1	6.871
18	0.0244	7.3	6.979
19	0.0349	7.5	7.103
20	0.0436	7.7	7.235
21	0.0523	7.8	7.394
22	0.0628	8.0	7.620
23	0.0750	8.3	7.930
24	0.0872	8.6	8.291
25	0.0977	8.8	8.644
26	0.1099	9.3	9.101
27	0.1221	9.7	9.609
28	0.1291	10.2	9.924
29	0.1431	10.6	10.605
30	0.1553	11.0	11.253
31	0.1675	11.5	11.953
32	0.1815	11.9	12.819
33	0.1884	12.6	13.270
34	0.2024	13.7	14.237
35	0.2146	14.8	15.135
36	0.2234	15.8	15.815
37	0.2373	16.6	16.943
38	0.2565	18.7	18.610
39	0.2652	20.5	19.408
40	0.2862	22.2	21.440
41	0.3114	24.0	24.376

A profil nyomatéki-tényező---állásszög ( $Cm_{\alpha}$ ) függvény  
 regressziós vizsgálata negyedfokú polinommal

AZ ADATMÁTRIX

sor- szám	$\alpha$ (rad)	$Cm_{\alpha}$ * (E-02)
1	- 0.1395	- 9.62
2	- 0.1255	- 9.87
3	- 0.1116	- 10.25
4	- 0.1029	- 10.37
5	- 0.0872	- 10.62
6	- 0.0697	- 10.87
7	- 0.0523	- 11.00
8	- 0.0366	- 11.25
9	- 0.0156	- 11.37
10	- 0.0000	- 11.50
11	0.0191	- 11.32
12	0.0348	- 11.30
13	0.0523	- 11.00
14	0.0697	- 10.87
15	0.0872	- 10.70
16	0.1098	- 10.50
17	0.1221	- 10.37
18	0.1569	- 9.75
19	0.1883	- 9.37
20	0.2546	- 9.37
21	0.2617	- 9.50
22	0.2792	- 10.70
23	0.2967	- 11.50
24	0.3141	- 12.00

A KÖZELÍTÉS  $Y = A_0 + A_1 * X + \dots + A_M * X^M$  ALAKU

$A_0 = - 0.113680655$   
 $A_1 = - 6.09742138$   
 $A_2 = 1.01721493$   
 $A_3 = - 0.2370065$   
 $A_4 = - 10.2275067$

(Ahol:  $Y = C_m x$   
 $A_{C_0 \dots M} = k_{(C_0 \dots M)}$   
 $X = \alpha$

Így:  $C_m = k_0 + k_1 \alpha + k_2 \alpha^2 + k_3 \alpha^3 + k_4 \alpha^4$

*Megjegyzés: A statikus stabilitás számításához felhasznált szoftver ezekkel az input karakterekkel léri a jellemzőket.)*

#### REGRESSZIÓS TÁBLÁZAT

##### REGRESSZIÓS

NÉGYZETÖSSZEG = 1.22128209 E - 03  
 SZABADSÁGI FOK = 4  
 NÉGYZET ÁTLAG = 3.05345522 E - 04

##### MARADÉK

NÉGYZETÖSSZEG = 5.52541765 E - 05  
 SZABADSÁGI FOK = 19  
 NÉGYZET ÁTLAG = 2.90811455 E - 06

##### TELJES

NÉGYZETÖSSZEG = 1.27663626 E - 03  
 SZABADSÁGI FOK = 23  
 F = 104.997763  
 DETERMINÁCIÓS KOEFF. = 0.956718935  
 KORRELÁCIÓS KOEFF. = 0.978120103  
 BECSLÉS STANDARD DEV. = 1.70531949 E - 03

AZ ADATMÁTRIX

* sor- szám	* $\alpha$ (Crad)	MÉRT $C_{m\alpha}$ * (E-02)	SZÁMITOTT $C_{m\alpha}$ * (E-02)
1	- 0.1395	- 9.62	- 9.646
2	- 0.1255	- 9.87	- 9.916
3	- 0.1116	- 10.25	- 10.178
4	- 0.1029	- 10.37	- 10.337
5	- 0.0872	- 10.62	- 10.604
6	- 0.0697	- 10.87	- 10.867
7	- 0.0523	- 11.00	- 11.082
8	- 0.0366	- 11.25	- 11.230
9	- 0.0156	- 11.37	- 11.353
10	- 0.0000	- 11.50	- 11.398
11	0.0191	- 11.32	- 11.362
12	0.0348	- 11.30	- 11.288
13	0.0523	- 11.00	- 11.152
14	0.0697	- 10.87	- 10.968
15	0.0872	- 10.70	- 10.742
16	0.1098	- 10.50	- 10.408
17	0.1221	- 10.37	- 10.216
18	0.1569	- 9.75	- 9.690
19	0.1883	- 9.37	- 9.340
20	0.2546	- 9.37	- 9.638
21	0.2617	- 9.50	- 9.802
22	0.2792	- 10.70	- 10.359
23	0.2967	- 11.50	- 11.159
24	0.3141	- 12.00	- 12.233



A cikk II. részében a repülésmechanikai számításom, valamint a statikus hosszstabilitás vizsgálatom elméleti összefüggését mutatom be, amely elméletek, összefüggések, képletek adták eredményeim (outputok) alapját.

HORVÁTH DEZSŐ MK. ALEZREDES  
FŐISKOLAI DOCENS

A REPÜLŐGÉP DINAMIKAI TULAJDONSÁGÁNAK VIZSGÁLATA HOSSZIRÁNYÚ  
MOZGÁS ESETÉN

A repülőgép térbeli mozgásának egyenletei

A repülőgép mozgását két mozgás formájában képzelhetjük el: a tömegközéppont adott pályán történő és a repülőgép, mint szilárd test a tömegközéppont körüli mozgása. Ezen mozgások hat szabadságfokkal rendelkeznek.

A tömegközéppont helyzetét egy adott koordináta-rendszerhez viszonyítva, lineáris koordináták határozzák meg: a  $H$  repülési magasság,  $X$  megtett út,  $Z$  oldaleltérés. A lineáris koordináták mellett még szögkoordináták is jellemzik a repülőgép helyzetét. Ezen kívül még figyelembe kell venni a repülés azon paramétereit is, amelyek a repülőgép mozgását a levegőhöz viszonyítva jellemzik:  $v$  sebesség,  $\alpha$  állásszög,  $\beta$  csúszásszög.

A kormányzott repülés végrehajtása céljából változtatni kell a repülőgépre ható  $F$  erőket és  $M$  nyomatékokat. A feladat végrehatása céljából a mozgás pillanatnyi paramétereit állandóan összehasonlítják a szükséges paraméterekkel, majd az összehasonlítás eredményeként vezérlő jeleket alakítanak ki. A repülőgép bonyolult mozgását egy sor egyszerű mozgásra bontják és így tanulmányozzák valamennyit.

A légi járművek repülésdinamikájának vizsgálatát derékszögű és polár koordináta-rendszerek segítségével végzik el.

A repülőgép egyenleteinek meghatározására a következő koordináta-rendszereket használják fel:

- a.) Földi koordináta-rendszer.
- b.) Földi koordináta-rendszer a repülőgép tömegközéppontú origóval.

c.) A repülőgéppel összekapcsolt koordináta-rendszer.

d.) Sebességi koordináta-rendszer.

A repülőgép térbeli mozgását tanulmányozva a földi koordináta-rendszerhez viszonyítva az idő függvényében, a kinematikai törvényszerűségeket is figyelembe véve két derékszögű koordináta-rendszert használnak:  $O X_0 Y_0 Z_0$  földi és  $O X_1 Y_1 Z_1$  repülőgéppel összekapcsolt koordinátákat.

A repülőgép tömegközéppontját az  $O X_0 Y_0 Z_0$  koordináta-rendszerben három lineáris koordináta:  $L$  megtett út,  $Z$  oldaleltérés,  $H$  repülési magasság, és a repülőgéppel összekapcsolt  $O X_1 Y_1 Z_1$  koordinátáknak, a földi koordináta-rendszerhez viszonyított szögkoordináták:  $\psi$  irány,  $\theta$  bólintási és  $\gamma$  bedöntési szöge határozzák meg.

A repülés folyamán fontos paraméter az  $\alpha$  állásszög és a  $\beta$  csúszásszög.

Kinematikai összefüggés, amely összekapcsolja a  $\theta$  bólintási  $\alpha$  állás- és  $\theta$  pályaszögeket:

$$\theta = \theta + \alpha$$

A repülőgép földi koordináta-rendszerhez viszonyított mozgásának teljes elemzéséhez a kinematikai egyenletek nem elegendőek, szükséges még ismerni a repülőgépre ható erők és nyomatékok megoszlását. Ezek a repülőgép stabilitását és kormányozhatóságát határozzák meg.

A dinamika a rendszerek mozgása közötti kapcsolatot a rájuk ható erők és nyomatékok figyelembevételével vizsgálja, a repülőgép térbeli mozgását leíró matematikai modell létrehozását teszi lehetővé.

A repülőgép térbeli mozgását hat dinamikai (1,2) és hét kinematikai (3,4,5,6,7,8) egyenlet írja le, összesen 15 ismeretlennel.

Dinamikai egyenletek:

$$m (\dot{V}_x + V_z \omega_y - V_y \omega_z) = \sum_{i=1}^n F_{ix}$$

$$m (\dot{V}_y + V_x \omega_z - V_z \omega_x) = \sum_{i=1}^n F_{iy} \quad \} (1)$$

$$m (\dot{V}_z + V_y \omega_x - V_x \omega_y) = \sum_{i=1}^n F_{iz}$$

$$\dot{\omega}_x I_x + (\omega_x \omega_y - \dot{\omega}_y) I_{xy} + \omega_y \omega_z (I_z - I_y) = \sum_{i=1}^n M_{ix}$$

$$\dot{\omega}_y I_y + \omega_x \omega_z (I_x - I_z) - I_{xy} (\omega_y \omega_z + \dot{\omega}_x) = \sum_{i=1}^n M_{iy} \quad \} (2)$$

$$\dot{\omega}_z I_z + \omega_x \omega_y (I_y - I_x) + (\omega_y^2 - \omega_x^2) I_{xy} = \sum_{i=1}^n M_{iz}$$

Az (1,2) egyenletrendszereket a repülőgép mozgását leíró dinamikai egyenleteknek nevezzük. A hat differenciálegyenlet, hat ismeretlennel rendelkezik:  $V_x(t); V_y(t); V_z(t); \omega_x(t); \omega_y(t); \omega_z(t)$ . Bizonyítható, hogy a (2) egyenletrendszerben lévő

$$\omega_y \omega_z (I_z - I_y); \quad I_{xy} (\omega_x \omega_y - \dot{\omega}_y);$$

$$(I_x - I_z) \omega_x \omega_z; \quad I_{xy} (\omega_y \omega_x + \dot{\omega}_x);$$

$$(I_y - I_x) \omega_x \omega_y; \quad I_{xy} (\omega_y^2 + \omega_x^2);$$

tagok értéke az egyenletrendszerben más tagokhoz viszonyítva elhanyagolható.

Kinematikai egyenletek:

$$\bar{V} = \bar{V}_B + \Delta \bar{U}_T \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{x_0} &= f_1 (V_{x_1}; V_{y_1}; V_{z_1}; \psi; \theta; \gamma) \\ V_{y_0} &= f_2 (V_{x_1}; V_{y_1}; V_{z_1}; \psi; \theta; \gamma) \\ V_{z_0} &= f_3 (V_{x_1}; V_{y_1}; V_{z_1}; \psi; \theta; \gamma) \end{aligned} \right\} (4)$$

$$\frac{dY_0}{dt} = \frac{dH}{dt} = V_B \sin \theta \quad (5)$$

$$\dot{\Psi} = \frac{1}{\cos \theta} (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma)$$

$$\dot{\theta} = \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma \quad (6)$$

$$\dot{\gamma} = \omega_x - \operatorname{tg} \theta (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma)$$

$$\alpha \approx -\frac{V_{By}}{V_B}; \quad \beta \approx \frac{V_{Bz}}{V_B} \quad (7)$$

$$\delta = \theta + \alpha \quad (8)$$

ahol:  $\bar{V}_B$  - a repülőgép levegőhöz viszonyított sebességvektora;

$\vec{U}_T$  - szélességevktor;

$v_{x_0}; v_{y_0}; v_{z_0}$  - a föld feletti sebesség összetevőnek  
 $v_{x_1}; v_{y_1}; v_{z_1}$  vetületei a földi koor-

dinátarendszerben

Megjegyzés!

a.) A  $H$  repülési magasság időbeni változását az  $O X_0 Y_0 Z_0$  koordinátarendszerben a (5) kinematikai egyenlet írja le.

b.) A repülés folyamán fontos paraméter az  $\alpha$  állásszög és a  $\beta$  csúszásszög. Általában a  $\vec{V}$  föld feletti sebességvektor érintőleges a repülés pályájához és nem esik egybe a  $\vec{V}_B$  levegőhöz viszonyított sebességgel, melynek helyzete az  $\vec{U}$  szélességevektortól függ.

A  $\vec{V}_B$  vektor összetevői a repülőgéppel összekapcsolt koordinátarendszerben:

$$V_{B_x} = V_B \cos \beta \cos \alpha$$

$$V_{B_y} = V_B \cos \beta \sin \alpha \quad \} (9)$$

$$V_{B_z} = V_B \sin \beta$$

A (9) egyenlet felhasználásával:

$$\operatorname{tg} \alpha = - \frac{V_{B_y}}{V_{B_x}} \quad (10)$$

$$\sin \beta = \frac{V_{B_z}}{V_B} \quad (11)$$

c.) A gyakorlatban az  $\alpha$  és a  $\beta$  értéke nem haladja meg a  $15^\circ$  értéket, ezért:

$$V_{B_x} \approx V_B; \quad \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha; \quad \sin \beta \approx \beta.$$

d.) Abban az esetben, ha a repülőgép turbulens atmoszférában repül, még egy kiegészítő  $\alpha_T$  állásszög is létrejön:

$$\alpha = \alpha_B - \alpha_T$$

ahol:  $\alpha_B$  - a repülőgép levegőhöz viszonyított sebességvektora által létrehozott állásszög.

A dinamikai és kinematikai nemlineáris bonyolult egyenleteket elektronikus számítógéppel lehet megoldani. Bizonyos módszerek felhasználásával egyszerűsíthetők (linearizálás módszere a leggyakoribb) a differenciálegyenletek.

A repülőgép szöghelyzete stabilizálásának meghatározásánál nem szükséges a repülőgép koordinátáinak kiszámítása. Különösen akkor, ha a repülési magasság a repülés folyamán jelentősen nem változik. Így, ha nem vesszük figyelembe a levegő sűrűségének a változását, akkor a repülőgépre ható erők és nyomatékok nem függenek a repülési magasságtól és a (3,4,5) kinematikai egyenleteket figyelmen kívül hagyhatjuk.

Bizonyos meghatározott feltételek mellett, a tehetetlenségi kapcsolat figyelmen kívül hagyása esetén, a megmaradt egyenletek két csoportra oszthatók: a hosszirányú és a keresztirányú mozgást leíró egyenletrendszerekre. Ezek mindegyikébe három dinamikai egyenlet tartozik. Az egyenleteket már linearizálhatjuk, és így lehetőség nyílik azok analitikus megoldására.

Hosszirányú mozgásnak nevezzük az olyan mozgást, amelyet a repülőgép a függőleges síkban az  $\alpha$  állás,  $\theta$  bólintási,  $\theta$  pályaszög, a H repülési magasság változtatása mellett hajt végre, az Y koordináta-tengely mentén.

Egyenesvonalú, egyenletes mozgás fogalmán értjük az egyenesvonalú, bedöntés és csúszás nélküli vízszintes repülést.

### A mozgásegyenletek megoldása.

A dinamikai és kinematikai mozgásegyenletek rendszerét csak akkor lehet megoldani, ha ismert(ek) a repülőgépre ható összes erő(k) és nyomaték(ok). Ez lehetővé teszi, hogy megkapjuk az idő függvényében az összes keresett mozgásparamétert, azaz lehetővé válik a tömegközéppont mozgástörvényének és pályájának, valamint a repülőgép térbeli helyzetének jellemzése. A dinamikai egyenletek jobb oldalai az erők vagy a nyomatékok összegei, és azok pedig meghatározhatók a repülőgépet terhelő erőkre és nyomatékokra ható valamennyi vezérlőszerv kitérései alapján.

Az (1,2) egyenletekben szereplő erők és nyomatékok vetületei az  $O X_1 Y_1 Z_1$  tengelyekre a  $V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z$  függvényében:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = P_x + F_{Bx}(t) + G_x + R_x = F_x(V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{ix} = M_x + M_{Bx}(t) = M_x(V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = P_y + F_{By}(t) + G_y + R_y = F_y(V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z) \quad \} (12)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iy} = M_y + M_{By}(t) = M_y(V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = P_z + F_{Bz}(t) + G_z + R_z = F_z(V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iz} = M_z + M_{Bz}(t) = M_z(\dot{V}_x; \dot{V}_y; \dot{V}_z; \dot{\omega}_x; \dot{\omega}_y; \dot{\omega}_z; V_x; \omega_x; \omega_y; \omega_z)$$

$$\begin{aligned} \vec{G} = m g \text{ súlyerő vetületei: } & G_x = - m g \sin \delta \\ & G_y = - m g \cos \delta_0 \cos \gamma \\ & G_z = m g \cos \delta_0 \sin \gamma \end{aligned} \quad \} (13)$$



**Linearizálási módszer (variációs módszer, kis növekmények módszere):**

Tegyük fel, hogy a rendelkezésünkre áll az (1,2) egyenletrendszer valamilyen megoldása. A megoldást úgy tekintjük, hogy az megfelel egy  $V_0; \alpha_0; V_z = 0; \beta = 0; \omega_{x0} = \omega_{y0} = \omega_{z0} = 0$  paraméterekkel történő egyenesvonalú egyenletes repülés feltételeinek. Az egyenletekben szereplő változók pedig  $\Delta$  növekményt kapnak.

$$\begin{aligned} V_x &= V_{x0} + \Delta V_x; & V_y &= V_{y0} + \Delta V_y; & V_z &= \Delta V_z; \\ \omega_x &= \Delta \omega_x; & \omega_y &= \Delta \omega_y; & \omega_z &= \Delta \omega_z; & \} (14) \\ \alpha &= \alpha_0 + \Delta \alpha; & \vartheta &= \vartheta_0 + \Delta \vartheta; & \psi &= \psi_0 + \Delta \psi; \end{aligned}$$

Az erők és nyomatékok linearizálásánál figyelembe kell venni, hogy azok linearizálása a nyugalmi pontban történik. Ez az adott pillanatban megfelel az egyenesvonalú, egyenletes mozgásnak, csúszás nélkül, így

$$\sum_{i=1}^n F_{x0}; \sum_{i=1}^n F_{y0}; \sum_{i=1}^n F_{z0}; \sum_{i=1}^n M_{x0}; \sum_{i=1}^n M_{y0}; \sum_{i=1}^n M_{z0} \text{ mennyiségek}$$

azonosan egyenlők nullával. Ezen erők és nyomatékok (12) differenciáljai:

$$\begin{aligned} d \left( \sum_{i=1}^n F_{ix} \right) &= \frac{\delta F_x}{\delta V_x} d V_x + \frac{\delta F_x}{\delta V_y} d V_y + \frac{\delta F_x}{\delta V_z} d V_z + \\ &+ \frac{\delta F_x}{\delta \omega_x} d \omega_x + \frac{\delta F_x}{\delta \omega_y} d \omega_y + \frac{\delta F_z}{\delta \omega_z} d \omega_z \end{aligned} \quad \} (15)$$

$$d \left( \sum_{i=1}^n M_{ix} \right) = \frac{\delta M_x}{\delta v_x} d v_x + \frac{\delta M_x}{\delta v_y} d v_y + \frac{\delta M_x}{\delta v_z} d v_z + \\ + \frac{\delta M_x}{\delta \omega_x} d \omega_x + \frac{\delta M_x}{\delta \omega_y} d \omega_y + \frac{\delta M_x}{\delta \omega_z} d \omega_z$$

Figyelembe véve a zavarás okozta kis növekményeket, valamint azt, hogy a változók deriváltjai lineárisak, a differenciálokat felválthatjuk véges növekményértékkel.

$$m \frac{d}{dt} (\Delta v_x) - v_{y0} \omega_z / = \frac{\delta F_x}{\delta v_x} \Delta v_x + \frac{\delta F_y}{\delta v_y} \Delta v_y + \\ + \frac{\delta F_z}{\delta v_z} \Delta v_z + \frac{\delta F_x}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta F_x}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta F_x}{\delta \omega_z} \omega_z - \\ - m g \cos \theta_0 \Delta \theta$$

$$m \frac{d}{dt} (\Delta v_y) - v_{x0} \omega_z / = \frac{\delta F_y}{\delta v_x} \Delta v_x + \frac{\delta F_y}{\delta v_y} \Delta v_y + \frac{\delta F_y}{\delta v_z} \Delta v_z + \\ + \frac{\delta F_y}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta F_y}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta F_z}{\delta \omega_z} \omega_z - m g \sin \theta_0 \Delta \theta$$

$$m \frac{d}{dt} (\Delta v_z) + Y_{y0} \omega_x - v_{x0} \omega_y / = \frac{\delta F_z}{\delta v_x} \Delta v_x + \frac{\delta F_z}{\delta v_y} \Delta v_y + \\ + \frac{\delta F_z}{\delta v_z} \Delta v_z + \frac{\delta F_z}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta F_z}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta F_z}{\delta \omega_z} \omega_z + \\ + m g \cos \theta_0 \gamma \quad \} (16)$$

$$I_x \frac{d}{dt} (\omega_x) - I_{xy} \frac{d}{dt} (\omega_y) = \frac{\delta M_x}{\delta V_x} \Delta V_x + \frac{\delta M_x}{\delta V_y} \Delta V_y + \frac{\delta M_x}{\delta V_z} \Delta V_z +$$

$$+ \frac{\delta M_x}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta M_x}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta M_x}{\delta \omega_z} \omega_z$$

$$I_y \frac{d}{dt} (\omega_y) - I_{xy} \frac{d}{dt} (\omega_x) = \frac{\delta M_y}{\delta V_x} \Delta V_x - \frac{\delta M_y}{\delta V_y} \Delta V_y + \frac{\delta M_y}{\delta V_z} \Delta V_z +$$

$$+ \frac{\delta M_y}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta M_y}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta M_y}{\delta \omega_z} \omega_z$$

$$I_z \frac{d}{dt} (\omega_z) = \frac{\delta M_z}{\delta V_x} \Delta V_x + \frac{\delta M_z}{\delta V_y} \Delta V_y + \frac{\delta M_z}{\delta V_z} \Delta V_z + \frac{\delta M_z}{\delta V_x} \Delta \dot{V}_x +$$

$$+ \frac{\delta M_z}{\delta V_z} \Delta \dot{V}_y + \frac{\delta M_z}{\delta \omega_x} \omega_x + \frac{\delta M_z}{\delta \omega_y} \omega_y + \frac{\delta M_z}{\delta \omega_z} \omega_z$$

$$\Delta \dot{\psi} = \frac{\omega_y}{\cos \theta_0}; \quad \Delta \dot{\theta} = \omega_z; \quad \Delta \dot{\gamma} = \omega_z - \tan \theta_0 \omega_y$$

$$\Delta \dot{H} = \sin \theta_0 \Delta V - V_0 \cos \theta_0 \Delta \alpha + V_0 \cos \theta_0 \Delta \delta$$

A repülőgép szimmetriája, csúszásmentessége esetén a

$$\frac{\delta F_z}{\delta V_x}; \quad \frac{\delta F_z}{\delta V_y}; \quad \frac{\delta F_z}{\delta \omega_z}; \quad \frac{\delta M_x}{\delta V_x}; \quad \frac{\delta M_x}{\delta V_y}; \quad \frac{\delta M_z}{\delta \omega_z}; \quad \frac{\delta M_y}{\delta V_y}; \quad \frac{\delta M_y}{\delta \omega_z}$$

együtthatók is egyenlők nullával.

$$\text{Kis } V_z; \omega_z; \omega_y; \text{ értékekenél a } \frac{\delta F_x}{\delta V_z}; \quad \frac{\delta F_y}{\delta V_z}; \quad \frac{\delta M_z}{\delta V_z};$$

$$\frac{\delta F_x}{\delta \omega_y}; \frac{\delta F_y}{\delta \omega_x}; \frac{\delta M_z}{\delta \omega_x}; \frac{\delta F_x}{\delta \omega_y}; \frac{\delta F_y}{\delta \omega_y}; \frac{\delta M_z}{\delta \omega_z} \text{ is nullával egyen-}$$

lő. Hasonlóan elhanyagolhatók:  $\frac{\delta F_x}{\delta \omega_z} \omega_z$  és  $\frac{\delta F_y}{\delta \omega_z} \omega_z$  tagok is.

A felsorolt egyszerűsítésekből következik, hogy kis  $V_x; V_y; V_z; \omega_x; \omega_y; \omega_z$  értékeknél a (16) egyenletrendszer jelentősen le egyszerűsödik két rendszerre, a hosszirányú- és a keresztirányú mozgást leíró rendszerre.

#### A hosszirányú mozgást leíró rendszer

$$m \left( \frac{d}{dt} \Delta V_x - v_{y_0} \omega_z \right) = \frac{\delta F_x}{\delta V_x} \Delta V_x + \frac{\delta F_x}{\delta V_y} \Delta V_y -$$

$$- m g \cos \theta_0 \Delta \theta$$

$$m \left( \frac{d}{dt} \Delta V_y - v_{x_0} \omega_z \right) = \frac{\delta F_y}{\delta V_x} \Delta \dot{V}_x + \frac{\delta F_y}{\delta V_y} \Delta V_y -$$

} (17)

$$- m g \sin \theta_0 \Delta \theta$$

$$I_z \frac{d \omega_z}{dt} = \frac{\delta M_z}{\delta V_x} \Delta V_x + \frac{\delta M_z}{\delta V_x} \Delta \dot{V}_x + \frac{\delta M_z}{\delta V_y} \Delta V_y +$$

$$+ \frac{\delta M_z}{\delta \dot{V}_y} \Delta \dot{V}_y + \frac{\delta M_z}{\delta \omega_z} \omega_z$$

Ezek az egyenletek még egyszerűbb formában is felírhatók, ha a repülőgéppel összekapcsolt koordináták helyett, sebességi koordinátákat alkalmazunk.

A repülőgép hosszirányú mozgásának egyenleteit sebességi

koordinátákban közvetlenül a (17) a repülőgép mozgásegyenletéből kapjuk. A következő feltételek teljesülése mellett:  $V_z = 0; \gamma = 0; V_y = 0$ , valamint figyelembe vesszük azt, hogy az  $O X$  sebességi koordináta tengely a vízszintes síkban, a horizonthoz viszonyítva  $\theta$  pályaszög szerint helyezkedik el.

A feltételek alapján:

$$m \frac{dV}{dt} = F_x (V_x; \omega_x) - m g \sin \theta$$

$$m V \frac{d\theta}{dt} = F_y (V_x; \omega_z) - m g \cos \theta$$

$$I_z \frac{d\omega_z}{dt} = M_z \quad \} (18)$$

$$\frac{dV}{dt} = \omega_z$$

$$\frac{dH}{dt} = \sin \theta \Delta V - V_0 \cos \theta_0 \Delta \alpha + V_0 \cos \theta \Delta \theta$$

Hosszirányú mozgás esetén a repülőgépre ható erők és nyomatékok valóságos megoszlása:

$$\Delta \bar{U} = \Delta \bar{U}_B + \Delta \bar{U}_n;$$

$$\alpha = \vartheta - \theta$$

$$\alpha_B = \alpha + \alpha_T$$

$$\omega_z = \frac{d\theta}{dt}$$

ahol:  $\Delta \bar{U}_B; \Delta \bar{U}_n$  - a szélsébségsvektor repülésirányával ellentétes és oldalirányú összetevője.

Ha nem vesszük figyelembe az  $\bar{X}_B$  homlokellenállást, az  $\bar{Y}_B$  felhajtóerőt, az  $\bar{M}_{z_a}$  aerodinamikai nyomatékvektorokat és a  $\varphi_p$  hajtómű állásszöget:

$$\begin{aligned} F_z &= P \cos \alpha - X_B \cos \alpha_T + Y_B \sin \alpha_T \\ \bar{F}_y &= P \sin \alpha + X_B \sin \alpha_T + Y_B \cos \alpha_T \\ \bar{M}_{z_a} &= \bar{M}_z - \bar{M}_{B_z}(t) \end{aligned} \quad \} (20)$$

Az egyenesvonalú egyenletes repülés esetén a  $\delta - \theta$  szögek különbsége kicsi és az  $\alpha$  szög is kicsi, így feltételezhetjük, hogy  $\cos \theta \rightarrow 1$ ;  $\cos \alpha_B \rightarrow 1$ ;  $\sin \alpha_T \rightarrow \alpha_T$ , így a (20) egyenlet:

$$\begin{aligned} F_x &= P - X_B + Y_B \alpha_T \\ F_y &= P \alpha + X_B \alpha_T + Y_B \end{aligned} \quad \} (21)$$

Az  $X_B$ ;  $Y_B$  erők és  $\bar{M}_z$ ;  $\bar{M}_{B_z}(t)$  nyomatékok a következő fizikai paraméterek függvényei:

$$\begin{aligned} X_B &= X_B (V; \alpha; H; \delta_{CS}; \delta_{vv}; \delta_{ok}) = C_x \frac{\rho V_B^2}{2} S \\ Y_B &= Y_B (V; \alpha; H; \delta_{CS}; \delta_{vv}; \delta_{ok}) = C_y \frac{\rho V_B^2}{2} S \end{aligned} \quad \} (22)$$

$$P = P (V; H; \delta_{HVK})$$

$$\bar{M}_z = \bar{M}_z (\alpha; \bar{\alpha}; V; \omega_z; H; \delta_{vv})$$

- ahol:  $\delta_{CS}$  - a csűrők kitérésének szöge;  
 $\delta_{vv}$  - a vízszintes vezérsík kitérésének szöge;  
 $\delta_{ok}$  - az oldalkormány kitérésének szöge;  
 $\delta_{HVK}$  - a hajtómű vezérlőkar helyzete;  
 $\rho$  - a levegő sűrűsége [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];  
 $S$  - a szárny felülete [ $\text{m}^2$ ].

A (18) egyenlet a következőképpen módosul, ha figyelembe vesszük a (21 - 22) egyenleteket, valamint azt, hogy

$$\begin{aligned}
 X &= X_B - P = \Delta X (V_B; \alpha_B; H; \delta_{VV}) ; \Delta \alpha_B = \Delta \alpha - \alpha_T ; \Delta \alpha = \Delta \theta - \Delta \theta : \\
 m \frac{dV}{dt} &= - \Delta X (V_B; \alpha_B; H; \delta_{VV}) + (C_y \frac{\rho V_B^2}{2} S) \alpha_T - m g \sin \theta \\
 m \frac{d\theta}{dt} &= P (V_B; H; \delta_{HVK}) \alpha_B + C_y \frac{\rho V_B^2}{2} S + (C_x \frac{\rho V_B^2}{2} S) \alpha_T - \\
 &\quad - m g \cos \theta
 \end{aligned} \quad \} (23)$$

$$I_z \frac{d^2 \theta}{dt^2} = m_z \frac{\rho V_B^2}{2} b S$$

$$\omega_z = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{dH}{dt} = \sin \theta_0 \Delta V - V_0 \cos \theta \Delta \alpha + V_0 \cos \theta_0 \Delta \theta$$

ahol:  $b$  - a szárny közepes aerodinamikai húrja.

A hosszirányú mozgás dinamikai linearizált egyenletei

$$\begin{aligned}
 (m s + \frac{\delta \Delta X}{\delta V}) \Delta V + (\frac{\delta \Delta X}{\delta \alpha} - Y_B) \Delta \alpha + Y_B \Delta \theta = \\
 = - \frac{\delta \Delta X}{\delta V} \Delta U_x - (\frac{\delta \Delta X}{\delta \alpha} - Y_B) \alpha_T + \frac{\delta P}{\delta \delta_{HVK}} \Delta \delta_{HVK} \\
 - \frac{\delta Y_B}{\delta V} \Delta V - (m V_0 s + \frac{\delta Y_B}{\delta \alpha} + X_B) \Delta \alpha + (m V_0 s + \dots) \} (24)
 \end{aligned}$$

szerint) és rövid periódusú (állásszög szerint), ha megoldjuk a (27) egyenletet:

$$s ( s^2 + 2 \zeta_{\Phi} \omega_{\Phi} s + \omega_{\Phi}^2 ) ( s^2 + 2 \zeta_K \omega_K s + \omega_K^2 ) = 0 \quad (28)$$

ahol:  $\zeta_{\Phi}; \zeta_K; \omega_{\Phi}; \omega_K$  - a hosszú periódusú és rövid periódusú mozgások csillapítási együtthatói és körfrekvenciái.

A repülőgépre a repülés folyamán külső zavarások sokasága hat: pl.: vezérlő  $\delta_{HVK}$  a hajtómű vezérlésekor,  $\delta_{VV}$  vízszintes vezérsík kitérése,  $\delta_{CS}$  csőrök kitérése és a zavaró jelek  $V_B, \alpha_T$ .

A repülőgép reakcióját valamilyen konkrét jelre a szuperpozíció elve alapján határozhatjuk meg.

A szuperpozíció lényege: ha egy lineáris rendszerre egyidejűleg néhány zavaró jel hat, úgy ezek közös hatása egyenlő minden egyes jel által kiváltott hatás összegével.

A repülőgép reakciója a ráhatásokra a hosszirányú mozgás kinematikai paramétereinek változásával ( $\Delta V; \Delta \alpha; \Delta \delta; \Delta H$ ) jellemezhető, amelyeket egyúttal kimenő jeleknek tekintünk.

A repülőgép reakciója a zavaró jelekre meghatározható a megfelelő átviteli függvények segítségével.

Határozzuk meg a  $\Delta V$  repülési sebességváltozását a  $\delta_{VV}$  vízszintes vezérsík kitérésének következtében.

A keresett átviteli függvény, amely összekapcsolja a  $\delta_{VV}(s)$  bemenő jelet a  $\Delta V(s)$  kimenő jellel, a következő:

$$w_v \delta_{VV}(s) = \frac{\Delta V(s)}{\Delta \delta_{VV}(s)} \quad (29)$$



$$+ \Delta X \rangle \Delta \delta = \frac{\delta Y_B}{\delta V} \Delta U_x + \left( \frac{\delta Y_B}{\delta \alpha} + X_B \right) \alpha \quad \} (24)$$

$$- \frac{\delta M_z}{\delta V} \Delta V - \left( \frac{\delta M_z}{\delta \dot{\alpha}} s + \frac{\delta M_z}{\delta \alpha} \right) \Delta \alpha + \left( I_z s^2 - \frac{\delta M_z}{\delta V} s \right) \Delta \delta =$$

$$= \frac{\delta M_z}{\delta V} \Delta U_x + \left( \frac{\delta M_z}{\delta \dot{\alpha}} s + \frac{\delta M_z}{\delta \alpha} \right) \alpha_T + \frac{\delta M_z}{\delta \delta_B} \Delta \delta_B + M_{Bz}$$

$$- \sin \theta_0 \Delta V + V_0 \cos \theta \Delta \alpha - V_0 \cos \theta_0 \Delta \delta + D \Delta H = 0$$

$$\text{ahol: } s = \frac{d}{dt}$$

$\Delta U_x$  - a  $\Delta \vec{U}_B$  vektor vetülete az O X tengelyre.

### A repülőgép hosszirányú mozgásának matematikai modellje

A repülélp automatikus vezérlését biztosító rendszerek létrehozásának alapja, a repülőgép mozgásának matematikai modellje. Az egyenletek mátrix formában történő vizsgálatához vezessük be a következő jelöléseket:

-  $a_{ij}$  - változók a (24) egyenlet bal oldalán lévő változó paraméterekre;

-  $c_{ij}$  - együtthatók pedig a külső zavarásokra (aerodinamikai erők és nyomatékok, kormányhatások) vonatkozóan.

Az  $a_{ij}; c_{ij}$  együtthatók figyelembevételével a (24) egyenletet a következőképpen írhatjuk le:

$$\begin{aligned}
 (s + a_{11}) \Delta V + a_{12} \Delta \alpha + a_{13} \Delta \theta &= c_{11} \Delta U_x - c_{12} \alpha_T + \\
 &+ c_{13} \Delta \delta_{HVK} \\
 - a_{21} \Delta V - (s + a_{22}) \Delta \alpha + (s + a_{23}) \Delta \theta &= c_{21} \Delta U_x + \\
 &+ c_{22} \alpha_T
 \end{aligned} \quad \} (25)$$

$$\begin{aligned}
 - a_{31} \Delta V - (a_{30} s + a_{23}) \Delta \alpha + (s^2 - a_{33} s) \Delta \theta &= \\
 = c_{31} \Delta U_x + (c_{30} s + c_{32}) \alpha_T + c_{34} \Delta \delta_{vv} + c_{36} M_{Bz} \\
 - a_{41} \Delta V + a_{42} \Delta \alpha - a_{43} \Delta \theta + s \Delta H &= 0
 \end{aligned}$$

A determinánst nullával egyenlővé téve, megkapjuk a mozgás karakterisztikus egyenletét (s helyett a karakterisztikus egyenlet  $\lambda$  gyökének értékét írjuk fel):

$$D(s) = \begin{vmatrix} \lambda + a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ - a_{21} & - (\lambda + a_{22}) & (\lambda + a_{23}) & 0 \\ - a_{31} & - (a_{30}\lambda + a_{32}) & (\lambda^2 - a_{33})\lambda & 0 \\ - a_{41} & a_{42} & -a_{43} & \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (26)$$

A (25) és (26) egyenletrendszerek adják a repülőgép hossz-irányú mozgásának matematikai modelljét. A (26) egyenlet írja le a

nem kormányzott repülőgép hosszirányú mozgásának dinamikáját, nyugalomban lévő (zavarásmentes) atmoszfétában.

### A hosszirányú mozgás szabályozási modellje

Az átviteli függvények lehetőséget adnak a tranziens (átmeneti) folyamatok és frekvenciajellelmzők tanulmányozására. A repülőgép mozgására vonatkozóan pedig a rövid és hosszú periódusú, valamint a bedöntés és elfordulás szerinti mozgásainak vizsgálatára.

A (26) determinánst kifejtve a következő polinomot kapjuk:

$$(s^4 + \lambda_1 s^3 + \lambda_2 s^2 + \lambda_3 s + \lambda_4) = 0 \quad (27)$$

ahol:

$$\lambda_1 = a_{11} + a_{22} - a_{33} - a_{30}$$

$$\lambda_2 = a_{11} a_{22} - (a_{11} + a_{22}) a_{33} - a_{32} - a_{30} a_{11} - a_{12} a_{21}$$

$$\lambda_3 = -a_{11} a_{22} a_{33} - a_{33} a_{11} + a_{21} a_{12} a_{33} + a_{21} a_{13} a_{30}$$

$$\lambda_4 = a_{13} a_{21} a_{32}$$

Következtetés!

A karakterisztikus egyenletnek öt gyöke van. Az egyik egyenlő nullával. Ez azt jelenti, hogy a repülőgép semlegesen viselkedik a magasságváltozást illetően (aerodinamikai erők és nyomatékok nem függenek a magasságtól).

A többi négy gyök komplex konjugált és jelentős mértékben különbözik egymástól. Ezért a hosszirányú mozgás tranziens folyamatát két mozgásformában írhatjuk le: hosszú periódusú (sebesség

szerint) és rövid periódusú (állásszög szerint), ha megoldjuk a (27) egyenletet:

$$s ( s^2 + 2 \zeta_{\Phi} \omega_{\Phi} s + \omega_{\Phi}^2 ) ( s^2 + 2 \zeta_K \omega_K s + \omega_K^2 ) = 0 \quad (28)$$

ahol:  $\zeta_{\Phi}; \zeta_K; \omega_{\Phi}; \omega_K$  - a hosszú periódusú és rövid periódusú mozgások csillapítási együtthatói és körfrekvenciái.

A repülőgépre a repülés folyamán külső zavarások sokasága hat: pl.: vezérlő  $\delta_{HVK}$  a hajtómű vezérlésekor,  $\delta_{VV}$  vízszintes vezérsík kitérése,  $\delta_{CS}$  csőrök kitérése és a zavaró jelek  $V_B, \alpha_T$ .

A repülőgép reakcióját valamilyen konkrét jelre a szuperpozíció elve alapján határozhatjuk meg.

A szuperpozíció lényege: ha egy lineáris rendszerre egyidejűleg néhány zavaró jel hat, úgy ezek közös hatása egyenlő minden egyes jel által kiváltott hatás összegével.

A repülőgép reakciója a ráhatásokra a hosszirányú mozgás kinematikai paramétereinek változásával ( $\Delta V; \Delta \alpha; \Delta \delta; \Delta H$ ) jellemezhető, amelyeket egyúttal kimenő jeleknek tekintünk.

A repülőgép reakciója a zavaró jelekre meghatározható a megfelelő átviteli függvények segítségével.

Határozzuk meg a  $\Delta V$  repülési sebességváltozását a  $\delta_{VV}$  vízszintes vezérsík kitérésének következtében.

A keresett átviteli függvény, amely összekapcsolja a  $\delta_{VV}(s)$  bemenő jelet a  $\Delta V(s)$  kimenő jellel, a következő:

$$\delta_{VV}(s) = \frac{\Delta V(s)}{\Delta \delta_{VV}(s)} \quad (29)$$

A Cramer szabály szerint megoldva a (25) egyenletet a  $\Delta V(s)$  kimenő jelhez viszonyítva:

$$\Delta V(s) = \frac{D V(s)}{D(s)} \quad (30)$$

ahol:  $D V(s)$  - a (25) egyenlet determinánsa, amelynél az együtthatók oszlopát felcseréltem a megfelelő zavarások oszlopával ( $\Delta\delta_{VV} \neq 0$ ;  $\Delta U_x = 0$ ;  $\alpha_T = 0$ ;  $\Delta\delta_{HVK} = 0$ ).

$$D V(s) = \Delta\delta_{VV}(s) D_V^{\delta_{VV}}(s) \quad (31)$$

így:

$$\Delta\delta_{VV}(s) = \frac{D V(s)}{D_V^{\delta_{VV}}(s)} \quad (32)$$

A (30) és (32) egyenleteket behelyettesítve a (29) egyenletbe megkapjuk a  $\Delta\delta_{VV}(s)$  bemenő és  $\Delta V_B$  kimenő jel átviteli függvényét:

$$\begin{aligned} \frac{\delta_{VV}}{V_B}(s) &= \frac{D V(s)}{D(s)} \cdot \frac{D_V^{\delta_{VV}}(s)}{D V(s)} = \frac{D_V^{\delta_{VV}}(s)}{D(s)} = \\ &= \frac{s^2 + B_1^V s^3 + B_2^V s^2 + B_3^V s + B_4^V}{s(s^4 + \lambda_1 s^3 + \lambda_2 s^2 + \lambda_3 s + \lambda_4)} \quad (33) \end{aligned}$$

ahol:  $B_1^V; B_2^V; B_3^V; B_4^V$  - a sebesség szerinti együtthatók

A többi lehetséges átviteli függvény:

$$W_{\alpha}^{\delta_{VV}}(s) = \frac{D_{\alpha}^{\delta_{VV}}(s)}{D(s)} = \frac{s^4 + B_1^{\alpha} s^3 + B_2^{\alpha} s^2 + B_3^{\alpha} s + B_4^{\alpha}}{s(s^4 + \lambda_1 s^3 + \lambda_2 s^2 + \lambda_3 s + \lambda_4)} \quad (34)$$

$$W_{\delta}^{\delta_{VV}}(s) = \frac{D_{\delta}^{\delta_{VV}}(s)}{D(s)} = \frac{s^2 + B_1 s + B_2}{s(s^4 + \lambda_1 s^3 + \lambda_2 s^2 + \lambda_3 s + \lambda_4)} \quad (35)$$

$$W_H^{\delta_{VV}}(s) = \frac{D_H^{\delta_{VV}}(s)}{D(s)} = \frac{s^3 + B_1^H s^2 + B_2^H s + B_3^H}{s(s^4 + \lambda_1 s^3 + \lambda_2 s^2 + \lambda_3 s + \lambda_4)} \quad (36)$$

Hasonlóan más zavaró hatások  $\Delta U_x$ ;  $\alpha_T$ ;  $\delta_{HVK}$  átviteli függvényei szél esetén  $\alpha_T = 0$ ;  $\Delta \delta_{HVK} = 0$ ;  $\Delta \delta_{VV} = 0$ , így:

$$W_V^V(s) = \frac{D_V^V(s)}{D(s)} ; \quad W_{\delta}^V(s) = \frac{D_{\delta}^V(s)}{D(s)} ; \quad (37)$$

$$W_{\alpha}^U(s) = \frac{D_{\alpha}^U(s)}{D(s)} ; \quad W_H^U(s) = \frac{D_H^U(s)}{D(s)} ;$$

Abban az esetben, ha  $\alpha_T = 0$ ;  $\Delta \delta_{HVK} = 0$ ;  $\Delta \delta_{VV} = 0$ ;  $\Delta U_x = 0$  akkor:

$$W_V^{\alpha_T}(s) = \frac{D_V^{\alpha_T}(s)}{D(s)} ; \quad W_{\theta}^{\alpha_T}(s) = \frac{D_{\theta}^{\alpha_T}(s)}{D(s)} ;$$

(38)

$$W_{\alpha}^{\alpha_T}(s) = \frac{D_{\alpha}^{\alpha_T}(s)}{D(s)} ; \quad W_H^{\alpha_T}(s) = \frac{D_H^{\alpha_T}(s)}{D(s)} ;$$

A HVK elmozdításakor és más zavarás hiánya esetén

$$(\Delta\delta_{HVK} = 0; \Delta\delta_{VV} = 0; \Delta U_x = 0; \alpha_T = 0):$$

$$W_V^{\delta_{HVK}}(s) = \frac{D_V^{\delta_{HVK}}(s)}{D(s)} ; \quad W_{\theta}^{\delta_{HVK}}(s) = \frac{D_{\theta}^{\delta_{HVK}}(s)}{D(s)} ;$$

(39)

$$W_{\alpha}^{\delta_{HVK}}(s) = \frac{D_{\alpha}^{\delta_{HVK}}(s)}{D(s)} ; \quad W_H^{\delta_{HVK}}(s) = \frac{D_H^{\delta_{HVK}}(s)}{D(s)} ;$$

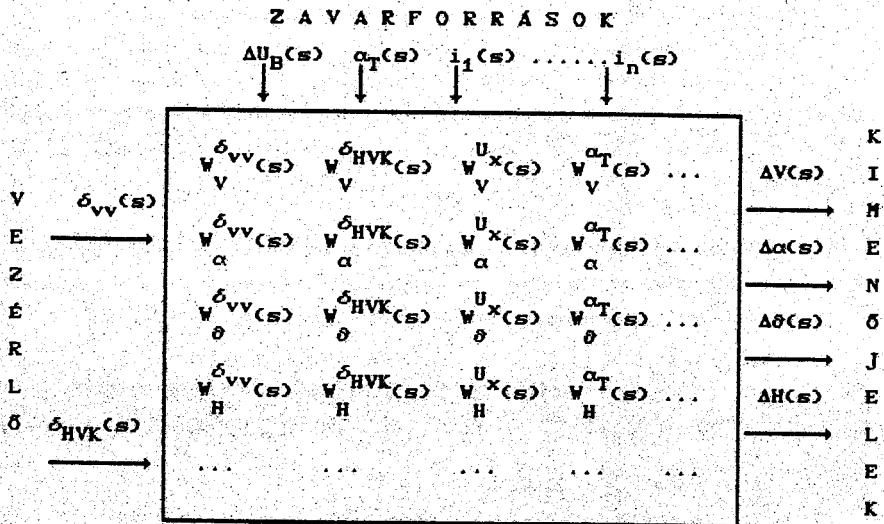
A szabályozási kör mátrix formában

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c}
 V(s) & & \delta_{VV}(s) & \delta_{HVK}(s) & U_x(s) & \alpha_T(s) & \delta_{VV}(s) \\
 & & W_V & W_V & W_V & W_V & \\
 \alpha(s) & = & \delta_{VV}(s) & \delta_{HVK}(s) & U_x(s) & \alpha_T(s) & \delta_{HVK}(s) \\
 & & W_\alpha & W_\alpha & W_\alpha & W_\alpha & \\
 \delta(s) & & \delta_{VV}(s) & \delta_{HVK}(s) & U_x(s) & \alpha_T(s) & U_x(s) \\
 & & W_\delta & W_\delta & W_\delta & W_\delta & \\
 H(s) & & \delta_{VV}(s) & \delta_{HVK}(s) & U_x(s) & \alpha_T(s) & \alpha_T(s) \\
 & & W_H & W_H & W_H & W_H & 
 \end{array}$$

A szuperpozíció elvén összeállított (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39.) átviteli függvények alapján létrehozható a repülőgép hosszirányú mozgásának szabályozási modellje az átviteli mátrix tagokkal.



## A hosszirányú mozgás szabályozási modellje



### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. A.M. Taraszenkov és mások: Dinamika paljota i bojevovv manyovroványijá letatyelnih apparatov. Moszkva, 1984. Zsukovszkij Akadémia
2. A.A. Kraszovszkij: Szisztyémi avtomaaticoszskovó upravlényijá poljotom pilotyirujemih letatyelnih apparatov. Moszkva, 1971. Zsukovszkij Adadémia
3. N.F. Krasznov, V.N. Kosevoj és mások: Prikladnaja aerodinamika Moszkva, 1974. Viszsaja Skola

Sándor Endre tanszékvezető  
főiskolai docens

Szemelvények a Természettudományi tanszék  
tudományos munkájából

Főiskolánkon - helyzeténél fogva - a tudományos kutatás tekintetében éppen nem az elméleti kutatásokon (nem is említve az alapkutatásokat) van a fő hangsúly, hanem a témák tárgyalásmódjának, a tananyag rendszerbe ágyazásának optimális kimunkálásán kell dolgoznunk. A fő tevékenységi terület tehát, az alkalmazott pedagógia különböző területeinek művelése.

Az ilyen jellegű tudományos kutatásnak, tudományos munkának sok buktatója van, de ugyanakkor vannak olyan területek, amelyek nem egyértelműen kidolgozottak.

A tanszéki tudományos munka e területek egy részét célozta meg, lényegében az alábbi három problémakörben:

1. / Mérés - értékelés,
2. / A problémamegoldó gondolkodás fejlesztése,
3. / Bizonyos témák oktatásmódjának finomítása.

A két utolsó témát illetően inkább a tudományos munka kategóriájába, míg az első téma pedig a tudományos kutatómunka fogalmkörébe tartozik.

ad 1., A mérés és értékelés a pedagógiai munkának meg lehetőségen neuralgikus pontja. Vannak irodalmak, amelyek e tekintetben adnak iránymutatásokat, pl.: az osztályzatok kialakítására %-os megoszlásban, a Gauss-görbének megfelelően. Ilyen irodalom az Orosz-Nagy-Agoston szerzőhármas által frott "Mérési módszerek a pedagógiában" c. könyv is. Lényegében ez volt a forrásmunkája a tanszéken folyó ún. "szintek

szerinti" vizsgáztatási módszer kidolgozásának. Ez a vizsgáztatási eljárás többé-kevésbé lehetővé teszi az érdemjegy kialakításánál az individuális elemek kiküszöbölését.

Mi a helyzet a dolgozatok értékelésénél? Általánosságban kétféle gyakorlat van. Az egyik (s ez az általánosabb): az értékelés pontozás alapján történik; a másik: a tanár alapvetően érzésekre, benyomásokra támaszkodva dönt az ötfokozatú skála valamely eleme mellett.

Érdekes az a franciaországi elemzés, mely az értékelés megbízhatóságát vizsgálta.

"Kimutatták, hogy ugyanaz a tanár 37 természettudományos dolgozat közül csak hétre írt az előzővel egyező osztályzatot, mikor három év múlva az egyszer már értékelt dolgozatokat újra javították vele (30 esetben 1-től 10 pontig terjedő különbségek voltak). Egy másik tanár 10 hónapi idő után ugyanezen 37 dolgozathoz csak hatra írt a 10 hónap előttiével azonos jegyet, a többinél azonban az eltérés nem volt 4 pontnál nagyobb. Lényegesen különböző osztályzatot kapott ugyanaz a dolgozat más és más vizsgáztatóknál: 6 érettségi vizsgáztató tanárral bíráltatták el 100 dolgozatot különböző tárgyakból. Az angolban, a matematikában, a fizikában 8-9 pontig, a latinból való fordításban, a filozófiában és a franciában 12-13 pontig is terjedő eltérések voltak".

"Ezek a következetlenségek olyan írásbeli vizsgák értékelésében jelentkeztek, amelyeknél a feladat azonos volt, és amelyeket névtelenül adtak be, tehát a vizsgázó személyének ismerete nem játszott szerepet az érdemjegy megállapításánál" (Dr. Kiss Árpád).

Ezek a gondok egyszersmind felvetik azt a problémát, hogy egy feladatra adott pontszám mennyire adekvátn tükrözi a megoldásba fektetett szellemi teljesítményt!

Minden mérés nem más, mint a mértékegységgel történő összehasonlítás. Természetesen fizikai jellemzők mérésénél ez az elv nagyszerűen alkalmazható, de mi a helyzet a szellemi teljesítmény mérésénél? Lehet-e ezeket valamilyen "jól definiált(?)" mértékegységgel valóban egzaktan összehasonlítani? Mégis tesszük ezt, hisz többnyire pontozzuk a feladatok megoldásának szintjét. De létezik-e olyan egység - nevezzük ezt 1 pontnak -, amely egy feladatsorozat kapcsán a felhasznált gondolati elemek (pl. algoritmus felállítása), s az ismeretek alkalmazásának mérésére egyaránt alkalmas. A jelenlegi tanszéki munka éppen ennek kiderítésére vállalkozott.

A már említett, méréssel foglalkozó irodalom viszonylag jól kezelhető elveket ad a definíciók és bizonyítások visszaadásának mérésére. E területen az 1 pont mint mértékegység elég markánsan definiálható, s - megkockáztatom - a jelzett két területen kompatibilisnek is tekinthető. Ezen elveket nem rögzítem, csak annyit jegyzek meg, hogy ezek alapján elkészült a matematika tananyag definíció jegyzéke a megállapított pontértékkel együtt.

Egy definíciónak logikai értelemben csak két állapota lehetséges, ti. vagy jó, vagy nem jó. ennek megfelelően értékelése vagy 0 pont, vagy a maximális pont, illetve a jól visszaadott definíciónál 1 pont erejéig csak a szabatos megfogalmazásban lehet különbség.

Lényegesen nagyobb volumenű munka az elmélet alkalmazásának mértékét mérő pontozási elvek megadása. Fontos kérdés pl. - éppen az összehasonlíthatóság szempontjából - annak eldöntése, hogy egy problémamegoldáshoz szükséges döntésben

mi az egység? Mi az a gondolati lépés, ami megfelel egy egységnek? Vagy egy feladat megoldása kivitelezésében mi tekinthető egységnek, s ez kompatibilis-e a gondolati tevékenység egységével?

Elképzeltető, hogy a döntéshez szükséges információtartalmakhoz rendelhető 1-1 egység, de még mindig éles kérdés a gondolati láncolat észrevételéhez való pontérték hozzárendelése.

A felvállalt tanszéki munka ezek tisztázására törekszik, ha egyáltalán ezek a kérdéskörök tisztázhatók. Az egységes méréshez és értékeléshez azonban mindenképpen szükséges viszonylag jól kezelhető rendezőelveket adni. Pl.: Megállapodhatunk abban is, hogy a középiskolai ismeretek helyes kivitelezése nem pontozható, de az ebben való hibázás mindenképpen pontlevonást igényel!

Az ilyen jellegű munka nyilván sokrétű elemző feladatot szab. A végső álláspont kialakításához sok, tanszéken belüli egyeztető megbeszélésre, elegendő példaanyag kidolgozására és vélemények ütköztetésére van szükség. Sajnos a didaktológiai foglalkozó irodalmak ilyen jellegű kérdésekre még nem adtak egyértelmű választ. Kialakult gyakorlatok vannak, de ezeknek éles kritikáját adta az említett franciaországi felmérés. Szükséges tehát foglalkoznunk a pontozási rendszer kialakításának módjával.

"Nem arról van szó, hogy egy megállapított pontozási rendszer nem mutat különbözőséget a teljesítmények között, de gyakran pontosan azokat a jegyeket képtelenek érvényesen, megbízhatóan feltárni, amelyek egy döntésnél meghatározhatók lehetnek" (Dr. Kiss Árpád).

Ahogy a felhozott felmérés is mutatja, nem hagyatkozhatunk pusztán a praxisból fakadó pontértékek megállapítá-

sára, még akkor sem, ha valaki rendkívül nagy gyakorlattal rendelkezik. A mérés objektivitása a mérőeszköz egzakt voltán, és a mérőeszköznek a mérendő mennyiséggel való összehasonlíthatóságán múlik.

Jelenleg a teljesítményorientált világban általános probléma, hogy az objektivitás csak igen kevéssé biztosítható. Ennek természetesen vannak individuális okai is, de olyan vonzata is van, hogy: "A legalább általános tanulmányi eredményért ugyanis a pedagógust is felelőssé teszik, a pedagógus munkáját tanulói elért tudásszintje alapján minősítik" (Dr. Kiss Árpád). Ez a minősítés nem feltétlen ad tiszta képet egy pedagógusi munkáról, mert érvényes Dr. Kiss Árpád alábbi megállapítása:

"A pedagógus, nem ösztönző környezetben kitűnő tanítás és rendkívüli erőfeszítések ellenére is érhet el közepes, sőt gyenge tanulmányi eredményt".

Természetesen egy objektív mérési rendszer kimunkálása köteles a fenti negatív tényezőket figyelmen kívül hagyni, kötelessége, hogy az individuális befolyásokat a minimálisra csökkentse, s helyes kimunkálása esetén a pontérték megállapítása tanártól független legyen és az ezek alapján adott osztályzat valóban adekvátan tükrözze a tudásszintet.

Ezek a tények feltétlen alapjai az egységes követelménytámasztásnak, melyen a tanszék állománya évek óta munkálkodik.

ad 2., A problémamegoldó gondolkodás, a teljesítőképes tudás pusztán csak rutinfeladatok megoldása, megoldatása kapcsán nem alakítható ki. Kifejezetten pedagógiai hibának kell elkönyvelnünk, ha egy elmélet alkalmazását - főként az eredményesség (?) elérése érdekében - rutinfeladatok megoldására korlátozzuk.

A valóság, a műszaki élet aligha szállít készen olyan problémát, mely szinte az unásig gyakorolt, immár gondolkodást nem igénylő alkalmazással megoldható. Ez nem azt jelenti, hogy rutinfeladatok megoldására nincs szükség! Szerepük csak annyi, hogy egy tanult eljárás alkalmazásának gyakorlását segítik elő. Önmagukban azonban nem képesek a problémamegoldó gondolkodás kifejlesztésére.

A valóságban az oktatott anyag részei beágyazódnak egy problémakörbe, s csak részfeladatként jelentkezhethet pl. akár egy deriválási, egy integrálszámítási feladat, vagy akár egy differenciálegyenlet megoldása. A problémamegoldó gondolkodás fejlesztése érdekében tehát célszerű olyan feladatokat is konstruálni, melyekbe valamilyen formába beágyazódnak az oktatott számítási eljárások, s azokat a megoldáshoz onnan ki kell bontani.

Lényegében ilyen gondolatok tanszéki terméke egy feladatsorozat, melyből példaként szolgáljon az alábbi három feladat.

1./ Rajzolható-e egy egyenlőszárú derékszögű háromszög valamely csúcsával az  $X \geq 0$  félsíkon az  $y = \frac{2}{x-1}$  és az  $y = \frac{x^3}{4}$  görbék metszéspontjába úgy, hogy a háromszög oldalai ne messék a görbéket? (Ez hogyan tehető meg?)

2./ Van-e közös pontja az  $F(t) = 8 \cos t \bar{i} + 8 \sin t \bar{j}$  síkgörbének és az  $xy' + 2y = \frac{x^2}{4}$  differenciálegyenlet  $P_0(1;17)$  ponton átmenő megoldás görbéjének?

3./ Tudjuk, hogy annak az  $f(x)$  függvénynek a görbéje, mely érintőjének iránytangense minden ponton  $\frac{3}{2}x+2$ , a  $[0;2]$  intervallummal  $\frac{40}{3}$  nagyságú területet zár közre. Van-e olyan

pont a számsíkon, amelyen az  $y' - 3y = -9x^2$  differenciálegyenlet olyan partikuláris megoldásgörbéje halad át, amely megegyezik  $f(x)$ -szel? (Ezek hol helyezkednek el?)

Az első feladat lényegében differenciálszámítási és vektoralgebrail apparátus felhasználását teszi szükségessé. Fel kell ismernie a hallgatónak, hogy a feladat a differenciálhányados geometriai jelentése alapján oldható meg.

A második feladat a differenciálegyenlet partikuláris megoldásának meghatározásán túl, igényli a megoldásgörbe szélső értékének vizsgálatát is.

A harmadik feladat összekapcsolja a differenciál-, az integrálszámítás és a differenciálegyenletek különböző eljárásait, ugyanakkor a kérdés megválasztása még megkívánja egy matematikai modell megteremtését is.

ad 3. „A foglalkozások megtartásának egyik fontos kérdése a témához és a hallgatók felkészültségéhez illeszkedő módszerek megválasztása. Itt a módszert szélesebb értelemben érttem. Nem csak magát az oktatási módszert (a szakdidaktikát), hanem egy téma exponálási lehetőségei közötti megfelelő választást is. Nevezetesen egy téma felvázolásának olyan módszerére gondolok, amely az eddigi gyakorlathoz képest - vélhetően - a megértés tekintetében nagyobb hatékonyságot biztosít. Természetesen e választott - az eddigiektől eltérő - tárgyalásmód nem sértheti a tudományosság elvét.

Ilyen tanszéki törekvésből fakadt pl. a deriválható függvények konvektásának vizsgálatára vonatkozó tétel olyan bizonyítása, mely az általunk ismert szakirodalomban nem található.



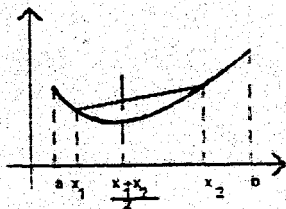
Ez a tétel a következőt mondja:

Legyen az  $f(x)$  függvény az értelmezési tartományának valamely  $[a; b]$  részintervallumán legalább kétszer deriválható. Az  $f(x)$  függvény akkor is csak akkor konvex az  $[a, b]$ -on, ha ott minden  $x \in [a, b]$  esetén  $f''(x) \geq 0$ .

E tétel klasszikus bizonyításának megértése a hallgatók számára nehézségeket okozott, így ennek érthetőbbé tétele új gondolatot szült, mely az alábbi definíción alapszik.

A folytonos  $f(x)$  függvény az értelmezési tartományának  $[a, b]$  intervallumán konvex, ha minden  $[a, b]$  intervallumbeli  $x_1$  és  $x_2$ -re fennáll az alábbi tulajdonság:

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) \leq \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}$$



Szemléletesen ez a definíció azt mondja, hogy konvex függvényeknél a változó bármely két értékének számtani közepéhez tartozó függvényérték nem nagyobb a két változóhoz tartozó függvényértékek számtani közepénél.

A bizonyítás lényegében azon alapszik, hogy a fenti definíció felhasználásával megmutatjuk: az  $f(x)$  konvexitásából  $f'(x)$  monoton növekedő volta következik, s megfordítva, ha  $f'(x)$  monoton nő, akkor ott  $f(x)$  konvex.

**Bizonyítás:**

Szükségesség: Ha  $f(x)$  konvex az  $[a, b]$ -on, akkor ott  $f'(x)$  monoton nő.

Biz.: Legyen  $\Delta x > 0$  tetszőleges és  $\forall x$ -re  $\left[x - \frac{\Delta x}{2}, x + \frac{\Delta x}{2}\right] \subset [a, b]$ .

Ekkor a feltétel miatt

$$f(x) = f\left(\frac{x + \frac{\Delta x}{2} + x - \frac{\Delta x}{2}}{2}\right) \leq \frac{f\left(x + \frac{\Delta x}{2}\right) + f\left(x - \frac{\Delta x}{2}\right)}{2},$$

azaz

$$2f(x) \leq f\left(x + \frac{\Delta x}{2}\right) + f\left(x - \frac{\Delta x}{2}\right).$$

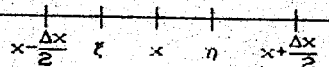
Rendezve

$$f(x) - f\left(x - \frac{\Delta x}{2}\right) \leq f\left(x + \frac{\Delta x}{2}\right) - f(x).$$

Osztva mindkét oldalt  $\frac{\Delta x}{2} (> 0)$ -vel

$$\frac{f(x) - f\left(x - \frac{\Delta x}{2}\right)}{\frac{\Delta x}{2}} \leq \frac{f\left(x + \frac{\Delta x}{2}\right) - f(x)}{\frac{\Delta x}{2}}.$$

A Lagrange-tétel szerint létezik olyan  $\xi$  és  $\eta$ , hogy

$$\xi \in \left[x - \frac{\Delta x}{2}; x\right] \text{ és } \eta \in \left[x; x + \frac{\Delta x}{2}\right].$$


melyekre

$$f'(\xi) = \frac{f(x) - f\left(x - \frac{\Delta x}{2}\right)}{\frac{\Delta x}{2}}, \text{ illetve}$$

$$f'(\eta) = \frac{f\left(x + \frac{\Delta x}{2}\right) - f(x)}{\frac{\Delta x}{2}}, \text{ s így}$$

$$f'(\xi) \leq f'(\eta), \text{ azaz}$$

$f'(x)$  monoton növekedő.

Elégségesség: Ha  $f'(x)$  monoton nő az  $[a, b]$ -on, akkor ott  $f(x)$  konvex.

Biz.: Legyen  $\Delta x > 0$  tetszőleges, amelyre  $[x - \frac{\Delta x}{2}, x + \frac{\Delta x}{2}] \subset [a, b]$  minden  $x$ -re, továbbá  $\xi$  és  $\eta$  a Lagrange feltételt kielégítő olyan változók, melyekre  $x - \frac{\Delta x}{2} \leq \xi < x < \eta \leq x + \frac{\Delta x}{2}$ . Ekkor  $f'(x)$  monoton növekedése miatt  $f'(\xi) \leq f'(\eta)$ .

A Lagrange-tétel szerint

$$f'(\eta) = \frac{f(x) + f(x - \frac{\Delta x}{2}) - f(x)}{\frac{\Delta x}{2}} \text{ és}$$

$$f'(\xi) = \frac{f(x - \frac{\Delta x}{2}) - f(x)}{\frac{\Delta x}{2}}.$$

$$\text{Igy } \frac{f(x) - f(x - \frac{\Delta x}{2})}{\frac{\Delta x}{2}} \leq \frac{f(x - \frac{\Delta x}{2}) - f(x)}{\frac{\Delta x}{2}}.$$

Szorozva  $\frac{\Delta x}{2} (> 0)$ -vel

$$f(x) - f(x - \frac{\Delta x}{2}) \leq f(x - \frac{\Delta x}{2}) - f(x)$$

Rendezve:

$$2f(x) \leq f(x + \frac{\Delta x}{2}) + f(x - \frac{\Delta x}{2}), \text{ így}$$

$$f(x) = f\left(\frac{x - \frac{\Delta x}{2} + x + \frac{\Delta x}{2}}{2}\right) \leq \frac{f(x + \frac{\Delta x}{2}) + f(x - \frac{\Delta x}{2})}{2}$$

Kaptuk az  $f(x)$  függvény az  $[a, b]$  intervallum minden  $[x - \frac{\Delta x}{2}, x + \frac{\Delta x}{2}]$  részintervallumok konvex, tehát  $f(x)$  konvex az  $[a, b]$ -on. Ezzel tételünk bizonyítást nyert.

Az eredeti tételben szereplő  $f''(x)$ -re vonatkozó állítás már egyszerűen adódik, hisz ha  $f'(x)$  monoton nő, ekkor  $[f'(x)]' = f''(x) \geq 0$ , és megfordítva.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- Dr. Kiss Árpád: Mérés, értékelés, osztályozás (1978).  
Orosz-Nagy-Ágoston: Mérések módszerei a pedagógiában (1971).

Dr.Eszényi József alezredes  
HM főmunkatársa

**A MAGYAR LAKOSSÁG BIZTONSÁGTUDATÁNAK  
ALAKULÁSA**

Dolgozatunk témája szempontjából először idézzük fel, egy 1980-as vizsgálat néhány eredményét, melyet a Tömegkommunikációs Kutatóközpont végzett a magyar felnőtt lakosságot reprezentáló mintán./1/

Vannak-e olyan országok, amelyek Magyarország békéjét, biztonságát veszélyeztetik? (Válaszok %-os eloszlása az iskolai végzettség függvényében)

	0-7 osztály	Általános iskola	Közép- iskola	Főiskola egyetem	Válasz- lók ösz- szesen
Vannak	38	42	27	30	37
Nincsenek	38	49	71	69	51
Nem tudja	24	9	2	1	12
	100	100	100	100	100

Az adatok azt mutatják, hogy a több évtizedes Kelet-Nyugat szembenállás Európában, az állandó fegyverkezés és a Varsói Szerződés (valamint a szocialista országok hivatalos politiká-

ja) által folyamatosan hangoztatott "NATO agresszív jellege" sztereotíp ítélet ellenére a magyar lakosság 51 %-a nem érezte az ország biztonságát fenyegetettnak. Ugyanakkor 59 %-uk/2/ vélte úgy, hogy "a szövetségesi kötelezettségek fokozott terheket rónak gazdaságunkra", 45%-uk/3/ tartott attól, hogy a Szovjetunió oldalán olyan fegyveres konfliktusba keveredhetünk, amihez semmi közünk nincs, és 41 %-uk/4/ értett egyet azzal, hogy a "tájékoztatási eszközök eltúlozzák azt a háborús veszélyt, amit a nyugati hatalmak jelentenek."

1989-re 46 %-ra emelkedett azoknak az aránya, akik úgy gondolták, hogy "vannak olyan országok, amelyek a mi békénket, biztonságunkat veszélyeztetik". Az e véleményen levőknek csak 1 %-a említette az NSZK-t, és 87 %-uk Romániára utalt válaszában./5/

A Kelet-Európában lezajlott változások, a korábbi "két-pólusú világrend" alapjait változtatták meg. A két hatalmas katonai tömb (NATO, VSZ) szembenállása idején a megvalósult és működtetett biztonság - bár a szellemi és anyagi energiák iszonyú pazarlása árán - végülis alkalmasnak bizonyult a világháború megakadályozására. Napjainkra a társadalmi változások hatására ez a többé-kevésbé kiegyensúlyozott "mérleg" felbillent.

A hidegháború vége, a bipoláris világrendszer megszűnése, a hozzá kapcsolódó nemzetközi struktúrák szétesése a várakozásokkal ellentétben nem eredményezett homogén, stabil nemzetközi rendszert.

A térség, amelyben élünk meglehetősen instabillá vált és új típusú kockázatok jöttek létre. Ezek között egyrészt a volt szocialista blokk országainak osztódási folyamatai játsszák a főszerepet a nemzetiségi problémák óriási terheivel, másrészt a szocialista rendszerek piacgazdaságra és demokratikus politikai struktúrára történő ellentmondásokkal terhes áttérési folyama-

ta, amely néhány országban csak nagyon lassan halad előre - lassabban mint ahogy következményeit a lakosság tűrőképessége el tudja viselni -, ami latens fenyegetésként tartja fenn helyenként a kísérlet sikertelenségének, s a totalitárius hatalmi restaurációknak a veszélyét.

Magyarországnak ma olyan viszonyok között kell biztonsági garanciákra szert tennie, amikor a térségnek nem alakultak ki saját biztonsági intézményei, másfelől növekedett a kiszámíthatatlanság és csökkent az előre jelezhetőség. Biztonságunkat - nem elbagatellizálva a hadsereg szerepét - elsősorban politikai-diplomáciai eszközökkel kell megvalósítani.

A közvéleménykutatások eredményei tanúsítják, hogy hazánkban a társadalmi alapértékek hosszú távon legfontosabbjaként jelentkeznek a biztonság.

A hadseregről az állampolgárok akkor is, amikor a biztonságpolitikát elsősorban nem katonai kérdésnek tartják, mint a biztonság egyik fontos biztosítékáról gondolkodnak. De igen nagy a különbség abban, hogy a társadalom mely rétegei milyen típusú és intenzitású fenyegetettséget érzékelnek, mennyire tartják ezek kivédésére, ellensúlyozására képesnek a politikai-diplomáciai eszközöket és mennyire szükségesnek és alkalmasnak a fegyveres erőt. Abban is igen jelentős eltérés mutatkozik, hogy ki mennyit kíván vállalni a védelem terheiből, illetve hogyan oldaná fel a védelmi szektor igényei és a romló szociális helyzet javítási kényszere közti (jelenleg feloldhatatlannak tűnő) ellentmondást.

A magyar lakoságnak a szomszédos országok lakói irányába megnyilvánuló előítéletei (előfeltevései) vizsgálatakor egyik fontos szempont annak elemzése, hogyan viszonyulnak a hazánkban tartózkodó politikai-gazdasági menekültekhez, mely rétegek szolidárisak, illetve ellenségesek velük szemben.

Az egzisztenciális biztonság megrendülése (és ezért fontosságának felértékelődése) csökkentette az állampolgárok toleranciaképességét és segítőkészségét a menekültekkel szemben. Ezzel együtt megnőtt a veszélye az idegenekkel (a mássággal) szembeni előítéletesség erősödésének is.

A közvéleménykutatások/6/ szerint a lakosság többsége úgy véli, hogy komoly veszély és fenyegetés rá nézve a menekültek számának növekedése. A megkérdezettek kétharmada nagyon súlyos, illetve súlyos problémának tartja a menekültek számának növekedését. A fenyegetettség érzésének fokozódásával viszont - amint erre számtalan példát láthattunk a történelemben - az emberek egyre kevésbé differenciálnak azok között, akiktől ez a fenyegetés származik. Ez a társadalomlélektani hatás érvényesül a vizsgált kérdéskör esetében is: az emberek a veszélyérzet növekedésével párhuzamosan egyre kevésbé látnak különbséget a menekültek között; a szolidaritást háttérbe szorítja az egzisztenciális fenyegetettség. A helyzetet bonyolítja, hogy az Erdélyből évek óta tömegesen érkező állandó vagy alkalmi munkavállalók éppen a hazai munkaerőpiacnak a munkanélküliség által leginkább érintett szegmensein teremtenek állandó konkurrenciát. A kutatások tapasztalatai szerint a szociálisan leszakadó, anyagilag ellehetetlenülő rétegek körében él a legnagyobb félelem a menekültáradattal kapcsolatban. Tehát a szakképzetlen, vagy alacsonyan kvalifikált fizikaiak körében erősödik fel az erdélyi menekültekkel szemben táplált ellenszenv.

A következő két táblázaton a Romániából érkező menekültekkel szembeni attitűdök változásait láthatjuk az elmúlt évek folyamán./7/



**A Romániából érkező magyar menekültekre vonatkozó pozitív tartalmú állítások (egyetértő válaszok aránya)**

	1989 %	1991 %	1992 %	1993 %
Szerencsétlenek, segíteni kell rajtuk	85	68	70	65
Az itt élő magyarokban erősítik a nemzeti érzést	70	44	40	31
Nekik köszönhető, hogy nem fogy Magyarország lakossága	41	28	26	30
Fegyelmezettebbek, mint az itthoniak	37	19	17	16

**A Romániából érkező magyar menekültekre vonatkozó negatív tartalmú állítások (egyetértő válaszok aránya)**

	1989 %	1991 %	1992 %	1993 %
Cserbenhagyják az ottani magyarságot	32	47	42	44
Elveszik az itteni magyaroktól a munkahelyeket	27	40	43	52
Nem is igazán magyarok	13	26	25	26
Felelnek mindent	7	14	13	17

Az utóbbi néhány évben - mint az adatokból is kiderül - rohamosan csökkent a társadalom befogadókészsége. A gazdasági helyzet romlásával arányosan évről évre nő azoknak a száma, akik az idegenektől féltik egyre bizonytalanabb egzisztenciájukat.

A kérdésekre adott válaszok alapján a kutatók megkülönböztetnek manifeszt és látens előítéletességet. A kevésbé iskolázottak általában nyíltabban vallják meg idegengyűlöletüket, míg a képzettebekenél ez leplezettebben jelenik meg. A tapasztalatok szerint a státushierarchia közepén elhelyezkedők (a középosztálybeliek) halmozták fel magukban a legtöbb előítéletet.

Egy másik vizsgálat/8/ szerint a lakosság majdnem háromnegyede elutasító a cigányokkal, több, mint fele az arabokkal és majdnem fele a feketékkel szemben. Ugyanakkor a válaszolók kétharmada úgy vélte "szigorúbban kellene megakadályozni, hogy ilyen sok külföldi utazhasson be az országba", valamint csaknem háromnegyede értett egyet azzal a kijelentéssel, hogy "a rendőrségnek erélyesebben" kellene fellépnie az itt élő külföldiekkel szemben,

Érzékenyen reagál a közvélemény a kelet-európai térségben zajló eseményekre, és sokan úgy vélekednek, hogy a Magyarország és a szomszédos államok viszonyában meglévő feszültségek az országot akár fegyveres konfliktusba is sodorhatják. A veszélyeztetettség érzésének társadalomban való megjelenését és növekedését mutatják a következő adatok.

Előfordulhat hazánk és valamely szomszédos ország közötti háború - fegyveres konfliktus (egyvetértő válaszok aránya):

Hivatásos/9/ állomány 1990.okt.	Sor-/10/ állomány 1992.jún.	Polgári/11/ lakosság 1992.máj.	Polgári/12/ lakosság 1992.dec.	Sor-/13/ állomány 1993.okt.
52%	87%	54%	56%	92%

1992-ben/14/ potenciális katonai fenyegetést több ország részéről is érzékelték az állampolgárok, azok (56%), akik egy lehetséges fegyveres konfliktus kirobbantását valamilyen szinten valószínűsítették. Ebben az értelemben a veszélyforrás nem egyközpontú - a válaszok kétharmada több országot, országcsó-

portot is tartalmazott - a válaszadók fegyveres konfliktus színtereként igen nagy számban jelölték meg mind az ország északi, mind a déli, mind a keleti határszakaszát. Legtöbben a volt Jugoszlávia területén zajló polgárháború hatásaitól, annak továbbgyűrűzésétől tartottak. Valamivel kevesebben említették Szlovákiát, illetve Romániát. A fenyegetettség érzésének mértékét és irányát leginkább az határozta meg, hogy a kérdezettek hol éltek, hogy lakóhelyük mennyire esett közel az általuk veszélyesnek tartott határszakaszokhoz. Bár a közvélemény egy része konfliktusokkal számolt és meg tudta határozni azokat a szomszédos országokat is, amelyekkel a térségben hazánknak problémája adódhat, ezzel együtt azonban elutasította azt a felvetést, hogy Magyarország deklarálja, mely államokat kezel ellenségként. A megkérdezettek körében szinte teljes volt az egyetértés, hogy "a magyar honvédségnek előzetesen egyetlenegy országot sem kellene ellenségnek tekintenie" (86%).

Egy nemzetközi vizsgálat /15/ szerint a térség szinte valamennyi államában (így Magyarországon is), az országukat fenyegető legnagyobb veszélyt majdnem azonos mértékben valamelyik szomszédjukban látják az állampolgárok. Tehát a félelemérzet kölcsönös, és láthatóan tovább él a "történelmi ellenségkép".

Fenyegethetnék-e országa biztonságát...  
(az igennel válaszolók százalékában)

	kiseb- ségek	beván- doriók	szom- szédok	Orosz- orsz.	Német- orsz.	USA
Bulgária	46	-	61	5	3	4
Csehország	44	38	35	38	38	6
Szlovákia	53	23	46	26	21	5
Magyarország	26	51	64	13	6	3
Lengyelország	35	41	62	63	68	11
Románia	60	16	67	62	13	10
Szlovénia	13	61	60	3	3	14
Fehéroroszország	30	22	20	13	14	13
Ukrajna	24	6	10	19	3	4
Horvátország	57	28	62	34	3	6

A hadsereg hivatásos és sorállományának megítélése (feltételezése) szerint a szomszédos nemzetek velünk kapcsolatos attitűdjei erősen polarizálódnak. Egyik véglet az inkább barátságosnak vélt országok, a másik oldalon azok, amelyeket kevésbé tartanak barátságosnak. A vélemények alakulásában a közös történelmi tapasztalatok, a magyar kisebbségek helyzete és az országok belső viszonyai játszanak döntő szerepet.

Az alább felsorolt nemzetekhez tartozók egyáltalán nem barátságosak velünk szemben (egyetértő válaszok %-os aránya):

	Hivatásos/16/ állomány 1992.	Sor-/17/ állomány 1992.	Sor-/18/ állomány 1993.
1. Román	57	62	53
2. Szerb	57	38	45
3. Szlovák	21	26	30
4. Cseh	12	20	24
5. Szlovén	6	16	19
6. Horvát	5	22	25
7. Lengyel	1	7	9
8. Osztrák	1	2	3
9. Ukrán	1	9	10

A délszláv háború elhúzódása, kilátástalansága, a nemzetközi biztonsági garanciák hiánya, és - a nyilvánosság kiszélesedésével - a honvédség technikai színvonaláról szóló tudósítások hatására a lakosság egyre inkább egyetért hadseregünk fegyverzete modernizálásának szükségességével.

Modernizálni kell a hadsereg fegyverzetét (egyetértő válaszok aránya):

Polgári/19/ lakosság 1991. febr.	Hivatásos/20/ állomány 1991. febr.	Sor-/21/ állomány 1991.febr.
72 %	98 %	84 %

Ezentől több pénz kellene a hadseregnek (polgári lakosság egyetértő válaszainak arányai):

1990./22/ jan.	1991./23/ febr.	1992./24/ nov.-dec.	1992./25/ dec.
20%	35%	59%	60%

A Magyar Honvédségnek mindenkor a környező országok szintjén kell állnia (egyetértő válaszok aránya):

Hivatá-/26/ sos ál- lomány	Hivatá-/27/ sos ál- lomány	Sor-/28/ állo- mány	Polgá-/29/ ri la- kosság	Pol-/30/ gári la- kosság
1990.okt.	1991.febr.	1991.febr.	1991.febr.	1992.dec.
65%	79%	61%	81%	85%

Tanulságos az is, hogyan ítéli meg a polgári lakosság a Magyar Honvédség védelmi képességét./31/ Míg 1990-ben a megkérdezettek 39%-a, 1991-ben már 52%-a értett egyet azzal a kijelentéssel, hogy "a hadsereg nem képes megvédeni az országot." 1992-93-ban a kérdés módja differenciáltabb volt:/32/

A honvédség fegyverzetét, felszereltségét tekintve képes-e ellátni az országot...

...területének védelmét?

	1992. %	1993. %
Igen, teljes mértékben	13	9
Igen, de csak korlátozottan	53	45
Nem képes	32	36
Nem tudja megítélni	2	10
Összesen:	100	100

...légtérének védelmét?

	1992. %	1993. %
Igen, teljes mértékben	10	9
Igen, de csak korlátozottan	50	45
Nem képes	37	38
Nem tudja megítélni	3	8
Összesen:	100	100

Az eddigiekből világosan látszik, hogy a határainkon kívüli - a térséget destabilizáló - jelenségek (dél-szláv háború, a kisebbségek hátrányos megkülönböztetése, a nacionalizmusok felerősödése), határainkon belül az erőszak szaporodó individuális kifejeződései (skinhead akciók, egyre brutálisabb bűncselekmények, a szervezett bűnözés megjelenése stb.) mellett az egyéni bizonytalanságérzés és az ezekből fakadó frusztráció csoporttudatként is megjelenik a társadalom különböző rétegeiben. Úgy gondoljuk, a lakosság veszélyeztetettségérzete komolyan veendő tény, és mielőbb lépéseket kell tenni csökkentésére, nehogy a helyzet tovább eszkalálódjon (tömegpszichózis kialakulása, bűnbakképzés felerősödése, nemzetközi megítélésünk romlása).

E téren az előrelépés, a megnyugtató megoldás csak komplex, átgondolt, a térség egészére kiterjedő és nemzetközileg összehangolt tevékenységsorozat eredményeképpen képzelhető el:

- Mindenekelőtt a dél-szláv válság lehetőség szerinti hosszútávon megnyugtató rendezése.

- A térség országainak gazdasági-politikai stabilizálása, demokratizálódásuk kiteljesedésének elősegítése.

- Az európai gazdasági és katonai integrációs szervezetek és a közép-európai országok kapcsolatai intézményesedésének meggyorsítása (az integráció előrehaladása eleve erősítene a demokratikus értékeket és intézményeket, valamint növelné a nemzetközi ellenőrzést az államok szuverenitásának rovására).

- Magyarország és szomszédai közötti minél szélesebb körű és tartós politikai, gazdasági, katonai, kulturális és tudományos kapcsolatok kialakítása, erősítése (csak a Budapest és a szomszédos fővárosok közötti bizalom légkörében csökkenhet a kisebbségben veszélyt látó, velük szemben ellenséges érzületű csoportok befolyása egyes környező országokban).

- A katonai kapcsolatokban a bizalom, a kölcsönös ellenőrizhetőség, a katonai adatok kicserélhetősége és az együttműködés egyre nagyobb súlyának alapul vétele.

A kelet-európai térségben a kisebbségek-etnikumok helyzetének nemzetközi normák alapján történő tárgyalásos rendezése.

- Végül a biztonság fontos tényezőjének tartjuk olyan, a kor színvonalán álló, nemzeti haderő fokozatos kialakítását és fenntartását, amely (a jövőben a NATO tagjaként) hozzájárul hazánk szuverenitásának garantálásához.

## Jegyzetek

1. Lázár Guy: Közvéleménykutatás a Varsói Szerződésről. Tömegkommunikációs Kutatóközpont, Bp. 1981. 19.old.
2. Ugyanott 28. oldal.
3. Ugyanott.
4. Ugyanott 32. oldal.
5. Lázár Guy: Mindig van valami. Közvélemény-kutatások a nemzetközi helyzet alakulásáról. JEL-KÉP 1989/4.szám.
6. Népszabadság, 1993.09.27. 22.oldal.
7. Népszabadság, 1993.04.02. 8.oldal.
8. HVG. 1992.04.18. 76-77.oldal.
9. Haderőreform II. Kutatási beszámoló. A HM megbízásából készítette a ZMKA Szociológia tanszék, 1990.október.
10. Közérzet 1992. Kutatási jelentés. A HM megbízásából készítette a ZMKA Szociológia tanszék, 1992.június.
11. Népszabadság, 1992.07.04. 1.oldal.
12. Közvéleménykutatás a HM-ről és az MH-ről. A HM megbízásából készítette Hill and Knowlton, 1992.december.
13. Közvéleménykutatás a sorállomány körében. Gyorsjelentés. A HM megbízásából készítette a ZMKA Szociológia tanszék, 1993. október.



14. Ugyanott, mint 12-es jegyzet.
15. Magyar Hírlap, 1993.07.07. 11.oldal.
16. Ugyanott, mint 10-es jegyzet.
17. Ugyanott, mint 10-es jegyzet.
18. Ugyanott, mint 13-as jegyzet.
19. Szecsődy Péter: Vélemények a hadseregről. Kézirat, Budapest, 1991.
20. Vallás 1991. kutatás. A HM megbízásából készítette a ZMKA Szociológia tanszék, 1991. február.
21. Ugyanott, mint 20-as jegyzet.
22. Ugyanott, mint 19-es jegyzet.
23. Ugyanott, mint 19-es jegyzet.
24. A HM és az MH képe a társadalomban. Gyorsjelentés. Honvédelmi Minisztérium, Batthyány Lajos Alapítvány, Hanns Seidel Alapítvány. 1992.november-december.
25. Ugyanott, mint 12-es jegyzet.
26. Ugyanott, mint 9-es jegyzet.
27. Ugyanott, mint 20-as jegyzet.
28. Ugyanott, mint 20-as jegyzet.
29. Ugyanott, mint 19-es jegyzet.

30. Ugyanott, mint 12-es jegyzet.
31. Ugyanott, mint 19-es jegyzet.
32. A HM és az MH képe a lakosság körében. A HM megbízásából készítette a ZMKA Szociológia tanszék a Hanns Seidel Alapítvány támogatásával. 1993. október.

Kis Csaba 1. éves főiskolai hallgató:

1934 KÜLÖNLÉGES REPÜLŐGÉP TÖRTÉNETE  
- Me. 210-es a magyar légierőben -

Hayden Sándor repülőakadémikus és mindazon Me. 210-es hajózók emlékére, akik az utolsó pillanatig teljesítették kötelességüket.

1944-45-ben a Magyar Királyi Honvéd Légierő - ha mennyiségben nem is - minőségben megközelítette a kor színvonalát. Elmondhatjuk, hogy - az 1939-40-es állapotokhoz képest - egy fejlettebb repülőiparra támaszkodó, korszerű légierőt sikerült kiépíteni, azokban az években.

Ennek a repülőfegyvernemnek egyik érdekes és figyelemre méltó repülőgéptípusa volt a Messerschmitt Me.210. Számos alkalommal és számos helyen vitatkoztak már ennek a repülőgépnek a tulajdonságairól, alkalmazhatóságáról.

Az alábbiakban a Me. 210-es magyarországi történetét kívánom felvázolni.

#### Gyártás és rendszerezés

Az önálló, korszerű magyar repülőgépgyártás megteremtésének igénye már a második világháború előtt felmerült, de csak 1940-ben vált igazán fontossá. Ezt német részről is támogatták, hiszen lehetőséget láttak az elszünetelt veszteségek pótlására és az elavult technika korszerűbbre cserélésére. Ehhez nagy segítséget nyújthatott a még nem hadviselő Magyar Királyság ipari potenciálja.

1941. március 10. és 14. között Budapesten tárgyalások kezdődtek arról, hogy hogyan lehetne a magyar repülőipart is bevonni a korszerű repülőtechnika gyártásába. <sup>1</sup>

A tárgyalásokon az - akkor még fejlesztés alatt álló - Messerschmitt Bf. 109 F együléses vadászrepülőgép és a kétmotoros Messerschmitt Me.210-es többfeladatú romboló <sup>2</sup> gyártásáról, valamint ezen repülőgépekhez szükséges motorok magyarországi szereléséről volt szó. <sup>3</sup>

A magyar üzemek szerződésben vállalták a Me. 210-es típusból havi 50 db legyártását és a hozzá való DB-605 A és B típusú motorok előállítását. <sup>4</sup>

A gyártásból a Me. 210-es esetében 1:1 arányban határozták meg az elosztást.

A repülőgép sárkányát a Dunai Repülőgépgyár Rt., míg a repülőgépmotorokat a csepeli Weiss-Manfréd Repülőgép és Motorgyár Rt. üzemei szerelték. <sup>5</sup>

1942-ben került sor a mintadarabok legyártására. Előzben azonban megváltoztak a géptípussal kapcsolatos - alkalmazási és gyártási - tervek. A méretek ugyanis új, 1023 KW (1450 LE) teljesítményű DB-605 motorokat hoztak ki. Így a kétmotoros rombolókat 1 m-rel hosszabb törzsszerkezettel és új motorokkal kezdték el gyártani. <sup>6</sup>

A Dunai Repülőgépgyár 1943-ra felkészült a Me. 210-es gyártásra. Decemberben már havi három repülőgépet adtak át a típus repülő alakulatoknak. <sup>7</sup>

Az év végéig 484 db motor és 104 db repülőgép készült el. 1944-re felfutott a termelés, így napi 5 db motor és 1 db repülőgép került ki a gyárból.

Az első tíz magyar repülőgépből a kívánságok szerint 2 db-ot távolfelderítőnek, 4 db-ot közelfelderítőnek, egyet nehéz vadásznak, egyet pedig lokátoros éjszakai vadásznak alakították át. <sup>9</sup>

1944. május 1-én született döntés a Me. 210-es gyártásának leállításáról. Helyette június 16-tól az ún. "vadászprogram" került megvalósításra. <sup>10</sup>

Az 1943-44-ben végrehajtandó hadrendi változás szerint az alakulatok ellátása az új Me. 210-esekkel a következő sorrendben kellett volna hogy történjen: 5/1. éjjeli kísérleti vadászszázad (22 db); 3/2. közelfelderítő század (12 db); a repülőgépszerelő osztály (5 db), valamint a fegyver és bomba-kiképzőosztály párhuzamosan; 1 bombázó kiképző osztály (18 db); a megfigyelő kiképző osztály (12 db). Ezután a 4/2. közelfelderítő századok feltöltése következhetett volna. <sup>11</sup> A tervet végrehajtása azonban számos - a gyártásból adódó - nehézség miatt nem valósulhat meg maradéktalanul.

1943. áprilisában kezdi el szervezni Krúdy Ádám százados Me. 210 Ca-D gépekkel rendelkező 5/1. éjjeli vadászszázadát, Ferihegyen. Az egység 1944. március 17-től állt a honi légvédelem rendelkezésére. Szintén Ferihegyen települt a Repülő Kísérleti Intézet (R.K.I.) rombolószázada, Me. 210 Ca-1 repülőgépekkel, Dóczy Lóránd alezredes parancsnoksága alatt. <sup>12</sup>

A Me.210-esek 1945. márciusáig számos bevetésen vettek részt, különböző feladatkörökben. Ezekről a bevetésekről a későbbiekben részletesebben írok.

Nehézvadászként való alkalmazásán kívül a Me. 210-est gyorsbombázóként is repültették, egészen a háború végéig. Az első gyorsbombázó alakulat a 102/1. önálló század volt, ezt követte a 102/2. felállítása.

A 102/1.század 1944. májusában alakult, a volt 3/1.bombázó századból, Herszényi István százados parancsnoksága alatt. <sup>13</sup> A 102/1. gyorsbombázó század július közepén kapta meg Me. 210 Ca-1 típus repülőgépeit és kezdte meg működését Bodó Pál százados parancsnoksága alatt. Őt 1944. decemberében Wágner Károly hadnagy követte, aki a háború befejezéséig állt a század élén. <sup>14</sup>

1944. november 1-én Várpalotán a két, mindaddig önálló gyorsbombázó századból megalakult a 102. gyorsbombázó osztály, Martini Albert őrnagy parancsnoksága alatt, a 102. repülődandár alárendeltségében. <sup>15</sup>

Október második felében az osztály három századdá fejlődött, miután a R. K. I. Me. 210-esekből álló nehézvadász századát Péterdi János százados parancsnoksága alatt beolvastották az alakulatba. <sup>16</sup>

Az osztály századai (102/1. "Sas", 102/2. "Tigris", 102/3. "Villám") 1945. márciusáig részt vettek a harcokban.

### Alkalmazás-alkalmazhatóság

A továbbiakban a Me. 210-es alkalmazását kívánom vizsgálni, a bevetések részletesebb leírásával, a típus veszteségeinek és az alkalmazhatóság kérdésének figyelembe vételével. A Me. 210-eket először éjszakai, illetve nehézvadászként alkalmazták, tehát elsőként azokkal a bevetésekkel foglalkozom, ahol a típust ilyen feladattal vetették harcba.

A Magyarország elleni első légitámadásra 1944. április 3-án került sor, amikor a 15. Amerikai Légihadsereg 200 négymotoros

bombázója mért csapást Budapest környéki célpontokra. A Brit Királyi Légierő (Royal Air Force) 205. bombázóezrede a támadást az éjszaka folyamán megismételte. Az elhárításra felszállt magyar vadászok között ott voltak az 5/1. éjjeli vadászszázad Me. 210-esei is. Légi győzelmet azonban - 6 bombázó és két kísérővadász lelövésével - csak az együléses gépeken repülő nappali vadászok értek el két fő veszteség mellett. <sup>17</sup>

Április 12-én délután a Wiener Neustadt felé átrepülő amerikai kötelék ellen szállt fel a R.K. I. rombolószázada, de ők is légigyőzelem nélkül tértek vissza, sőt elszenvedték első veszteségüket, hősi halált halt a fiatal Hayden Sándor repülőakadémikus. <sup>18</sup> A támadó amerikai kötelékek pedig szinte minden alkalommal elérték céljukat és ledobták bombaterhüket, kivéttél azok az esetek képeztek, amikor időjárási okok, vagy szervezési hiba miatt kellett a feladat végrehajtásáról lemondaniuk.

Egy nappal később délelőtt 11 órától a 15. Amerikai Légihadsereg gépei több hullámban, összesen 353 bombázó bevetésével intéztek támadást magyarországi célpontok ellen.

A Légvédelmi Parancsnokság minden bevethető vadászt a támadók ellen vezényelt. Így a 2/1., 5/3., 1/1. vadászszázadok Me. 109-esei mellett felszálltak az 5/1. éjjeli vadászegység és a R. K. I. rombolói is. <sup>19</sup>

A Me. 210-esek válogatott, profi személyzetei bátran harcoltak a több százszoros túlerőben lévő amerikai kötelékek ellen. Dóczy alezredes és lővésze Stark szakaszvezető egy P-38-ast és egy B-24-est lőtt le. <sup>20</sup>

A túlerőben lévő amerikai kísérővadászok azonban szétszórták a magyar rombolókötelékeket.

Vadászaink veszteségei súlyosak voltak. Az 5/1. század kilenc gépéből hármat lelőttek, a R. K. I. tizenkét 210-eséből hatot veszített. Három pilóta és öt lövész halt hősi halált. <sup>21</sup>

Az április 13.-i véres harcok krónikájához tartozik még, hogy Dóczy alezredes 210-esét rögtön a "Liberator" lelövése után több amerikai vadász támadta meg. Az állandóan tűz alatt tartott romboló kigyulladt, a lövész ejtőernyővel elhagyta a gépet, míg a pilóta sikeresen kényszerleszállt. <sup>22</sup>

Boskovits főhadnagy gépét két P-38-as támadta meg. A nagy repülőtudással rendelkező, kitűnő pilótának sikerült a lángoló nehézvadászt hasra tenni. Azonban miközben a két hajózó a kabint igyekezett elhagyni, a Me. 210-es felrobbant, a személyzet hősi halált halt. <sup>23</sup>

Papp Árpád hadnagy, Nagy Kornél főhadnagy és Parcsami József hadnagy szintén kényszerleszállt, több repülőgép pedig sérülésekkel tért vissza. <sup>24</sup>

Összegezve tehát, a Me. 210-esek két nagy bevetésen vettek részt, ezeken elérték 2 légi győzelmet 10 repülőgép veszteség mellett. Mielőtt ítéletet mondanánk a 210-esek légvédelmi alkalmazhatósága felett, vizsgáljuk meg a korabeli légiharcjelzést is.

A korszerű légiharc mozzanatai a német vadászok harcjelzése alapján:

- az ellenség felderítése, megpillantása;
- az ellenség megközelítése, előnyös helyzet elfoglalása;
- támadás, célzás, lövés,
- sikertelen támadás esetén a harc félbeszakítása <sup>25</sup>



Az első mozzanattal nem kell foglalkoznunk, mivel ennek sikeressége a légtérfigyelés szervezettségétől, a kötelék tagjaitól, valamint a földi vadászirányítástól függ.

Az ellenség megközelítése sem okozhatott gondot a Me. 210-esnek. A két DB-605-ös motor ugyanis ehhez elegendő sebességet (560 km/h) biztosított a nagy repülési időtartam mellett.

A problémák sora a harmadik mozzanatnál kezdődik. A 210-es ugyanis nem volt képes csak felülről és hátulról támadni, fegyvereinek irányozása, valamint gyenge emelkedőképessége miatt. <sup>26</sup> Alulról és hátulról, csak az egymotoros vadászgépek tudtak támadni. Ennél a pontnál tehát már hátrányos helyzetbe kerülhetett a Me. 210-es a zárt tüzrendszert alkotó kötelékben repülő bombázókkal szemben.

A legnagyobb gond a 210-es hajózóji számára az utolsó mozzanat, a harc megszakítása és a harc színterének elhagyása lehetett. A bombázók elleni támadás után vagy közben túlerejű kísérő vadászkötelékek "zúdultak" a magyar rombolók "nyakába". A nehézkes, kevésbé fordulékony és gyengébb emelkedőképességgel rendelkező Me. 210-es rombolónak pedig nem volt esélye az amerikai vadászókkal szemben.

Hasonló következtetésre juthattak a légierő vezetői is, mert a Me. 210-es típust nem vetették be többet, nappal.

A 210-esek éjszakai vadászként való alkalmazásáról meglehetősen kevés adat maradt fenn. 1944. szeptember 1-én sikerült az 5/1. éjjeli vadászszázadnak négy, éjszaka átrepülő ellenséges repülőgépet megsemmisíteni, saját veszteségről nincs feljegyzés.

<sup>27</sup>

A Me. 210-es harmadik és talán legsikeresebb alkalmazása a gyorsbombázóként való bevetés volt.

Egyes bevetések részletes leírása terjedelmi okok miatt nem lehetséges, mivel a 102. gyorsbombázó osztály gépei kb. 300 bevetést teljesítettek, melyek egy része bombázás, más része pedig alacsony-támadás volt. Eközben 10 légi győzelmet arattak és 11 gépszemélyzetet, valamint 1 fő pilótát veszítettek. <sup>28</sup> Visszaemlékezések alapján tudjuk, hogy a reflex-célzó készülékkel (Reflex visiev) felszerelt Me. 210-essel nagyon pontosan lehetett bombázni, ha nem volt erős a szél. Hátézer métertől háromezerig tartó zuhanás után is lehetett egy 20 méter átmérőjű körben találatot elérni. A személyzet jó kiképzettsége természetesen elengedhetetlen volt. <sup>29</sup>

A gyorsbombázó osztály gépeit 1945. március 26-án Parn-dorfban (Ausztria) felrobbantja, így a Me. 210-esből egy példány sem maradt meg.

A vélemények lehetnek különbözőek, egy azonban biztos - és ezt a most következő műszaki leírás is alátámasztja - hogy a Me. 210-es kora egyik kiemelkedő repülőgéptípusa, jó és rossz tulajdonságaival együtt, ugyanakkor számos korszerű megoldással.

#### A Me.210-es műszaki jellemzői

A Me. 210-es egy hosszúfejlesztési munka során kialakított dűr-alumínium héjszerkezetű, nagy teljesítményű, jó műszerezettségű és az akkori legfejlettebb működéstechnikai megoldásokkal (pl. hátrátüzelő géppuska mozgó mechanizmusa, elektronos tüzkiváltás) ellátott repülőgép volt.

A gép két DB-605-ös motorral (ill. annak különböző változataival) volt felszerelve.

Kabinja egymás mögötti ülésekkel volt berendezve úgy, hogy a rádiós-lövész a pilótának háttal ült és így tudta a törzs oldalára szerelt, hátrátüzelő, mozgatható, 13 mm-es géppuskákat vezérelni.

Fesztáv: 16,34 m  
Hossz: 12,13 m  
Magasság: 4,28 m  
Szárnyfelület: 36,2 m<sup>2</sup>  
Szerkezeti tömeg: 5.400 kg  
Felszálló tömeg: 8.900 kg  
Maximális sebesség: 560 km/h  
Hatótávolság: 1600 km  
Maximális repülési magasság: 10 000 m

A motor jellemzői:

DB-605 A/B, folyadékűtéses  
2 x 1475 lőerős, háromgú állítható, fém légcsavarral.

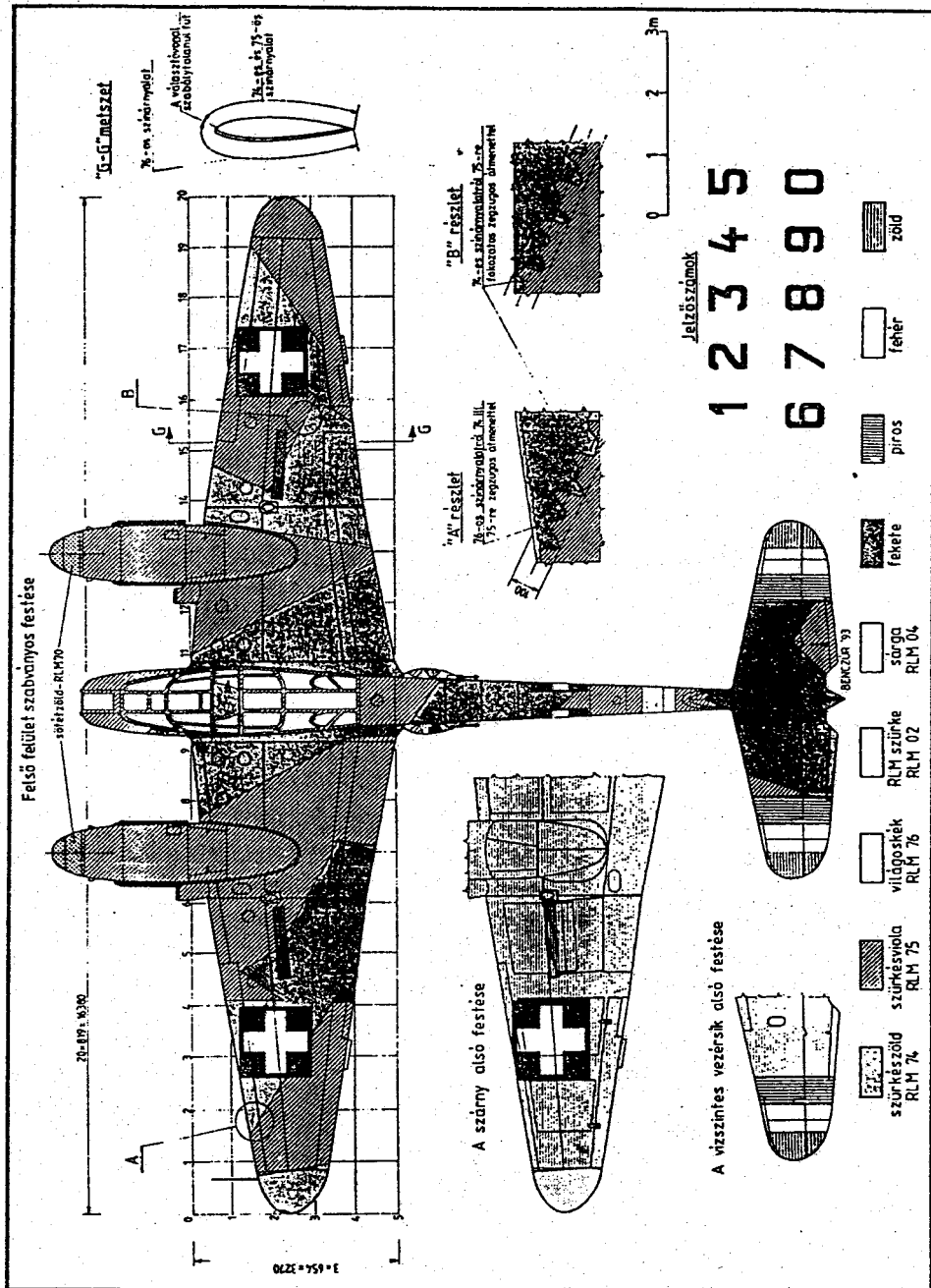
Fegyverzet:

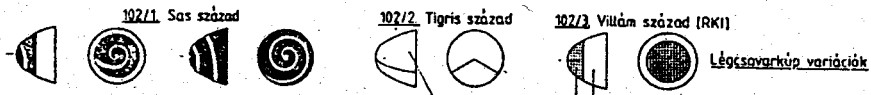
- 2 db 7,9 mm űrméretű MG-17 géppuska
- 2 db 20 mm űrméretű MG-151/20 előretüzelő gépágyú
- 2 db 13 mm űrméretű MG-131 hátrátüzelő géppuska
- 1000 kg bomba teher

30

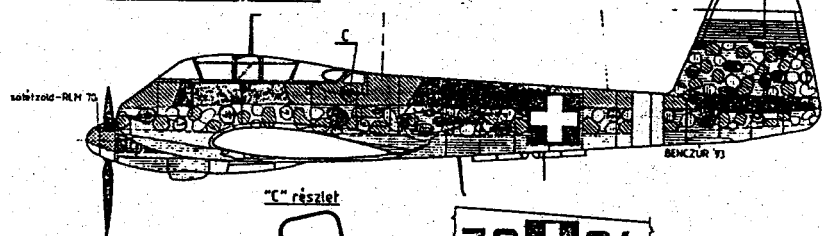
Személyzet: 2 fő (pilóta, hajózó távirász).



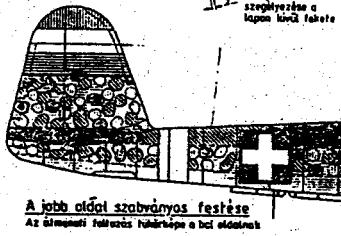




A bal oldal szabványos festése



Minta a jelzőszámokhoz

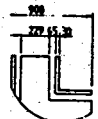
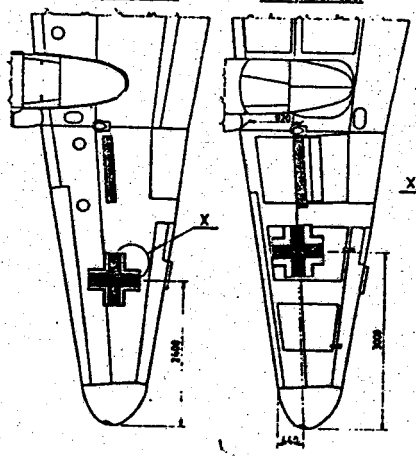


A jobb oldal szabványos festése  
Az átlátszó felvezetés háttérkép a bal oldalénak

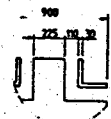


Szárny felülről

Szárny alulról



"X" részlet

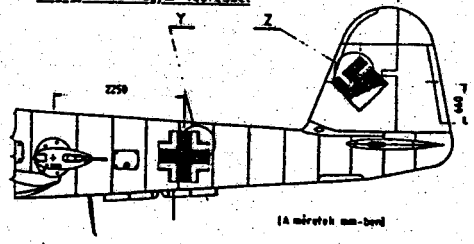


"Y" részlet



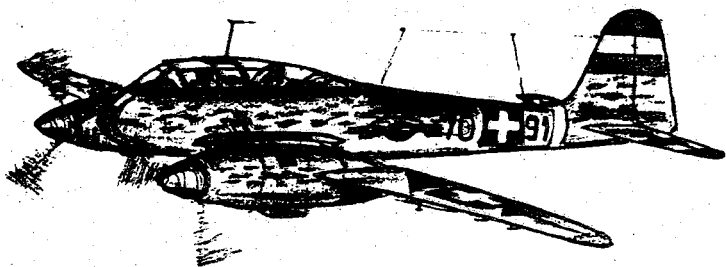
"Z" részlet

A sárkány szabványos festése megegyezik a magyar festéssel

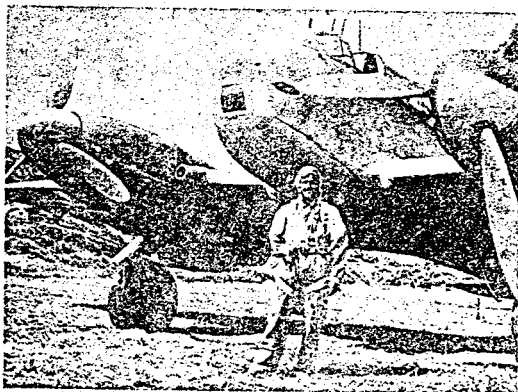
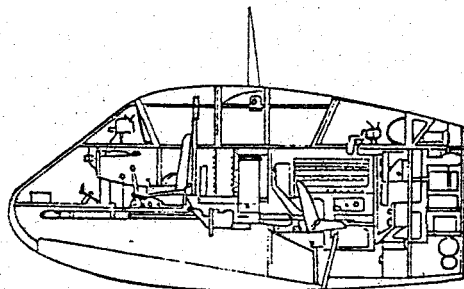


(A méretek mm-ben)

A Magyarországon gyártott német Me 210 Ca-1 gépek szabványos jelzései

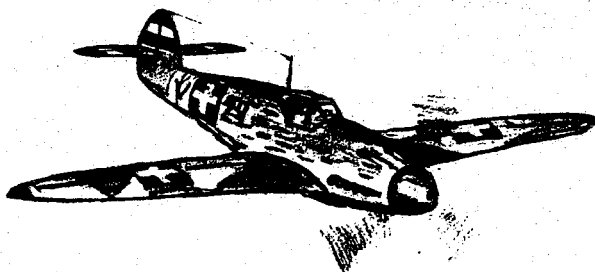
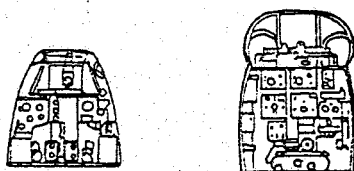


Me 210 gyorsbombázó (a szerző rajza korabeli fotók alapján)



Me 210 Ca-1. Jól látható a bombaszekrény kialakítása.

Az Me 210 kabinberendezésének rajza



Me Bf.109 vadászrepülőgép (a szerző rajza)

## Jegyzetek

1. Nagyváradai Sándor - M. Szabó Miklós-Winkler László:  
Fejezetek a magyar katonai repülés történetéből  
Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1986.
2. A romboló megnevezést sok esetben - főként a típust  
egykor repülő hajózóok - nem tartják megfelelőnek. Mo-  
gyorossy Sándor vezérezredes a légierő akkori parancs-  
noka, emlékirataiban "nehézzadász és egyben bombázó"  
elnevezéssel említi. Repüléstörténeti írásokban azonban  
megmaradt a romboló kifejezés, ezért a továbbiakban én  
is használni fogom.
3. Honvédelmi Levéltár, Vezérkarfőnökség Elnöki 1. osztály  
1941/6064, 1941/5564.
4. Nagyváradai .... 213.o.
5. A Dunai Repülőgépgyár Rt-től a Pestvidéki Gépgyárig ir-  
HADITECHNIKA 93/3 29. o.
6. Nagyváradai ..... 214. o.
7. U.o. 222. o.
8. A Dunai Repülőgépgyár ... 30. o.
9. U.o. 30. o.
10. U.o. 30. o.
11. Nagyváradai .... 233. o.



- 12 HL. VKF. Elnöki 1.o. 1942/5598
- 13 Visszaemlékezés: A magyar királyi 102/1. honvéd gyorsbombázó század megalakulására, működésére és megszűnésére.  
In. Magyar Szárnyak 1990.  
5.o. ( A továbbiakban: MSZ/90)
- 14 A M. Kir. 102/2. honvéd gyorsbombázó század megalakulása és működése in. Magyar Szárnyak 1991.  
39.o. (A továbbiakban: MSZ/91.)
- 15 MSZ/90. 6.o.
- 16 Nagyvárad... 237.o.
- 17 U.o. 263. o. és Punka György: Éjszakai vadászok in. Aero Historia 1992.
- 18 Punka: idézett mű 8.o.
- 19 Punka: idézett mű 8.o.
20. Bernárd Dénes - Mujzer Péter - Hangya János: Horrido (-Légicsaták a keleti fronton) OMTKK - Bp. 1992. 52.o.
- 21 Punka: idézett mű 8.o.
- 22 Bernárd .... 57.o.
- 23 Uo. 52.o.
- 24 Punka: idézett mű 8.o.
- 25 U.o. 5.o. alapján

- 26 A gyenge emelkedőképesség nyilván kihat a második mo-  
zanatra is, hiszen a pilótának úgy kell a közelítés  
irányát és magasságát megválasztania, hogy rombolójával  
lehetőleg magassági fölényrel és hátulról indítson tá-  
madást.  
(Punka: idézett mű 6.o. alapján)
- 27 Nagyvárad... 220.o.
- 28 MSZ/90 és MSZ 191. alapján  
1. o. 74.o.
- 29 Gaál Gyula: Gyorsbombázók: adalékok és kérdések  
In Magyar Szárnyak 1991. 39. o.
30. A Magyar Királyi Honvédség fegyverzete  
Zrinyi 360.o.

## LÉGI JÁRMŰVEK OPTOELEKTRONIKAI RENDSZEREI ÉS BERENDEZÉSEI

(áttekintés a külföldi szakajtó alapján)

Fordító: Eszes János mk. százados

Napjainkban a korszerű repülőgépeken és helikoptereken mind gyakrabban alkalmaznak optoelektronikai rendszereket, amelyek biztosítják a harci gépek alkalmazási területének kiszélesítését éjszakai és rossz időjárási viszonyok között.

Az optoelektronikai rendszerekhez a következők tartoznak:

- hőtelevíziós rendszerek (a továbbiakban HTV);
- nagy fényérzékenységű televíziós rendszerek;
- lézerverendezések;
- komplex rendszerek, amelyek többféle, különböző elven működő alrendszert tartalmaznak;
- éjjellátó szemüvegek.

### HŐTELEVÍZIÓS (HTV) RENDSZEREK

A HTV-rendszerek főbb előnyei a következők:

- A megvilágítás erősségének csökkenése nem korlátozza a működésüket;
- némely esetben csapadékos időben is használhatók (pl. ködben).

Alkalmazásukat az alábbi körülmények korlátozhatják:

- a vevő hőérzékeny eleme hűtést igényel;

- az indikátoron megjelenő képen nem érzékelhetőek a távolságok ("mélységhiányos" kép);
- hőmérsékleti átfedések miatt fontos részletek eltűnhetnek a képernyőről;
- viszonylag drága kivitelezhetőség.

Mindezekből következik, hogy mielőtt HTV-rendszert telepítenének a repülőgép fedélzetére, figyelembe veszik a követelményeket, a várható előnyöket és hátrányokat.

A HTV-rendszereket a rádiólokátorokkal összehasonlítva megállapítható, hogy jobb a felbontóképességük és nagyobb a zavarvédetségük, ugyanakkor hatótávolságuk kisebb. A HTV alkalmas rossz látási viszonyok között, különböző füst-ködön, sőt ritka lombzaton keresztül történő célfelderítésre.

Az amerikai HTV-rendszerekben a terep feltérképezésére egyaránt használatos a párhuzamos és a soros pásztázás. A párhuzamos pásztázást alkalmazó rendszerek hőérzékeny eleme egy függőlegesen elhelyezett fotocellásor, amely az infravörös sugarakat érzékeli. A mintegy 180 érzékelő helyszög szerint átfogja a teljes látószöveget, azimut szerint pedig egy forgó tükör segítségével történik a pásztázás. Minden egyes érzékelőről külön veszik le a videojelet. Ez a kialakítás jó jel-zaj viszonyt és viszonylag alacsony pásztázósebességet biztosít.

Soros pásztázás esetén a terepet egy (vagy néhány) hőérzékelő elem pásztázza soronként, nagy sebességgel. A jel-zaj viszony javítása érdekében az érzékelőről levett jeleket összegzik, ami újabb nehézségeket jelent. Ebből adódóan kompromisszumos megoldáshoz folyamodtak angol és francia mérnökök. A vízszintesen pásztázó érzékelőblokk  $6 \times 8 = 48$  db hőérzékelő elemet tartalmaz mátrixelrendezésben, így az

indikátoron egyszeri pásztázásra 8 képrészletet újít meg.

A HTV-rendszerek használatos hullámhossz tartományai: 3-5 és 8-12  $\mu\text{m}$ . Megfelelő hűtés mellett képesek 0,8  $^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletkülönbség felderítésére.

A célok felderítésére általában kétféle látószögű pásztázás használatos. A széles pásztázás során lehetőség van a célok elhelyezkedésének behatárolására. A szűk látószög lehetővé teszi a célkiválasztást, amelyet a kinagyított indikáció is elősegít.

A HTV-rendszerek talán legfontosabb része maga a hőérzékelő egység.

Az infravörös fényt elektromos jelle alakító áramköri elemek sokféle anyagból és technológiával készülnek. Gyakori a higany-kadmium-tellur ötvözet alkalmazása. Emellett előfordulnak az indium-antimon, platina-szilícium, irídium alapú érzékelők is.

A Hg-Cd-Te ötvözet hátrányai között megemlítendő viszonylagos drágasága, valamint inhomogén szerkezete, a higany ugyanis kiválik a kristálysírból. Ezért a szilícium-platina alapú érzékelők felé fordult a figyelem, mivel a vegyületnél nem fenyeget a kristálysírcs torzulása, sőt előállítás is olcsóbb. Míg az előbbi anyagból készült fotocellák darabonként néhány dollárba, addig a szilícium-platina érzékelők csak néhány centbe kerülnek.

A Si-Pt érzékelő a 3...5  $\mu\text{m}$  hullámhosszú sugarakra érzékeny. Gyártása során platinát párologtatnak el, majd ezt lecsapatják szilícium IC-k felületére. A folyamat eredményeképpen az IC felületén Si-Pt vegyület keletkezik, a réteg vastagsága mindössze 4 molekulányi (kb. 20 Å).

A technológia jól kidolgozott és lehetővé teszi az ilyen érzékelők sorozatgyártását. Egy Si-Pt érzékelő elemekből felépített és folyékony  $N_2$ -hűtéssel ellátott infravörös vevő előállítási költsége kb. 5000 USD.

Az effektív működés érdekében az érzékelőt hűteni kell. A 3...5  $\mu$ m-en működő érzékelő  $-90$  °C, a 8...12  $\mu$ m-en működő  $-200$  °C hőmérsékletet igényel. A hűtésre több eljárás ismert, például a Joule-Thomson-féle hűtés, melynek során sűrített gáz segítségével 80 K hőmérsékletet lehet elérni.

Az érzékelő által előállított elektromos jel erősítésre kerül és különböző feldolgozások, átalakítások után megjelenik az operátor (pilóta) képernyőjén. A repülőfedélzeti indikátorok 525 vagy 625 sor felbontóképességűek. Létezik olyan megoldás is, ahol a képcső ábrázolta képet a célzókészülék egységes kijelzőjére vetítik, és így lehetséges a terep infravörös képének és repülési - navigációs adatoknak egyidejű megjelenítése.

A HTV-rendszerek felépítésében nagy szerepe van az egyszerűsített részegység-moduloknak, melyek gyártásában és az új műszaki megoldások kifejlesztésében az USA, Nagy-Britannia, Franciaország és Németország nagy tapasztalattal rendelkezik. Ilyen univerzális modulokból épülnek fel olyan ismert rendszerek, mint például a LANTRN navigációs-célfelderítő és követőrendszer vagy a TADS/PNVS navigációs - célfelderítő rendszer (AH-64 Apache).

Az ötödik generációs harci gépek (Rafale, F-22, EFA) számára kifejlesztett felderítő-célfőrendszerekben olyan előrettekintő infravörös (Forward Looking Infra Red - FLIR) rendszereket fognak alkalmazni, amelyek hatótávolsága a ma létező rendszerekénél 40 %-kal nagyobb. Ezt elsősorban olyan kutatási és fejlesztési programok eredményezték, amelyek

célja új, nagyteljesítményű fényérzékeny elemek kifejlesztése volt.

Napjainkban egyre inkább teret hódítanak a mátrix-felépítésű vevők. Ezek jellemzője a nagy hatótávolság, több cél egyidejű követése, nagyobb zavarvédetség, kisebb méretek.

Az amerikai Texas Instruments által kifejlesztett vevő 64x64 db érzékelőelemet tartalmaz; az elemek 6x6 mm-es felületen illeszkednek a szilícium alaplapra. Minden egyes elem jele különálló erősítésre kerül. Ez a vevőegység egy perspektivikus harckocsielhárító rakéta koordinátorához készült.

A Rockwell (USA) vevőegysége 122 x 122 elemet tartalmaz, egy elem átmérője 80  $\mu\text{m}$ . A vevőt a Hellfire rakétában, valamint a GBU-15 bomba koordinátorában alkalmazzák (ezek lézérirányítású megsemmisítő eszközök). A vevőegység képes felderíteni a repülő helikoptert 8 km-ről, harckocsit kikapcsolt hajtóművel 4,5 km-ről.

A HTV-rendszerek gyakorlati megvalósítása igen sokféle lehet. A Texas Instruments OR-89/AA jelű HTV-rendszere igen sok géptípuson használatos (S-3, A-6, RF-4C, C-130, P-3B). A rendszer részei: a HTV berendezés, a tápegység és az irányító blokk.

A rendszer főbb jellemzői: látószög azimut és helyszög szerint  $\pm 200^\circ$ , illetve  $0 \dots -84^\circ$ , tömeg 121 kg.

A Westinghouse (USA) által javasolt rendszer kombinálja a sisakra szerelt célmegjelölő és kijelző rendszert a HTV elemeivel. A HTV érzékelője követi a pilóta fejének mozgását, amelyet két mágneses szöghelyzet-adó segítségével valószínűsítanak meg (az egyik a sisakon, a másik a kabintetőn található). A környező terep hőképét azután a sisak szemellenzőjébe integrált kijelzőn megjelenítik.

Említésre méltó még azIRST-rendszer, amely a már ismert hőpelengátor továbbfejlesztése, harci lehetőségeinek kiterjesztése és a FLIR-rendszerrel való kombinálása.

## NAGY FÉNYÉRZEKENYSÉGŰ TELEVIZIÓS RENDSZEREK

Ezen berendezések fő feladata, hogy lehetővé tegyék a feladat végrehajtását olyan körülmények között, amikor a HTV nem hatékony, pl. magas páratartalom esetén vagy homogén hőmérsékletű környezetben. Hátrányuk, hogy alkalmazásukat korlátozza a megvilágítás erőssége.

## LÉZERBERENDEZÉSEK

A korszerű repülőgépeken többféle lézerberendezést is alkalmazhatnak: lézer távmérő - célmegjelölő, automatikus célkövető, lézerlokátor és egyéb berendezéseket.

### Lézer távmérő - célmegjelölő berendezések

A lézert az 1960-as évek végétől használják távolságmérésre különböző fegyverrendszerekben, így a harci repülőgépeken is. A legegyszerűbb távolságmérő rendszerrel nagy energiájú impulzusokat sugároznak ki a céltárgyra, és a visszaérkező jeleket optikai rendszer segítségével veszik. A másik lehetséges út: folyamatos lézerkissugárzás (radiófrekvenciás modulációval) és a visszavert jel folyamatos vétele.

Az impulzusüzemű lézertáv mérővel a távolságot a lézerimpulzus kisugárzása és a visszavert jel beérkezése (vétele) között eltelt idő alapján határozzák meg. A kisugárzott impulzus energiájának kis része egy fotodiódára jut, amely beindítja a számláló berendezést (ennek frekvenciája kb. 100 MHz). A számlálót a visszavert jel beérkezése állítja meg, ha energiája átlépi a megadott küszöbértéket. A számláló im-



pulzusainak és az etalonfrekvenciának ismeretében meghatározható a céltárgy távolsága, amely az operátor indikátorán kijelzésre kerül.

A lézer távmérőkben leginkább a neodímium - gránát lézereket alkalmazzák, de előfordul a széndioxid-lézer is. Az alábbi táblázat tartalmazza a kétféle lézer jellemző paramétereit.

Vizsgált jellemző	Neodímium-gránát	CO <sub>2</sub>
Hullámhossz (µm)	1,06	9-11
Energia (J)	0,2	0,2
Max. teljesítm. (MW)	10	2
Hatásfok (%)	2	25
Tömeg (kg)	5	25

Napjainkban a harci repülőgépek és helikopterek fedélzetén széleskörűen elterjedt a lézer távmérők alkalmazása. Néhány típus rövid ismertetése és főbb technikai jellemzői:

- Cilas ICV 115 (Franciaország)

A berendezést helikopterek fedélzetén alkalmazzák. A vevőegységbe lavinadiódát építenek. Az operátor szemét szűrő óvja, amelynek csillapítása az üzemi hullámhossztartományban 70 dB. Főbb adatok: hullámhossz 1,06 µm; hatótávolság 20 km; a sugárzás energiája 0,1 J; az impulzus időtartama 10 ns; impulzusteljesítmény 4 MW; tömeg 8 kg.

- Thomson TAV-38 (Franciaország)

A távmérőt a Jaguar és Mirage F1 repülőgépek exportváltozataira szerelik. A vevőegység lavinadiódás felépítésű. A számláló etalonfrekvenciája 29,98 MHz. A lézersugár célra-

irányítása mozgatható optikai eltérítő rendszer segítségével történik. Főbb adatok: hullámhossz  $1,06 \mu\text{m}$ ; hatótávolság  $10 \text{ km}$ ; a sugár eltérítése helyszög és azimut szerint egyaránt  $\pm 10^\circ$ ; tömeg  $20 \text{ kg}$ .

#### - Ferranti LRMS (Nagy-Britannia)

A távmérő és célmegjelölő a Jaguar, Harrier és Tornado harci gépeken nyert alkalmazást. A neodímium-gránát lézer stabilizált házban foglal helyet, amely biztosítja a lézersugár célon tartását a repülőgép manőverezése közben is. Főbb adatok: hullámhossz  $1,06 \mu\text{m}$ ; hatótávolság  $9 \text{ km}$ ; a sugár kitérítése helyszög szerint  $+3...-20^\circ$ ; azimut szerint  $\pm 12^\circ$ ; dőlés szerinti stabilitás  $\pm 90$  fokig.

#### Lézerlokátorok

A lézerlokátor működési elve hasonló a rádiólokátoréhoz: az objektív látószögebe eső tér valamennyi pontja távolságának meghatározása. Az indikátoron megjelenő ábrázolás (kép) ennek a következménye.

A lézerlokátor nagyobb felbontóképességgel rendelkezik, mint a rádiólokátor, mert az üzemi hullámhossza jóval kisebb. Ez lehetővé teszi olyan (nehezen észlelhető) objektumok felderítését, mint például az elektromos légvezetékek. Hasonlóan a FLIR-rendszerekhez, a lézerlokátor alkalmas éjszakai üzemeltetésre, de képminősége sokkal jobb: képes háromdimenziós megjelenítésre (az operátor érzékeli a kép "mélységét").

Az alkalmazás lehetőségeit elsősorban a kis hatótávolság korlátozza. A lézersugár energiája a levegő fényelnyelése és szórása miatt gyorsan csökken. Tiszta időben a hatótávolság elérheti a  $10 \text{ km}$ -t, de borús időben a hatótávolság a FLIR-rendszer hatótávolságával egyező, vagyis  $3-5 \text{ km}$ .

Egy fontos eltérés azonban van: amíg a FLIR-rendszer által szolgáltatott kép a látás romlásával fokozatosan veszít élességéből, addig a lézerek lokátort csak a visszavert jelek elvesztése akadályozza: mindaddig éles, kontrasztos a kép, míg a vevő fogadja a visszavert jeleket, függetlenül a jelek energiájától.

A lézerek lokátor nagy előnye, hogy gyakorlatilag nem lehetséges felfedni és zavarni. A lokátor fő eleme a lézer, melynek kibocsájtott sugárnyalábja egy optikai rendszer segítségével pásztázza a látószög adott szektorát. A pásztázás eredményeképpen hasonló kép keletkezik, mint a televízió által adott kép (soronkénti pásztázás). A visszavert jel ugyanazon optikai rendszeren keresztül kerül rá a vevőegységre.

#### - "LR" lézerek lokátor

Az "LR" fantázianevű (Laser Radar) lézerek lokátor jó minőségű, a cél azonosítására alkalmas képet szolgáltat a céltárgyról, egyúttal meghatározza annak távolságát is.

A lokátor az infravörös és a látható fény határát magában foglaló spektrumban dolgozik. Ez a körülmény biztosítja az optikai rendszerekéhez mérhető felbontóképességet. Egyedül a lokátor méri és kijelzi ugyanazokat a paramétereket, mint a rádiólokátor.

A kísérleti stádiumban lévő berendezésben arzén-gallium diódát alkalmaznak lézerek fényforrásként (infravörös spektrumban) 4 MHz-es amplitudómodulációval. A pásztázás helyszög és azimut szerint mechanikus úton történik, a látószög 30x30 fokos. A távolságmérés a visszavert jel fáziseltolódása alapján történik. Bármely objektum, amely a lokátor látószögébe kerül, megfigyelhető a 64x64 pixelt (képpontot) tar-

talmazó képernyőn, amelyen az információ másodpercenként négyyszer újul meg.

A távolságok érzékeltetésére különböző színek, valamint a szürké különböző árnyalatainak segítségével van mód.

A kísérleti lokátor az alkalmazott lézer kis teljesítménye (120 mW) miatt csak kb. 50 m-es hatótávolsággal rendelkezik. A bemutató során az indikátoron azonosítani lehetett a mozgó lövészpáncélost.

### A "PAVE PENNY" RENDSZER

A rendszer alkalmazási területe: lézeres önirányító fejjel felszerelt megsemmisítő eszközök célravezérlése. A cél megvilágítását végezheti földi állomás vagy külön erre a célra szolgáló célmegjelölő repülőgép, amely a csapásmérő csoport tevékenységét biztosítja. A rendszer részei: függeszthető konténer, amely az optikai rendszert és az elektronikus berendezést tartalmazza; egyeztető blokk, amelyen keresztül a rendszer csatlakozik a fedélzeti fegyverrendszer egységes indikátorához; irányító pult.

A rendszer fő eleme az optikai fej, amely kardán-felfüggesztésű és elfordítható mind a függőleges, mind a vízszintes síkban. Az optikai fej veszi és fókuszálja a célról visszavert lézerpulzusokat a szilícium alapú fotodiódán, amely a kardánfelfüggesztés belső keretén helyezkedik el. Az optikai fej lehetővé teszi a célok keresését és felderítését  $\pm 90^\circ$ -os szögben azimut szerint és  $+15 \dots -90^\circ$ -os szögtartományban helyszög szerint.

Az egyeztető blokk biztosítja a céljel ("célkereszt") helyzetének helyesbítését a célzókészülék kijelzőjén bólintás és dőlés szerint, valamint a konténer és a repülőgép viszonyítási rendszereinek összehangolását.

A vezérlőpult segítségével kiválaszthatók a rendszer üzemmódjai, valamint a pártázás módja (széles-szűk). Egy forgatható skála segítségével a repülőgépvezető (operátor) kiválaszthatja a bombavetési módot: vízszintes repülésből, zuhanórepülésből, stb.

A függeszthető konténerben helyezkednek el továbbá: öt nyomtatott áramköri lap, amely az elektronikus blokkokat tartalmazza; a feszültségszabályozó és áramátalakító, valamint a beépített ellenőrző eszközök.

Speciális szerelőnyílásokon keresztül könnyen hozzáférhetőek az egyes blokkok, a hibakeresés nagymértékben automatizált, és blokkcserével gyorsan megszüntethető a meghibásodás.

A rendszer hatótávolsága 10 km fölött van. Egyéb adatok: hullámhossz 1,06  $\mu\text{m}$ , tömeg 15 kg.

#### KOMPLEX RENDSZEREK

Az infravörös, televíziós és lézerrendszerek különböző lehetőségekkel rendelkeznek az álcázott célok felderítésére. Így például a TV-rendszerek gyakorlatilag nem alkalmasak álcázott cél felderítésére, míg az infravörös rendszerek jó eredménnyel találják meg az álcázott célokat.

A különböző elven működő rendszerek egyesítése és egységes kereső - célzórendszerbe foglalása lehetővé teszi valamennyi típusú rendszer előnyeinek maximális kihasználását. Néhány komplex rendszer főbb ismérvei:

## - "Pave Tack" rendszer

Az alábbi feladatok végrehajtását biztosítja:

- kisméretű célok kutatása, felderítése és azonosítása (teherautó, harckocsi stb.);
- célkövetés és célzashelyesbítés;
- lézeres célmegjelölés;
- 14 féle fegyver alkalmazása, melyek ballisztikai adatait a fedélzeti számítógép memóriája tartalmazza;
- a navigációs rendszer adatainak korrekciója;
- terepkövető funkció kismagasságú repülésnél;
- a csapás kiértékeléséhez videofelvétel készítése.

A rendszer részei: optoelektronikai berendezés, amely konténerben foglal helyet, valamint a vezérlő és indikációs szer-  
vek, amelyek a fülkében találhatók. (F-111F, F-4F, RF-4C repülőgépeken).

Az optoelektronikai részt alkotó blokkok: hőtelevíziós alrendszer, lézertáv mérő - célmegjelölő és az elektronikus blokkok.

A rendszer optikai része stabil alaplapon, forgathatóan helyezkedik el, az elfordítás szöge lehetővé teszi a repülőgép alatti térrész gyakorlatilag teljeskörű megfigyelését.

A konténert F-4-esen törzs alatti tartóra függesztik, az F-111 típuson a törzsön belüli (bombakamrában levő) zárba rögzítik, így az félig törzsbe süllyesztett helyzetben van. Napjainkban folyik a típus átalakítása, mely után a konténert be lehet majd húzni a bombakamrába a feladata befejeztével, így csökken a repülőgép légellenállása.

A konténer hossza 4,1 m, átmérője 0,51 m, tömege 580 kg.

A kabinban található a vezérlő panel, a TV-indikátor, a célkövető-helyeshítő és a lézerberendezés vezérlő szervei.

- "LANTIRN" rendszer

A rendszer lehetőségei:

- nappali és éjszakai kismagasságú terepkövető profilú repülés és navigáció;
- lézeres célmegjelölés, befogás és automatikus célkövetés (földi célok esetén);
- hat különböző cél egyidejű támadása Maverick típusú rakétákkal.

A rendszer két konténerben nyert elhelyezést. A navigációs konténer blokkjai a következő feladatokat látják el:

- a terep profiljának követése;
- szükséges számítások elvégzése;
- a terep ábrázolása az operátor képernyőjén;
- a környező levegő paramétereit figyelembevevő helyeshítés.

Ezeket a feladatokat a következő blokkok látják el:

- terepkövető rádiólokátor;
- infravörös előrettekintő - kutató rendszer (FLIR);
- irányító számítógép;
- helyeshítő blokk;
- beépített ellenőrző rendszer;
- tápegység.

A rádiólokátor öt üzemmódon működhet, amelyek közül egy speciálisan, esőben történő harci feladat végrehajtására terveztetett.

Az előrenéző infravörös rendszer elfordítható a következő manőver irányába, így a pilóta az indikátoron megismerheti a terepet még a manőver megkezdése előtt, vagy azonosíthatja az útvonal következő támpontját.

A navigációs konténer hossza 2 méter, tömege 200 kg.

A cél megjelölő konténer a rendszer másik eleme; kisméretű célok támadását segíti elő éjszakai alkalmazás során.

Főbb alkotórészei:

- FLIR-rendszer kétféle ( $2,25 \times 2,25^{\circ}$  és  $10,8 \times 10^{\circ}$ ) látószóggal;
- a FLIR-rendszer látószögének változtatását és a látómező tengelyének kitérítését létrehozó rendszer;
- lézeres távmérő és célmegjelölő;
- irányító számítógép;
- a Maverick-rakéták kontrollere;
- a célkövető blokk elektronikus egysége.

A konténer hossza 2,5 méter, tömege 240 kg.

- TADS/PNVS

A Martin-Marietta által kifejlesztett rendszer az AH-64 Apache harci helikopter számára készült. Rendeltetése: a repülés biztosítása éjjel és célfelderítés bármely napszakban, valamint közepesen bonyolult időjárási viszonyok között.

A TADS (célfelderítő és megjelölő célzókészülék) biztosítja a cél befogását és automatikus követését, valamint célfelderítését bármely napszakban és a célok helyzetének és távolságának meghatározását.



A TADS-rendszert 5 alrendszer együttese alkotja:

- nappali TV-rendszer, amely 2 nagyítási üzemmódban dolgozik;
- közvetlen képformálású optikai rendszer 2 nagyítási fokozattal;
- lézertáv mérő - célmegjelölő, amely a Hellfire rakéták célravezetését is biztosítja;
- lézerefényfoltot felderítő és követő rendszer, amely lehetővé teszi a célfelderítést abban az esetben, ha azt másik célmegjelölő állomás világítja meg;
- FLIR-rendszer, amely sötétben és rossz látási viszonyok között is hatékony.

A TADS-rendszer információt szolgáltató adói közös célzónovallal rendelkeznek, az optikai rendszer elemei stabilizált alaplapon vannak elhelyezve, így működésük független a helikopter manővereitől.

A személyzet kapcsolók segítségével kiválaszthatja a szerinte legcélravezetőbb és leghatékonyabb célfelderítési üzemmódot.

A PNVS (Pilot Night Vision System) lehetővé teszi az éjszakai kismagasságú repülést, ezáltal igen nehéz a helikopter felderítése. A PNVS "lelke" egy FLIR-rendszer, melynek optikai része forgathatóan van beépítve a helikopter orr-részébe, és a pilóta fejmozgását követi.

A TADS/PNVS komplexum együttes tömege 274 kg.

- "OASYS"

Az USA szárazföldi erőinél kidolgozás alatt állnak olyan rendszerek, amelyek figyelmeztetik a helikopterek pilótáit, ha akadály kerül eléjük (pl. fák, légvezetékek, an-

tennák stb.). Ily módon lehetővé válhat a feladat kis magasságon és nagy sebességgel történő biztonságos végrehajtása. A fák koronájánál alacsonyabb magasságú repülés megnehezíti a helikopter felfedezését és növeli a túlélőképességet. Am a felbukkanó akadályok kikerülése ilyen magasságon nagy sebességnél olyan bonyolult, hogy a pilóta egyedül nem boldogul. Feladata még inkább nehezebbé válik, ha a repülés rossz látási viszonyok között, vagy éjszaka történik.

E probléma megoldására az USA szárazföldi erőinek laboratóriuma kutatásokat végez. A program célja: olyan berendezés létrehozása, amely figyelmezteti a helikopter személyzetét az elébe kerülő akadályra, egyúttal lehetővé teszi a FLIR-rendszer és éjjellátó szemüveg alkalmazását. A távolabbi tervekben szerepel olyan rendszer létrehozása, amely nem utasítást ad a pilótának a megfelelő manőverre, hanem automatikusan manőverbe viszi a helikoptert.

Az OASYS-program (OASYS - Obstacle Avoidance System - akadálykikerülő rendszer) első lépéseként kísérleteket folytattak az Apache helikopter szimulátorában, a FLIR és PNVS rendszerek, valamint imitátorok felhasználásával. A kísérletek folyamán a szakemberek olyan szempontokat vizsgáltak, mint például a hatótávolság (és ennek megfelelő idő, ami a pilóta rendelkezésére áll), látószög, felbontóképesség, rejtett működés és egyéb paraméterek, amelyeknek egyenes vonzata a befoglaló méretek, tömeg, egyszerű konstrukció, jó szerelhetőség, költségek alakulásának vizsgálata. A kísérletek eredményeképpen a szakemberek két variánst tartanak alkalmasnak az OASYS-rendszerben történő alkalmazásra: a milliméteres hullámhosszú radart és a lézerekötőt.

A francia Thomson-CSF gyártotta "Romeo-2" rádiólokátor frekvenciamodulációs üzemmódon dolgozik ( $f=94$  GHz). A 25 cm átmérőjű antenna által kisugárzott nyaláb erősen fókuszált, az indikátoron megjelenő kép méretei  $90 \times 30^\circ$ .

A mm-es hullámokat az atmoszféra kevésbé nyeli el, emiatt - különösen poros, füstös levegőben - az infravörös rendszerek hatékonysága elmarad a rádiólokátorétól. De a légvezetékek felderítése a radarral is csak akkor volt hatásos, ha a besugárzás a vezetékre közel merőlegesen történt. A 3,2 mm hullámhosszú radar képernyőjén már a 38 mm átmérőjű kábel képe is "szétfolyt".

Lézerlokátor alkalmazásával ( $\lambda = 0,8 \dots 1,06 \mu\text{m}$ ) ugyanez a kábel élesen fog látszani. A lézersugár nagyfokú koherenciája miatt a felbontóképesség kedvezőbb. A másik előny, hogy a lézersugárzást jóval nehezebb felfedni, mint a rádiólokátor működését.

A lézerlokátor hátránya a rádiólokátorral szemben a kisebb hatótávolság.

(Az Apache Longbow AH-64D helikopteren a mm-es radar mellett döntöttek).

### EJJEJELLÁTÓ SZEMŰVEGEK

Az éjjellátó optikai eszközök előnyei: kis tömeg, egyszerű kezelhetőség, olcsóság, valamint a természetes látáshoz hasonló indikáció. Hátrányuk, hogy használatukat korlátozza a megvilágítás erőssége, valamint a fényes objektumok szétfolyhatnak a képen (glória-jelenség).

- Eagle Eye ("saszem")

Ez a berendezés könnyű (500 g) és 35 mm-re helyezkedik el a pilóta szeme előtt, így a fej súlyponteltolódása minimális, ami fontos körülmény katapultálásakor, illetve nagy túlterheléssel végrehajtott manőverek esetén.

A fényerősítők oldalt, a sisakellenző alatt helyezkednek el. A felerősített képet üvegszálon keresztül vetítik a szem előtti indikátorra, amelyen megjeleníthetők mindazok a jelzések, amelyek a célzókészülék egységes kijelzőjén. Az indikátor látószöge  $120 \times 110^\circ$ .

#### - PVS-5, AVS-6

A második és harmadik generációs szemüvegek javított jellemzőkkel rendelkeznek. A PVS-5 erősítői a 380-850 mm-es tartományban dolgoznak, amely magába foglalja a teljes látható spektrumot, valamint az infravörös és ultraibolya tartományok egy-egy részét. Az AVS-6 az 550-950 mm-es spektrumban működik, amely nem tartalmazza a kék szín környékét, viszont jelentősen benyúlik az infravörös tartományba.

A PVS-5 szemüvegek üzemideje 2000-4000 óra, az AVS-6 típusé 7500 óra feletti. További előnye az utóbbi típusnak, hogy jobb a jel-zaj viszonya, amely döntően befolyásolja az erősítő (s így az egész berendezés) többi paraméterét.

Az USA szárazföldi erői már megrendeltek a meglévő 4000 komplett kiegészítéseként további 21.000 db AVS-6 típusú éjjellátó berendezést, a szállítás 1997-ben fog befejeződni. A lecserélt PVS-5 szemüvegeket a pilóták kiképzése során fogják használni.

Az összeállítás az alábbi szakirodalom felhasználásával készült:

- "Aviat. Week and Space Technol.", 1990, 132, N 4, 77-79
- "Int. Def. Rev.", 1989, 22, N 11, 1582
- "Int. Def. Rev.", 1989, 22, N 9, 1268
- "JANE's avionics", 1987-1988, 84-120
- "Aviat. Week and Space Technol.", 1989, 130, N 15, 86, 87
- "Military Technol.", 1990, 14, N 9, 97, 98; 100-102, 104, 105
- "Aviat. Week and Space Technol.", 1989, 130, N 13, 51, 57, 62, 67, 70
- "Flight Int.", 1992, 141, N 4308, 4
- "Jane's Def. Weekly", 1990, 14, N 20, 892-994
- "Interavia AeroSp. Rev.", 1989, 44, N 9, 804, 805, 807, 808
- "Interavia AeroSp. Rev.", 1989, 44, N 11, 1123-1126
- "Flight Int.", 1990, 137, N 4205, 16
- "Flight Int.", 1992, 141, N 4312, 29, 30, 32
- "Armed Forces J.", 1992, N 2, 49-50
- "Flight Int.", 1991, 139, N 4266, 48-51
- "Armada Int.", 1991, 13, N 3, 42-44, 46, 48
- "Def. Electron.", 1991, 23, N 4, 48-52
- "Def. Electron.", 1989, 21, N 5, 47, 49-52, 54
- "Mil. Technol.", 1989, N 5, 40-41, 43-46, 48

Stonier Roger A.

**A STEALTH TECHNOLOGIA KIDOLGOZÁSA A MÁSODIK  
VILÁGHÁBORUTÓL AZ ÖBÖL-HÁBORÚIG**

Fordítás a "SAMPLE JOURNAL" 1991, 27, N<sup>o</sup> 5 p 9-18.  
megjelent cikke alapján

Fordító: Körmendi Géza mk. alezredes

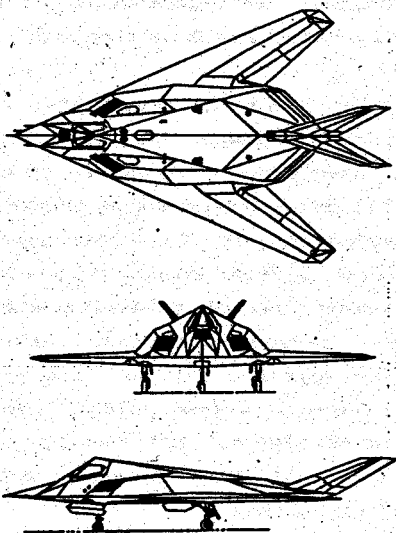
Az alábbiakban tárgyalt Stealth-technológiát az alacsony felderíthetőségű F-117A vadászrepülőgép és a B-2 bombázó repülőgép harci túlélőképességének fokozására dolgozták ki. A közölt anyagok, terv-koncepciók és új komplex technológiák e cél megvalósítása érdekében születtek.

Az F-117A volt ebben a kategóriában az USA Légierő első harcászati vadászrepülőgépe, melyről publikáció és képanyag 1990-ben jelent meg először. Ebben az időben láttak napvilágot az első közlemények a Northrop szupertitkos B-2-es csúszaszárny bombázógépéről is. E katonai gépekbe integrálták az új technológiákat, egyebek között a kompozit anyagok széleskörű felhasználását, melyek felderíthetősége a rádiólokátorok frekvenciatartományában, optikai, akusztikus és infravörös módszerekkel egyaránt a kívánt alacsony szinten tartható. Az új technológiák eredményeként - melyek szálerősítésű kompozitokat és műanyagokat alkalmaznak - a repülőgépek lokkátorképe olyanná vált, hogy felderíthetőségük a közvetlen megjelenésükig igen nehéz.

**Az F-117A stealth vadászrepülőgép**

E szupertitkos vadászgép létrehozása 1978 decemberében kezdődött. Első repülését 1981-ben hajtotta végre, míg az első fotót csak 1990-ben tették közzé róla. Az alkalmazott technológia eredményeként a gép - más vadászrepülőkhöz vi-

szonyítva - nagy magasságban, észrevétlenül, mélyen berepülhet az ellenség területe fölé. Ilyenkor akár meredeken emelkedhet is, ami a cél pontosabb meghatározását teszi lehetővé. Az [1] forrásmunka alapján az F-117A legfontosabb adatai: szárnyfesztávolság 13,2 m, törzs magassága 2 m, a szárny nyílazási szöge  $87^\circ$ , a repülőgép üres tömege 13600 kg, maximális felszálló tömeg 23800 kg, a fegyverzet 2x900 kg-os bombából áll, a szárny felületi terhelése 0,379 MPa, két db kétáramú General Electric gyártmányú, utánégető nélküli hajtóművének toldereje 54,4 kN, sebessége valamivel a hangsebesség alatti, a hajtómű toldóerő repülőgép súly viszonya 0,45.



1. ábra

Az utánégetés nélküli hajtóművek alkalmazását az infravörös kisugárzás és a zajszint csökkentése indokolja. A szárny fölött elhelyezett hajtómű-szívócsatorna belépő keresztmetszetében rádióhullámokat elnyelő, kompozit anyagból

készült négyzet rácscsokból kialakított védőernyő megakadályozza az infravörös kisugárzást.

Az F-117A sárkányának - mely főként alumíniumból és csak kisebb arányban kompozitból készült - vázlatos háromnézeti rajza az 1. ábrán látható.

Az alacsony rádióhullám-visszaverő képesség alapvetően a sárkány síkfelületekből kialakított formájának köszönhető. Amikor míg az F-117A-t tervezték, hiányzott az analitikus modell, illetve a módszer az aerodinamikailag áramvonalas test visszatükrözési és (hullám-)törési jellemzőinek meghatározásához. A rádiólokátor hullámok eltérítése az előbbiekre említett, a függőlegetől adott szöggel elfordított síklapokkal megoldható, melyek azokat így felfelé vagy lefelé verik vissza. A sárkányelemek éles (fogazott) kialakítása rontja ugyan az aerodinamikai jellemzőket, viszont a răső sugarak visszaverődési és difrakciós jellemzői is rosszabbak lesznek. A törzs vékony kilépőelű hátsó szakasza a szárnyal fecskeformát alkot, ezzel is a sugárzás visszaverőképességét csökkenve. Ugyanez vonatkozik a bombatér ajtók mellő részére, a hajtómű szerelőnyílások fedelére és a homlokúvegezés keretére. A sárkányborítás külső felülete rádióhullámokat elnyelő anyagból készült. Annak érdekében, hogy az elektromos vezetőképesség biztosított legyen a homlokúvegezés és a fülketető között, valamint a rádióhullám visszaverőképességet is csökkentsék, az úvegezést vékony aranyfűttel vonták be.

Az egyszemélyes vadászrepülőgépnak automatikus, digitális kormányvezérlő rendszere van, mivel az alacsony felderíthetőségi szint elérése feltételezi a statikus instabilitást is. A szubszonikus gép szárnynyílazási szöge olyan nagy, mint ami egyébként a szuperszonikus repülőgépeket jellemzi. A hajtómű tolóereje és az aerodinamikai jóságai jellemzők a hangsebesség feletti repülést is lehetővé tennék,

azonban néhány szerkezeti anyag nem képes elviselni az ezen repülési üzemmódhoz tartozó magas hőmérsékletet. A függőleges vezérsíkot viszont olyan szénszálerősítéssel kompozitanyagból alakították ki, amely ellenáll a szuperszónikus sebességeken jelentkező hőterhelésnek.

Az USA légierő vezetése szerint az F-117A alkalmas csapásmérésre a rádiólokációs eszközök támogatásának felhasználása nélkül is.

Az első harci repülésre 1989 decemberében, a panamai beavatkozás idején került sor, ahol ez gyakorlatilag semmilyen kockázattal nem járt. A tényleges harci bevetésben való részvételének helye 1991-ben a Perzsa-öbölnél vívott háborúban volt. Az F-117A-k hatékonyságát kellően bizonyítja, hogy iraki védett célpontok ellen vetették be és a végrehajtott 1000 repülés során egyetlen egy sem sérült meg.

#### A B-2-es bombázórepülőgép

Ezt a 2. ábrán látható (függőleges vezérsík nélküli, csupaszárny) repülőgépet a NORTHROP cég fejlesztette ki. A függőleges irányfelületek funkcióját a szárnykilépőlen el-



2. ábra

helyezett, mozgatható kormánylapok látják el. A fedélzeti

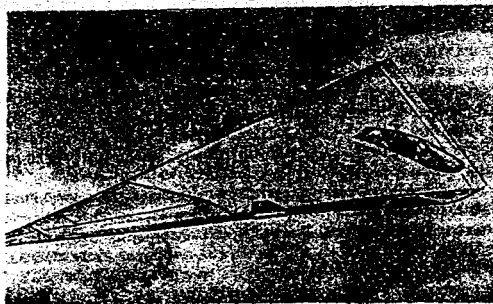


számítógépen keresztül történő gyors vezérlésükkel biztosíthatók az instabil sárkány kívánt aerodinamikai jellemzői. A tervezése a legteljesebb titoktartás mellett a '70-es években kezdődött. A program néhány elemét a '80-as években ugyan közzétették, de külső képe csak 1988-ban jelent meg, első repülését pedig 1989-ben hajtotta végre.

A B-2 szerkezeti elemei között széles körben alkalmaztak szénszálerősítésű kompozitokat, egyebek között ilyenekkel van bevonva a keszon-kialakítású szárnya is. A törzs farokrész középső és a szárny külső szekciói a Boeing-cég technológiája alapján készültek.

A szárny hátsó része - a hajtómű forró gázainak kifúvási zónája - magas hőterhelésnek ellenálló "szén-szén" speciális kompozitanyagból lett kialakítva. A hajtómű fűvócsövet olyanra tervezték, hogy szétszórva a hőt csökkentse a földfelszínről is felderíthető infravörös kisugárzást. A szárnyfelületen (és részben a belépőleken) olyan kompozitanyagokat, illetve rétegeket használtak, amelyek elnyelik a rádiófrekvenciás sugárzást.

Az USA haditengerészeti légierője számára tervezett Avenger elnevezésű csatarepülőgép (3. ábra) a B-2-nél is

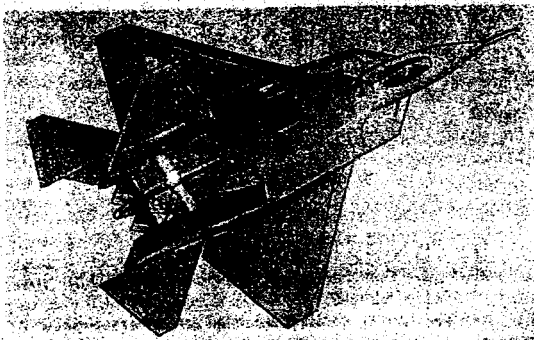


3. ábra

jobb "lopakodó" jellemzőkkel rendelkezik. A technikai nehéz-

ségek és a pénzügyi korlátozások következtében azonban ezt a fejlesztési programot törölték.

A 4. ábrán az ugyancsak stealth-technológiával épült F-22-es taktikai vadászpilóta repülőgépet látható.



4. ábra

Az F-22-es könnyű sárkánya szénszáll erősítésű kompozitokból, illetve ahol lehetséges termoplasztikus anyagokból épül fel. Az F-22 utánégetés nélkül képes hangsebesség felett repülni, ami elengedhetetlen az alacsony felderíthetőségi szint biztosítására.

#### A stealth technológia

E fejezet áttekintést ad azokról az alacsony felderíthetőséget biztosító technológiai lehetőségekről, melyek speciális szerkezeti kialakítással, illetve kompozitanyagok felhasználásával valósíthatók meg. A korszerű rádiólokátorok általában az  $(1-18) \cdot 10^6$  Hz frekvenciatartományban dolgoznak. Így a repülőgép szerkezeti elemeit, illetve az alkalmazott speciális anyagot e frekvenciatartományba tartozó kisugárzás elnyelésére kell optimalizálni. A lokátor-technika fejlődése és az üzemi frekvenciatartomány kiszélesedése szükségessé

teszi az elnyelési tartomány kibővítését is. Ennek eredményeként az utóbbi években gyors fejlődésnek indult a rádióhullámokat elnyelő anyagok technológiája.

A repülőgép rádiólokátor hullámokat átbocsájtó, illetve a kompozitok visszatükröző képessége anyaguk fizikai jellemzőitől - mindenekelőtt a dielektromos ( $\epsilon$ ) és mágneses ( $\mu$ ) permeabilitásuktól - és az elektromos karakterisztikáiktól függ (utóbbihoz értve az R-L hullámok elhajlási szögét is). Ennek megfelelően az R-L hullámokat elnyelő anyagok kétféleképpen, dielektromosak és mágnesesek lehetnek. A dielektromos anyagok elnyelőképessége a kompozitok ohmikus energiavesztésétől függ. Dielektrikumok lehetnek például szén-, grafit- és fémporok.

További fontos jellemzők a dielektromos állandó és a veszteség szögének tangense, amely az alkalmazott kompozit szálának és mátrixának anyagától függ. A mágneses kompozitok elnyelőképessége a mágneses hiszterézis fajtájától függ, ami akkor figyelhető meg, amikor a mátrixba kárbid vagy vas-ferrit anyagot kevernek.

A mikrohullámok elnyelésének elvét a [2] forrásmunka értelmezi. A lokátor kisugárzása először szabad térben történik, amelynek impedanciája (teljes ellenállása)  $z_0$ , majd hullám beesik a  $z_1$  impedanciájú dielektromos vagy mágneses anyag felületére, ahonnan a hullámok egy része R visszatükrözési együtthatóval visszaverődik.

$$R = \frac{1 - \frac{z_1}{z_0}}{1 + \frac{z_1}{z_0}}$$

ahol:

$$z_0 = \sqrt{\frac{u_0}{e_0}} \quad \text{és} \quad z_1 = \sqrt{\frac{u_1}{e_1}}$$

A visszatükröződés megszűnésének ( $R=0$ ) feltétele  $z_0 = z_1$ , ami akkor következik be, ha

$$\frac{u_1}{e_1} = \frac{u_0}{e_0}$$

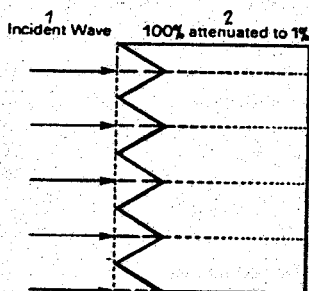
vagyis azon a helyen, ahol  $u_1 = e_1$ .

Nagyfrekvenciák esetén azonban  $u_1$  értéke nem érheti  $e_1$ -ét, ezért speciális anyagot, illetve szerkezeti megoldást kell alkalmazni. Az anyagok dielektromos és mágneses sajátosságainak, vastagságának, veszteségeinek, impedanciájának, belső optikai tulajdonságainak szabályozásával optimalizálható a rádióhullám elnyelő képesség egy, több, vagy valamennyi frekvenciatartományban.

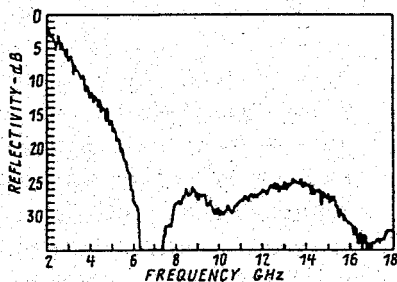
A mikrohullámok dielektromos elnyelési sajátosságai az anyag vastagságának (mélységének) függvényében változnak. (Ezért gradiens-elnyelőknek is nevezik őket!) Ez az anyag elektromos sajátosságainak megváltoztatásával, átöltések megosztásával érhető el. Ilyen anyagok lehetnek a merev és rugalmas polimerek, fenoplasztok. A dielektromos elnyelő felső rétegük impedanciája megközelíti a szabadterét. Ennek hatására a felületről történő visszaverődés minimumra csökken, a beeső jelek nagy része behatol az elnyelő anyagokba, ahol szétszóródik (elnyelődik). A veszteségek az anyag vastagságával exponenciálisan csökkenő impedancia hatására jönnek létre. Az 5. ábrán az R-L hullámok energiacsökkenésének vázlatos rajza látható széles spektrumban elnyelő gradiens-dielektrikum esetében. (Leírása a [2] forrásmunkában).

Alkalmazznak merev, könnyű fenoplasztot is, mikrokerámia

réteggel. A raszteres mintázatú bevonattal ellátott feno-  
 plaszt - mint gradiens-elnyelő - visszatükrözési együttható-  
 ja (dB) a frekvencia (GHz) függvényében széles tartományban  
 alacsony, amint az a 6. ábrán látható. Ilyen  $1 \text{ m}^2$  felületű,  
 1,9 cm vastagságú anyag tömege 0,915 kg.



1-belső hullám; 2-a belső  
 energia 100 %-a 1 %-ra  
 gyengül  
 5. ábra



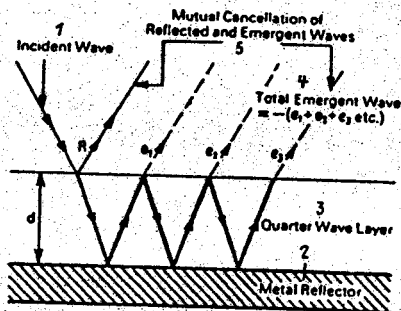
6. ábra

Amikor a jel teljesítményének 99 %-a elnyelődik,  
 visszatükrözési együtthatója 20 dB-re  $1/g (99+1) / 1$  csökken.  
 A legkisebb közepes 96,9 %-os elnyelési értéknek 15 dB felel  
 meg.

A mágneses mikrohullám-elnyelők olyan elasztomer poli-  
 merekből (mint például poliizopren, neopren, kaucsuk nitrit,  
 szilícium, uretán, kaucsuk-fluorid) készülnek, amelyekbe  
 töltőanyagként ferritet vagy más mágnesezhető anyagot jut-  
 tatnak [3]. Az anyag kívánt mágneses tulajdonságai és vas-  
 tagsága szabályozására olyan polimereket alkalmaznak töltő-  
 anyagként, amelyekkel biztosítható a mágneses permeabilitás  
 magas értéke. A mágneses elnyelő anyagok rendszerint vasta-  
 gabbak a dielektromosaknál, ugyanakkor hatékonyabbak is. Al-  
 landó vagy változó, 0,5-1,25 mm közötti vastagságúra, a  
 szerkezeti elem által megkívánt formájúra alakítják ki. Az

egy vagy két frekvencia elnyelésére létrehozott anyagok 20-25 dB-re csökkentik a jel értékét, ami (99 és 99,7 %-os energiaelnyelésnek felel meg). A széles frekvenciatartományban működő anyagok a belső jelet 12 dB-re gyengítik (95 %-os elnyelés).

Az olyan ismert rezonáns-elnyelőt, mint például a Salisbury Screen (SS) már a '40-es években felfedezték, de csak sok évvel később szabadalmaztatták [4]. Ebben a szerkezetben a visszaturózó felületről a belső hullámhossz egynegyedének ( $\lambda/4$ ) megfelelő távolságra vékony ellenállás-réteget (ekrant) helyeznek el. Általában az ekran felületi ellenállásának impedanciája megközelíti a külső tér impedanciáját, ezáltal minimális lesz az elektromágneses anyagról a visszaverődés. Hasonló berendezést szabadalmaztattott McMillan is 1959-ben [5]. A 7. ábra az SS működési elvét mutatja be [2].



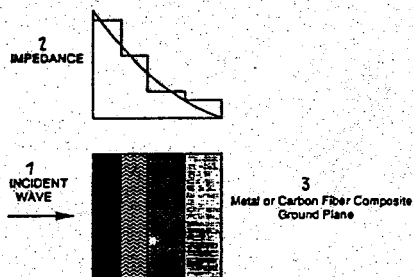
1-belső hullám; 2-fémvisszaverő felület; 3- $\lambda/4$  vastagságú réteg; 4-teljesen visszaverődő hullám; 5-a visszaverődő hullámok kölcsönös elnyelődése

7. ábra

Az ekranra érő sugárzás egy része közvetlenül visszaverődik (R), további része a felületen megtörve a fémrétegről tükröződik vissza. Ez utóbbi hullámnak egy része az ekranon áthaladva az kilép onnan ( $e_1$ ), további része visszaverődik a

fémfelületre és onnan újra visszatükröződik, és a folyamat így ismétlődik tovább. Mivel az ekran és a fémfelület távolsága  $\lambda/4$  az  $e_1$  hullám  $180^\circ$ -os fáziskésésbe kerül az R hullámhoz képest, interferálnak és kioltják egymást. Ez az effektus azonos azzal, ami az optikai lencse visszaverődésgátló felületén történik. Az SS rezonáns-elnyelő a beeső jelet szűk frekvenciatartományban a 30 dB-re csökkenti (99,9 %-os elnyelés) [2]. E megoldás hátrányai, hogy az anyag nem hajlékony, meglehetősen vastag (különösen alacsony frekvenciák ellen alkalmazva), előállítási költségei viszont magasak.

E problémák részbeni kiküszöbölésére a kezdeti időszakban a Dallenbach által javasolt (CD) réteget alkalmazták. Ez egyetlen homogén lap, amely lehet akár dielektrikum, akár mágneses, szendvics töltőanyagként pedig hajlékony polimert is használhatnak. A réteg dielektromos vagy mágneses permeabilitásának növelése megnöveli a visszatükrözési mutatót ( $\sqrt{\mu \cdot \epsilon}$ ) úgy, hogy az SS-hez képest jelentősen csökken a vastagság is ( $1/\sqrt{\mu \cdot \epsilon}$  -vel arányosan). A CD homlokfelületét érő



1-belső rádiólokátor hullám; 2-impedancia; 3-fém- vagy szén-szálerősített kompozit-visszatükröző

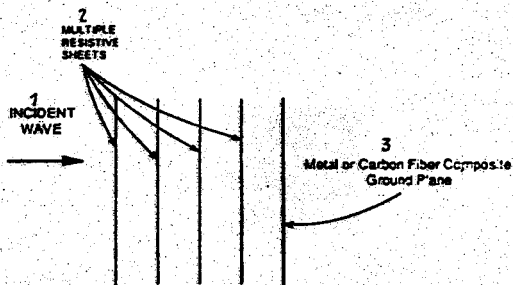
8. ábra

energia egy része a fém vagy széntartalmú kompozit visszatükröző felület felé haladva is elnyelődik. A kiegészítő el-

nyelés lényege (ua. mint előző ford.!), hogy a visszatükröző felületről visszaverődő hullámrész a CD-n keresztül haladva hátulról eléri az ekran felületet, ekkorra  $180^\circ$ -os fáziskésésbe kerül az ugyanezen pontról kívülről a szabadba visszaverődő hullámrészhez képest, aminek eredményeként nem lép ki energia a rendszerből. A CD vastagsága negyede lehet az  $\lambda$ -ének. Több CD-rétegből kialakított gradiens-elnyelő látható a 8. ábrán.

Minden réteg vezetőképessége különböző, az impedanciájuk a külsőtől a belső visszatükröző felületig exponenciálisan csökken maximálisról a minimális értékig. Az elektromos karakterisztikák rétegenkénti változása a töltés mennyiség bevitele által úgy van optimalizálva, hogy elérjék a kívánt elnyelési értéket. Amennyiben a töltéskonzentráció nagy, az elektromos vezetőképesség is megnő, ami hatékony elnyelést biztosít az anyag belsejében.

Az az elnyelő, amelyet Jauman [6] munkájában mutat be a 9. ábrán látható.



1-belső hullám; 2-ellenállás rétegek; 3-fém vagy szén-szál-erősítés kompozit visszatükröző lap

9. ábra



A rétegeket  $\lambda/4$  vastagságú méhsejt szerkezetű töltőanyaggal különböztetik el egymástól.

Mint az a sikeres raszteres elnyelő PD-n megfigyelhető, olyan többrétegű dielektromos bevonattal látták el, amelyet fémek vagy szilícium (fémkerámia) gőzeinek kicsapásával állítottak elő, felületére négyzethálós mintázatot marattak, ami hatásosan gyengíti a rádiólokációs sugarakat. Az ilyen raszteres bevonat hasonló a dikroikus antennák felületeihez [7-10], amelyek a hullámhossztól függően egy vagy több frekvenciát visszavernek, míg a többit átbocsájtják.

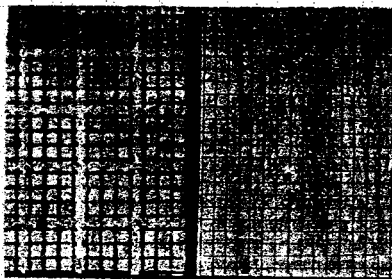
A raszteres bevonatoknak induktivitásuk és kapacitásuk van, értékük a hálós mintázat nagyságával, geometriai méreteivel, a mintázott alapelemek periodicitásával, a bevonat elektromos sajátosságaival (dielektromos állandó és a veszteség szögének tangense) szabályozható. A raszteres mintázat mérete - amelyet rendszerint meghatározott frekvenciához terveznek - kisebb, mint a hullámhossz. Anyagául általában poliimid bevonatot alkalmaznak, mivel az a következő előnyöket biztosítja:

- könnyű rá fémtartalmú bevonatot felvinni, illetve a raszter-mintázatot kimaratni;
- kötőanyagként - jó, termikus paraméterekkel és dielektromos sajátosságokkal bíró - epoxi gyanta is alkalmazható;
- vastagsága kicsi  $(8,5 + 127) \cdot 10^{-6}$  m.

Az elnyelők bonyolult raszteres mintázatait a 10. ábrán láthatók.

A bevonaton nagyszámú - egyébként egy-egy szűk sáv átbocsájtására alkalmas - négyzetrács kombinációjával és egy-

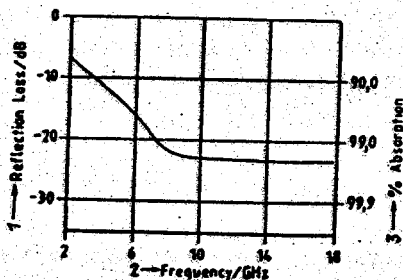
mástól  $\lambda/4$  távolságra való elhelyezésével széles spektrumban használható, vékony sugárzáselnyelő nyerhető. Minden réteg



10. ábra

különböző sajátosságokkal rendelkezik és elektromos jellemzői az elnyelő teljes vastagsága mentén változnak. A rétegek egymástól és a visszatükröző felülettől fenoplasztból vagy plasztikból készült, méhsejt szerkezetű töltőanyaggal vannak elválasztva.

A 11. ábrán egy széles spektrumban működő elnyelő tipikus méhsejt szerkezetű töltőanyagának paraméterváltozása látható. A töltőanyag vastagsága 16 mm, anyagsűrűsége  $32 \text{ kg/m}^3$ , egyetlen méhsejt átmérője 8 mm.



1-visszaverődési veszteség (dB); 2-frekvencia (GHz); 3-az elnyelődés százaléka

11. ábra

A vékony ellenállás réteggel borított elektromágneses hullámelnyelő másik fajtája az úgynevezett R-Card. Ezt vékony ( $10^{-10}$  m nagyságrendű), vákumban fémekkel (arany, réz, nikkel vagy szilícium) töltött rétegekből alakítják ki. Az ilyen bevonatot vékony polimid rétegre vagy üvegszál erősítésű kompozitanyagra hordják fel. A R-Card típusú sugárzás elnyelő ellenállása a vastagság függvényében - a szerkezeti kialakításától függően - különbözőképpen változik (másod-, harmadfokú parabola, exponenciálisan, logaritmikusan).

#### FELHASZNALT IRODALOM

1. Annon, *Aviation Week & Space Technology* 132 (20), 106 (1980).
2. R.N. Johnson, "Radar-Absorbing Materials: A Passive Role in An Active Scenario", in *International Countermeasures Handbook*, 11th Edition, E.W. Communications, Palo Alto, CA.
3. Annon, *Aviation Week & Space Technology* 131 (12), 109 (1989).
4. W.W. Salisbury, "Absorbent Body for Electromagnetic Waves", U.S. Patent 2,599,944, (June 10, 1952), assigned to the Secretary of the Navy, Washington D.C.
5. E.B. McMillan, "Electromagnetic Wave Absorbing Dielectric Walls" U.S. Patent 2,875,435 (February 24, 1959), not assigned.
6. E.F. Knott, "Radar Cross Section", in *Aspects of Modern Radar*, E. Brookner Ed., Artech House, Norwood, MA, 1988, Chapter 8 p. 413. Good overview of subject.
7. R.A. Stonier, *SAMPE Nat'l Tech. Conf.*, 9, 504 (1977).
8. D. Bresciani, S. Contu, C. Bruno, D. Marzi, G. Tempesta, R. Stonier and G. Crone, "Development of A 1-m Dichroic Reflector for Ku/Ka Frequency Bands", *JINA*, 1988.
9. D. Bresciani and S. Contu, *Electromagnetics*, 5 (4), (1985).
10. C. Bruno, D. Marzi and R. Stonier, "Technological and Mechanical Activities on Frequency Selective Sub-Reflectors", *ESA Workshop on Antenna Technologies*, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, Nov. 1989, ESA Document esa WPP-12, Nov. 1989.

11. P.S. Bradshaw, Proc. 10th Int'l European SAMPE Chapter Conf., Edited by S. Benson, et. al., Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1989, p. 187.
12. E.Y. Robinson, R.A. Stonier and L.C. Lofgren, *Proceedings of the Third ASTM Conference on Composite Materials: Testing and Design*, ASTM STP 546, 1974, p. 632.
13. B. Abt and H. Rieger, *SAMPE National Symposium*, 26, 848 (1981).
14. M.I. Skolnik, *IRE Trans.*, ANE-8 19 (1961).
15. J.W. Caspers, "Bistatic and Multistatic Radar", in *Radar Handbook*, M.I. Skolnik, Ed., McGraw-Hill Book Co., New York, 1970, Chapter 36.
16. M.I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 2nd Edition, International Student Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1981, p. 553.
17. A.A. Kolesov, et al, *Over-The-Horizon Radar*, Artech House, Norwood, MA, 1987. Translated from Russian by W.F. Barton.
18. Ref. 16, Chapter 14, "Other Radar Topics", p. 529.
19. M.R. Stiglitz and C. Blanchard, *Microwave Journal*, 33 (5), 32 (1990).
20. Aanon., *Aviation Week & Space Technology*, 131 (23), 38 (1990).

AZ F-15 REPÜLŐGÉP PARAMÉTEREINEK JAVÍTÁSA EGYESÍTETT  
HAJTÓMŰVEZÉRLŐ - REPÜLŐGÉPVEZÉRLŐ RENDSZERREL

Fordító: Szabolcsi Róbert mk. százados

A repülőgép jellemzői jelentős mértékben javulnak, ha egységes hajtóművezérlő-repülőgépvezérlő rendszert alkalmaznak. A hajtóművezérlő és a repülőgépvezérlő rendszer együttes alkalmazását nagyteljesítményű modern fedélzeti számítógépek és gyors adatbuszok teszik lehetővé. Kísérletek igazolják, hogy az egyes vezérlő rendszerek független optimalizálása a többi rendszer jellemzőinek romlását idézi elő. A vezérlő rendszerek egyesített problémáinak megoldására, valamint a paraméterek minőségi és mennyiségi kiértékelésére a NASA kidolgozta a HIDECS nevű programját, melynek fontos részét képezi a modernizált hajtóművezérlő rendszer (ADECS).

A hagyományos hajtóművezérlő rendszerben a hajtómű biztonságos működése érdekében a külső zavarások legrosszabb kombinációjának figyelembevételével igen nagy biztonsági tényezőt hagynak a pompázsjelenségre. Az ADECS rendszerben a pompázs szerinti biztonsági tényezőt (tartalékot) a repülőgéppel, hajtóművel szemben támasztott követelményekből kiindulva, a repülési paraméterek figyelembevételével határozzák meg. Ez lehetővé teszi a hajtómű pompázs szerinti tartalékát a hajtómű jellemzőinek javítására, így a tolóerő növelésére, a tüzelőanyag-fogyasztás, valamint az üzemi hőmérséklet csökkentésére fordítani. A pompázs szerinti tartalék a hajtómű jellemzőinek javítását, a kompresszor sűrítési tényezőjének (EPR) növelését szolgálja. Az ADECS rendszert az F-15 repülőgépen berepülték, a kísérletek, repülések eredményeit a 4. számú irodalom tárgyalja.

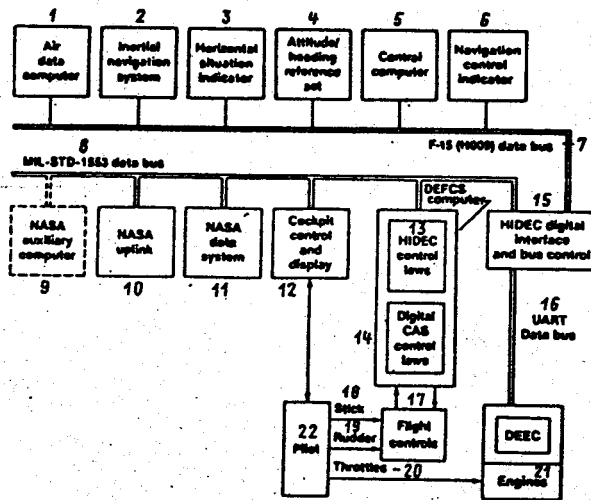
## A VEZÉRLŐRENDSZER LEÍRÁSA

A NASA kísérleti F-15 repülőgépein utánégető rendszerű, modernizált kétáramú gázturbinás sugárhajtóművet az F-100-PW-100 használtak. Az új, modernizált hajtómű ventilátorát tökéletesítették, továbbfejlesztették a kompresszort, az égőterét, 18 szegmensből alakították ki az utánégető teret, valamint digitális üzemmódvezérlő rendszert alkalmaznak (DEEC).

A DEEC üzemmódvezérlő rendszer a HIDEK rendszer egyik fő része, ami hidromechanikus tartalék üzemmódban is képes működni. A DEEC rendszer vezérli a tüzelőanyag-betáplálást a hajtómű fő- és utánégető terébe, biztosítja a levegőátvezetést a kompresszortól, működteti az álló-terelő lapátkoszorút és szabályozza a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyeinek keresztmetszetét is. A DEEC zárt szabályozási rendszere biztosítja továbbá a hajtómű fajlagos levegőfogyasztásának (WACC), valamint a sűrítési tényező (EPR) szabályozását és korlátozza a turbina előtti lefűtött levegőáram hőmérsékletét is (FTIT).

A HIDEK projekt megvalósítása a hajtómű üzemmódvezérlő (DEFC) rendszerének és a repülőgépvezérlő rendszernek (DEFCS) elkészítését jelenti. A DEFCS nem más, mint a hagyományos kormányvezérlő rendszer digitalizált formában (CAS). A repülőgépvezérlő rendszer (DEFCS) és a hajtómű üzemmódvezérlő rendszer (DEEC) digitális interfészen és az adatátvitelt ellenőrző kontrolléren keresztül kapcsolódnak össze. Az ADECS rendszer operációs rendszerét a DFCC repülésvezérlő rendszer számítógépe tárolja, mely a DEFCS rendszer fontos részeit képezi.

A HIDEC rendszer bloksémája az 1. ábrán látható.



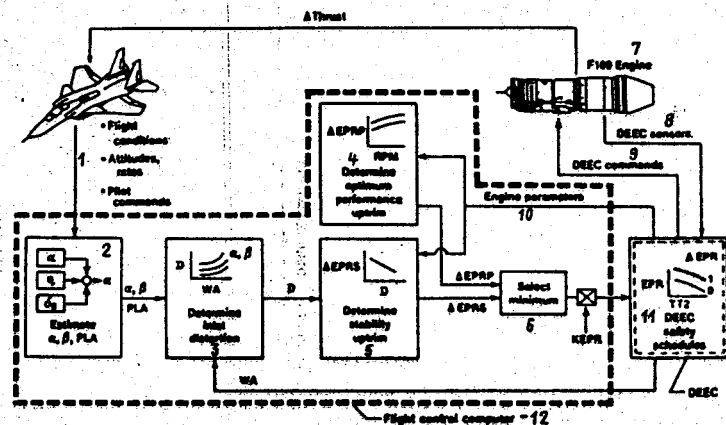
1-levegőjel-rendszer számítógépe; 2-inerciális navigációs rendszer; 3-műhorizont; 4-térbeli helyzet megjelenítő; 5-központi számítógép; 6-navigációs indikátor; 7-F-15 (H009) adatbusz; 8-MIL-STD-1553 adatbusz; 9-a NASA feladatainak segédszámítógépe; 10-"fedélzet-föld" rádióvonal a NASA-val; 11-a NASA adatbankja; 12-kormánysszervek és információmegjelenítés a kabinban; 13-a HIDEC rendszer vezérlési törvényei; 14-a CAS rendszer vezérlési törvényei; 15-a HIDEC rendszer digitális interfésze és a vezérlő parancsok adatbusza; 16-UART-adatbusz; 17-repülésvezérlés; 18-botkormány; 19-pedál; 20-hajtómű-vezérlőkar; 21-hajtóművek; 22-pilóta.

1. ábra

A hajtómű stabil működését biztosító sűrítési tényező differenciá-EPRP, valamint a belépő levegőáram örvényességének D számítása a hajtómű fajlagos levegőfogyasztása WA alapján történik, az állás és a csúszásszögek értékei figyelembevételével. A hajtómű paramétereiből történik az optimális karakterisztikák majd ezek alapján az EPRP jel kidolgozása. A két jel közül a kisebbik a KEPR szorzóegységén keresztül a DEEC rendszerbe kerül, ami biztosítja a hajtómű

állandósult optimális üzemet. A biztonságos működés érdekében a DEEC rendszerben a beavatkozó jelet korlátozzák.

Az ADECS rendszer blokkjátsája a 2. ábrán látható.



1-repülési viszonyok, a repülőgép szögsebességei és szöghelyzete, a pilóta parancsai; 2-az  $\alpha$ ,  $\beta$ , PLA szögek számítása, a botkormány kitérítése; 3-a bemeneti zavarások meghatározása; 4-a hajtómű állandósult optimális üzemenek jellemzői ismeretében az EPRP korrekciós jel kidolgozása; 5-az EPRS jel kidolgozása; 6-a minimum kritérium kiválasztása; 7-F-100 sugárhajtómű; 8-a DEEC rendszer érzékelő; 9-a DEEC rendszer parancsai; 10-a hajtómű paraméterei; 11-a DEEC rendszer biztonságos üzemmódjai; 12-a repülésvezérlő rendszer számítógépe.

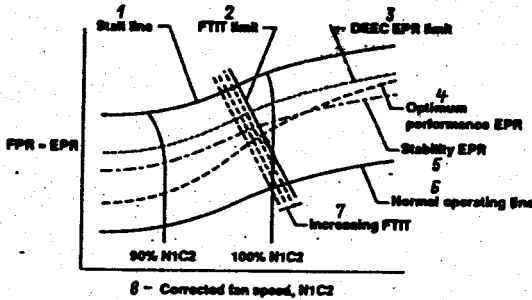
2. ábra

A HIDECS EPR rendszer blokkjátsája a 3. ábrán látható.

A hajtómű munkaeqyenesése 6 és a pompázsvonal 1 közötti tartományt szokás a rendelkezésre álló, pompázs szerinti tartaléknak nevezni. A sűrítési tényező stabilitásának vizsgálata során az összes olyan zavarás hatását vizsgálják, ami a ventilátor pompázs szerinti tartalékát csökkenti. Ha a szivócsatornába belépő levegőáram örvényessége növekszik, akkor az üzemmódvezérlő rendszer úgy avatkozik be a hajtómű működésébe, hogy a sűrítési tényező EPR szerinti tartaléka



állandó maradjon. A sűrítési tényező zárt szabályozási rendszere a 4. ábrán látható.

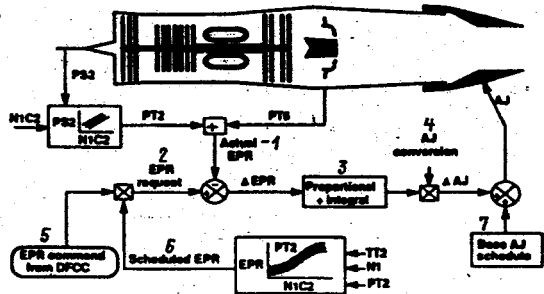


1-a kompresszor stabil működésének határa (pompázsvonal); 2-a turbina előtti levegőáram hőmérséklete FTIT szerinti korlátozás; 3-sűrítési tényező EPR szerinti korlátozás, melyet a DEEC rendszer valósít meg; 4-a sűrítési tényező EPR optimális értékei; 5-a sűrítési tényező EPR szerinti stabil működés határa; 6-a hajtómű munkaegyenes; 7-a turbina előtti hőmérséklet növekedése; 8-a ventilátor viszonyított forgási sebessége.

3. ábra

biztosítja. A programvezérelt sűrítési tényező EPR értékét a ventilátor viszonyított forgási sebessége N1C2 alapján szá-

1-a sűrítési tényező EPR pillanatnyi értéke; 2-a sűrítési tényező EPR kívánt értéke; 3-arányos-integráló tag; 4-a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök AI keresztmetszete; 5-a sűrítési tényező EPR parancs a DFCC rendszertől; 6-a sűrítési tényező EPR programvezérlése; 7-a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök AI programvezérlése.



4. ábra

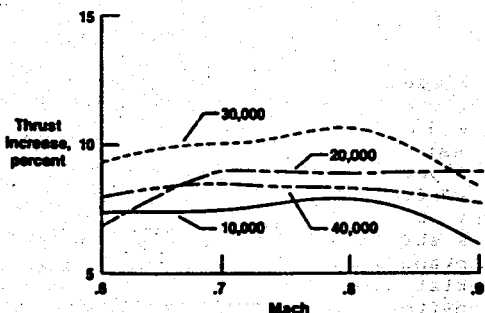
A kívánt sűrítési tényező állandó értéken tartását a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök keresztmetszetének változtatása biztosítja. Nagy M-számok esetén, ha a turbina a megengedett maximális hőmérséklet FTIT közelében működik, akkor a minimális levegőfogyasztás, valamint a tolóerő optimális értéken tartását a ventilátor viszonyított forgási sebessége N1C2 szerinti szabályozás

mitják. Ezután a sűrítési tényező EPR értékét az arányos integráló beavatkozó szerv tartja állandó értéken a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök keresztmetszetének szabályozásával.

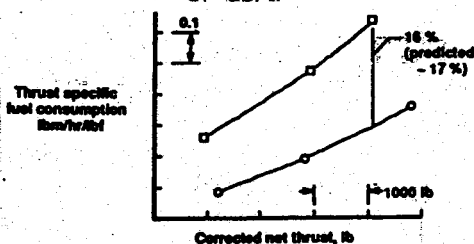
### A HAJTÓMŰ ÜZEMMÓDVEZÉRLŐ RENDSZER KÍSÉRLETI EREDMÉNYEI

A hajtómű effektív tolóerejének (FNP) (%) változását állandó gyorsulások esetén az 5. ábrán láthatjuk.

A sűrítési tényező tartaléka szerint vezérelt hajtómű üzemmodvezérlő rendszer alkalmazásának másik előnye a tolóerő fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC)



5. ábra



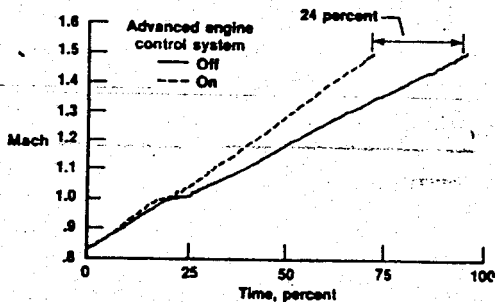
-az ADECS rendszer nélküli; 0 - az ADECS rendszer működik; 1 - számított érték 17%; 2 - lépték 4448 N.

6. ábra

erő fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC) hányados csökkenése állandó tolóerő mellett. A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (TSFC) százalékos csökkenését  $M = 0,8$  és  $H = 9150$  méter magasságon, utánégető üzemmódon a 6. ábra szemlélteti.

Állandó gyorsulással,  $H = 15025$  m repülési magasságon a hajtómű maximális teljesítményén végrehajtott repülés esetén az ADECS rendszer alkalmazásának előnyeit a 7. ábra mutatja be.

A 7. ábrán a vízszintes tengelyen a repülés fajlagos ideje van ábrázolva, %-ban kifejezve. Mint az a 7. ábrán látható az ADECS rendszer alkalmazása mintegy 24 %-kal csökkenti az  $M = 0,8$ -ról  $M = 1,5$ -re történő gyorsítás idejét.



----- az ADECS rendszer működik;

———— az ADECS rendszer kikapcsolva.

7. ábra

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

<sup>1</sup>Myers, L. P., and Burcham, F. W., Jr., "Propulsion Control Experience Used in the Highly Integrated Digital Electronic Control (HIDEC) Program," NASA TM-85914, 1984.

<sup>2</sup>Burcham, F. W., Jr., and Haering, E. A., Jr., "Highly Integrated Digital Engine Control System on an F-15 Airplane," NASA TM-86040, 1984.

<sup>3</sup>Burcham, F. W., Jr., Myers, L. P., and Ray, R. J., "Predicted Performance Benefits of an Adaptive Digital Engine Control System on an F-15 Airplane," AIAA Paper 85-0255, Jan. 1985.

<sup>4</sup>Myers, L. P., and Walsh, K. R., "Preliminary Flight Results of an Adaptive Engine Control System on an F-15 Airplane," AIAA Paper 87-1847, June 1987.

<sup>5</sup>Myers, L. P., and Burcham, F. W., Jr., "Preliminary Flight Test Results of the F100 EMD Engine in an F-15 Airplane," AIAA Paper 84-1332, June 1984.

<sup>6</sup>Burcham, F. W., Jr., Myers, L. P., and Walsh, K. R., "Flight Evaluation Results for a Digital Electronic Engine Control in an F-15 Airplane," NASA TM-84918, 1983.

<sup>7</sup>Landy, R. J., Yonke, W. A., and Stewart, J. F., "Development of HIDEC Adaptive Engine Control Systems," ASME 86-GT-252, June 1986.

<sup>8</sup>Ray, R. J., and Myers, L. P., "Test and Evaluation of the HIDEC Engine Uptrim Algorithm," AIAA Paper 86-1676, June 1986.

HUGHES, D. - LENOROWITZ, J.M.

AZ F-117A REPÜLŐGÉP KORSZERŰSÍTÉSE

Fordítás az AVIATION WEEK AND SPACE TECHNOLOGY

1991-ben megjelent cikke alapján

Fordító: Szabolcsi Róbert mk. százados

A stealth technológia alapján készített F-117A repülőgépet 1991-ben, Párizsban mutatták be a nagy nyilvánosság előtt. A párizsi kiállításon vált ismertté, hogy az US AIR FORCE és a LOCKHEED repülőgépgyár egész sor újítást hajtott végre a repülőgépen.

Az újítások közül a legfontosabbak;

- a repülőgép elektronikus berendezéseinek cseréje;
- a hajtómű gázkiáramlássebesség-fokozó redőnyeinek módosítása;
- a futómű kerekeinek, lengéscsillapítóinak és a fékek módosítása;
- a fémépítésű vezérsíkok cseréje kompozit anyagokból készülő vezérsíkokra.

A tervezett újítások a könnyebb és olcsóbb kiszolgálást hivatottak szolgálni. A fenti felsorolt munkálatokat az Öböl-háború után kezdték el, finanszírozását az USA Kongresszusa tárgyalta.

A gázkiáramlássebesség-fokozó redőnyök új típusa rekeszes kialakítású. A szabályozó rendszerük tökéletesebb hőárnyékoló ernyőt, jobb tömítéseket és új gázvezetőt, valamint a gázkiáramlás sebességfokozó redőnyök kilépő élei nagy hőállóképességű anyagból készülő borítást kaptak.

Az F-117A repülőgép gázkiáramlássebesség-fokozó redőnyei nagyon magas hőmérsékletű és sebességű gázáramban van-

nak elhelyezve. Más repülőgépekkel ellentétben, az F-117A repülőgépen a hajtóműből távozó gázok a sárkányszerkezet egyes részeit is körüláramolják. A gázkiáramlássebesség-fokozó redőnyök rendszerét mintegy tíz évvel az Öböl-háború előtt tervezték és a repülőgép egyik leginkább igénybevett részei közé tartozik. A szakemberek véleménye szerint az új gázkiáramlássebesség-fokozó redőnyök alkalmazása javítja a kiszolgálás lehetőségeit. Ennek eredményeképpen csökkenthető az egy repült óra kiszolgálásához szükséges munkaóra szám. Az új gázkiáramlássebesség-fokozó rendszer természetesen nem változtatja meg a repülőgép korábbi infravörös és rádiólokátoros felderíthetőségét.

Tervezik a repülőgépen a fémépítésű vezérsíkok helyett a grafit termoplasztikus kompozit anyagokból készült beépítését, bár négy évvel ezelőtt ez próbarepüléskor az egyik vezérsík elvesztését eredményezte. A vezérsík leválása a repülőgép fegyvertechnikai rendszereinek kipróbálása során történt, nagy oldalirányú túlterhelés mellett és 2000 literes tüzelőanyag-töltés mellett. A vezérsík leszakadása ellenére a repülőgép sikeres leszállást hajtott végre.

Az említett baleset után az új vezérsíkot beépítve korlátoznak egyes repülési paramétereket: az állásszöveget és forgási szögsebességeket. Az új vezérsíkok beépítését az F-117A repülőgéppark mintegy felén elvégezték a munkálatokat azonban az Öböl-háború miatt félbeszakították.

Az F-117A elektronikus berendezéseinek cseréje során új típusú lézergiroszkópokra épülő navigációs- és műholdas helymeghatározó rendszert építenek be. A repülőgépen ma a nagy pontosságú SPN/GEANS inerciális navigációs rendszert alkalmazzák, melyet a B-52 repülőgépen is használnak.

A lézergiroszkóp alkalmazása lehetővé teszi a navigációs rendszer egy meghibásodásra jutó üzemi idejének növelését a

pontosság romlása nélkül. Az üzemeltetési költségek csökkentését várják a fent említett cserétől, mivel a korábban alkalmazott navigációs rendszer gyártása a B-52-es bombázó gyártásával együtt megszűnt.

Az F-117A repülőgép harci lehetőségeit javítja a HONEYWELL vállalat többcélú display-ének alkalmazása, mely a HARRIS cég által kifejlesztett "digitális térkép" üzemmódon működve a repülőgépvezető számára jobb és pontosabb információt szolgáltat a repülési helyzetről.

A repülőgépen a digitális térkép, valamint a fényképek és a cél megjelenítésére két katódsugárcsőves színes display szolgál. Az információ-bevitelre folyadékkristályos display-t helyeztek el, melynek segítségével az elektronikus rendszerek 256 üzemmódja közül lehet kiválasztani a megfelelőt. Ezeknek az új berendezéseknek a fő feladata a térbeli orientáció elvesztésének megakadályozása, aminek következtében eddig is két katasztrófa történt. Az F-117A repülőgépek modernizálásuk után repülőszázadokhoz kerülnek, ahol a pilóták megtanulják az új rendszerek kezelését, használatát.

A repülőgép egyik tipikus feladata, hogy adott időben, adott helyre vagy a cél közelébe érkezzon. Ezen fontos feladatnak a megoldását tolóerő-automata alkalmazása teszi lehetővé. Szükséges megemlíteni, hogy az Öböl-háborúban egyetlen modernizált, tolóerő-automatával ellátott F-117A repülőgép bevetésére sem került sor.

Az Egyesült Államok Kongresszusa új útvonaltervező rendszer kifejlesztését hagyta jóvá, mint az F-117A repülőgép modernizációs programjának fontos kiegészítő részét. Az Öböl-háború tapasztalatai azt igazolták, hogy a rendszernek igazodnia kell a változó repülési feladatokhoz és harci manőverekhez, cselekményekhez.

Az útvonaltervező rendszert a LOCKHEED repülőgépgyár fejlesztette ki az együléses bombázó repülőgépek számára a repülőgépvezető elfáradásának csökkentésére. Az útvonaltervező rendszert már az első F-117A repülőgépekbe is beépítették.

A LOCKHEED repülőgépgyár eltért attól az elképzeléstől, mely szerint a repülőgép minden időben történő alkalmazásához fedélzeti rádiólokátor szükséges. Az első repülőgépek azonban még rádiólokátorral voltak ellátva, hűtésüket külön erre a célra rendszeresített villamos energiaforrások és egyéb berendezések biztosítják. Szakemberek véleménye szerint a kor technológiai színvonala lehetővé teszi a kis felmerítési valószínűséggel rendelkező lokátorok alkalmazását.

A repülőgép acél fékbetétjeit a modernizálás során szén/szén anyagú kompozitokkal helyettesítik. A hagyományos fékberendezés maximális abszorbált hőenergiáját az új fék-szerkezet már 80 %-os abszorpciós kihasználtság mellett képes leadni. A jobb abszorpciós képességgel rendelkező új fékberendezés alkalmazása főleg a tengerszint feletti nagy magasságban elhelyezkedő repülőtérről történő üzemeltetés során bizonyult kedvezőbbnek elődjénél. Az F-117A repülőgép kerékbronzsait és lengéscsillapító szerkezeteit az F-15E repülőgéppel azonosakra cserélik.

Az F-117A repülőgépen a légi célokról a TEXAS INSTRUMENTS cég által a STEALTH program keretében gyártott adók és célmegjelölő rendszer tájékoztatja a repülőgépvezetőt. Az F-117A repülőgépen a sárkány alsó és felső részén infravörös érzékelőket helyeztek el a légi és földi célok felderítésére. Ez a két rendszer alkotja a célfelderítő és célmegjelölő IRADS rendszert. A lézeres megvilágító az IRADS rendszer részét képezi és alapvető rendeltetése az adatfeldolgozásból eredő hiba korrekciója. Az F-117A repülőgép megengedett távolságról történő célzása esetén a lézervolt átmérője

(30-45cm). A lézerfoltot az IRADS rendszer stabilizálja a célon. Az Öböl-háború idején az IRADS rendszer tette lehetővé a repülőgépvezetők számára a földi objektumok szellőzőberendezésbe történő pontos beletalálást.

Az F-117A repülőgép gyártása során az előállítási költségek csökkentése érdekében igyekeztek felhasználni minden létező, megfelelő rendszert és berendezést. Így többek között a C-130 repülőgép magassági berendezéseit, valamint az F/A-18 repülőgép hajtóművét és segédhajtóművét. Az F/A-18 repülőgép homloküveg információmegjelenítő rendszerét úgy módosították az F-117A számára, hogy az költségmegtakarítást eredményezett. Az IRADS rendszer érzékelőt sűrű szövésű, rézvezetékéből készült árnyékoló hálózattal borítják, melyet a LOCKHEED cég fejlesztett ki. Ez az árnyékolás lehetővé teszi, hogy az IRADS rendszer érzékelő feje a beeső rádióhullámokat visszaverje. A rézből készült árnyékoló háló előállítási költsége 7000 USD, míg a germánium vagy gallium-arsenid hagyományos árnyékolás költsége 500000 USD. A rádióhullámok ellen védő árnyékolás ugyanakkor az infravörös és a lézersugarak esetében szélessávú áteresztést kell biztosítani.

Az F-117A repülőgép teljes felülete - a PITOT-csővek kivételével - rádióhullámokat elnyelő borítással van ellátva. A PITOT-csővek felületét a fellépő erózió miatt nem lehet a fent említett borítással bevonní, mert a PITOT-cső mérete és körüláramlása jelentős mértékben változna. A LOCKHEED repülőgépgyár szakembereinek véleménye szerint a PITOT-csővek végeinek elkészítése az egyik legnehezebben megoldható problémák közé tartozott a repülőgép tervezése során. Mivel az F-117 repülőgép számára nagyon fontos a levegőjelek pontos és megbízható mérése, ezért PITOT-csőveket a repülőgép meghatározott helyére pontosan építenek be.



A repülőgépen az alkalmazott kompozit anyagok a repülőgép össztömegének kb. 5 %-át teszik ki. Kompozit anyagból készülnek a bombatér aknaajtói és a futószárak.

Az F-117 repülőgép gyártására 1978-ban aláírt szerződés értelmében került sor. A tervezés - mely magába foglalja az új vezetőkülke elkészítését is - összesen 2 milliárd USD-ba került. Sok vagy kevés ez az összeg? Úgy hírlílik, hogy a nagy személygépkocsi gyártó cégek ennél nagyobb összegeket fordítanak egy-egy új típus kifejlesztésére.

A LOCKHEED repülőgépgyár 12 szakembere dolgozik azon a légbázison, ahol a két harci és az egy kiképző F-117 repülőszázad települ. A századokat úgy állították fel, mintha nagy távolságban elhelyezkedő repülőterekről történe a repülőgépek üzemeltetése, a földi kiszolgáláshoz minimális ellenőrző berendezés szükséges. A STEALTH program keretében gyártott F-117 repülőgép üzemeltetését hasonló munkára szám biztosítja, mint az F-15C repülőgépét.

A repülőgép rádióhullámokat elnyelő borításának kiszolgálása annyi időt vesz igénybe, mint a fékernyőé. A repülőgép tervezésekor úgy vélték, hogy minden egyes felszállás előtt ellenőrizni kell a rádiólokációs paramétereket, karakterisztikákat. Míndez azonban feleslegesség vált, mert egyszerű vizuális vizsgák elegendők a rádióhullámokat elnyelő borítás épségének vizsgálatára. A speciális borítás javítását egyszerű kézi szórópisztollyal új réteg felvitelével lehet elvégezni. A borítás javításának eredményességét a rendőrök által sebességmérésre használt pisztolyhoz hasonló eszközzel lehet ellenőrizni.

Roine Mattsson, MSc.  
Saab Military Aircraft

**A CFD SZÁMITÁSOK ÉS SZÉLCSATORNAMERÉSEK,  
LEHETŐSÉGEK AZ ÚJ REPÜLŐGÉPEK AERODINAMIKAI  
FEJLESZTESEBEN ÉS TERVEZÉSEBEN**

A fordítás a X. Magyar Repüléstudományi Napok  
kiadványának II. kötetében (152-161 oldal)  
megjelent cikk alapján készült

Fordította és megjegyzésekkel ellátta:  
Dr. Pokorádi László mk. őrnagy, főiskolai docens

Tisztelt Olvasó!

Mattsson úr előadásának hallgatása és tanulmányának olvasása közben több, a témához kapcsolódó gondolatom ébredt. Ezért döntöttem úgy, hogy a cikket lefordítom és a főiskolánkon - általam - oktatott áramlástannal való kapcsolatokra rámutató megjegyzéseimmel együtt közreadom.

Az észrevételeimet lábjegyzetek formájában vagy beke-retezve helyeztem el, hogy egyértelműen látszódjon, mi az, amit a szerző, és mi az, amit a fordító "szellemi terméké-nek" kell tulajdonítani.

Ezúton is szeretném megköszönni Dr. Pasztelyák Adrienne főiskolai tanár segítségét, melyet fordításom ellenőrzésé-vel nyújtott.

Dr. Pokorádi László

**Tartalmi kivonat**

A minőségi szélcsatorna vizsgálat már hosszú évek óta a polgári és a katonai repülőgépek áramlástani fejlesztésének első számú eszköze. A modern CFD módszerek a számítógépek példa nélküli fejlődése következtében ma új lehetőségeket nyújtanak. A következő rövid összefoglaló a két módszer áramlástani mérnöki munkákban való együttes alkalmazását mutatja be.

## 1. Bevezető

A korábban a svéd repülőipar elsősorban évtizedeken keresztül a Svéd Légierő számára fejlesztett katonai repülőgépeket. Ez a nemzetközileg is versenyképes katonai repülőgépek kifejlesztése érdekében végzett tevékenység magasfokú aerodinamikai ismeretet és alkalmazási képességeket igényelt. Az utóbbi tíz évben a Saab Aircraft vállalat polgári repülés területén történt sikeres termékváltása következtében ma már a vállalat forgalmának több mint a fele ebből a szektorból származik.

A repülőgép külső geometriája által meghatározott aerodinamikai jellemzők, mind a polgári, mind a katonai repülőgépek esetében, elsősorban jelentőségűek a gép teljesítménye - gazdaságossági és repülési tulajdonságai - szempontjából. Ezért nagyon fontos az, hogy az áramlástani mérnökök egy új tervezési program legelső lépésétől kezdve folyamatosan közreműködjenek a fejlesztési munkákban.

Polgári vagy katonai repülőgép fejlesztése általában a piaci igények felméréséből vagy a megrendelőnek, például a Svéd Védelmi Felszerelési Hivatal<sup>1</sup>nak, a megbízásából indul ki. Természetesen egy ilyen munka számára a kiindulási alappok az előző repülőgépek fejlesztéséből származó tapasztalatok, az aerodinamikai kutatások és az általános kézikönyvben leírt módszerek lesznek. Ezen kívül még két módszer kínálkozik a további fontos aerodinamikai információk nyerésére. Az egyik a kísérleti módszer, amely szélcsatornában végzett méréseken alapul. A másik az elméleti módszer, amely a fizikai jelenségeket leíró matematikai összefüggések leírásán és nagyteljesítményű számítógépek felhasználásán azaz az úgynevezett CFD-módszeren alapszik (Computational Fluid Dynamics

1

Swedish Defence Material Administration

- Folyadékok dinamikájának numerikus módszerei<sup>2</sup>.

## 2. A szélcsatorna módszer

A repülőgépek fejlesztésének legrégebbi és leghagyományosabb módszere a gép első felszállása előtt a különböző típusú szélcsatorna-mérések végzése. Még ma is ez a legmegfelelőbb és leghatékonyabb eljárás a szükséges aerodinamikai jellemzők megismerésére. Maga a módszer azt a tényt használja ki, hogy a repülőgép és a környező levegőáram közti erők ugyanúgy lépnek fel, akár a gép, akár a levegő mozog. Ezt nevezik a relatív mozgásnak, ami jelen esetben számunkra fontos.

Különböző típusú szélcsatornák léteznek, de az közös bennük, hogy mindegyik rendelkezik egy részegységgel, amely segítségével jó minőségű levegőáramot lehet létrehozni. A levegőáram sebességét jól kell ismernünk, azaz pontosan kalibrálnak kell lennie, valamint a mérőterben a sebesség egyenletes eloszlását kell biztosítanunk. Léteznek úgynevezett lefúvó szélcsatornák is, amelyek nagynyomású tartályokkal, feltöltő rendszerrel és a mérőteret a szabad léggel vagy az elvezetőrendszerrel összekötő, gyors működésű szeleppel rendelkeznek. Ez csak rövid ideig (5 - 30 mp-ig) teszi lehetővé, hogy létrehozzuk a kívánt, állandó értékű nagy sebességet. Másfajta működésű szélcsatornáknál egy légcsavart biztosítja a visszatérő álagútban az egyenletes eloszlású és folyamatos megfűvást, hosszú időn keresztül. Ez a kialakítás a kisebb sebességű szélcsatornákra jellemző.<sup>3</sup>

2.

A magyar szakirodalomban az áramlástan ezen területe a numerikus aerodinamika néven szerepel. A numerikus aerodinamika az áramlástan peremérték-feladatainak számítógéppel történő numerikus megoldásával foglalkozó tudomány [1].

3.

A szélcsatornák kialakítási módjait részletesebben lásd a [3] irodalomban.

Egy adott terv aerodinamikai vizsgálatának elvégzéséhez egy, a valóságos repülőgépről készült s a kívánt mérési cél-  
 nak megfelelően kialakított, arányos modell szükséges. Ez a  
 modell nem lehet nagyobb a mérőtér által megengedettnél,  
 mert máskülönben az azt körüláramló levegő - a mérőtér falá-  
 val kialakuló interferenciája következtében - a valóságos  
 szabad áramlástól eltérően fog viselkedni. A modellt egy  
 speciális támasztórendszerre kell felhelyezni, amely bizto-  
 sítja, hogy a modell a levegőáramhoz képest elfordítható le-  
 gyen, mikor a különféle repülési helyzeteket szimuláljuk a  
 szélcsatornában. A támasztórendszer helyzete, alakja és mé-  
 rete szintén az adott szélcsatorna fontos jellemzői, terve-  
 zésüknél a fő cél az úgynevezett interferencia hatások mini-  
 malizálása.

Az levegőáram minden ilyen eltérése miatt a rögzítési  
 helyeknél nem a valóságos helyzetnek megfelelő jellemzőket  
 mérjük, ezért ott a mérési adatokat korrigálni kell.

### 3. A Reynolds-szám

Ahhoz, hogy a valóságos repülési helyzetet pontosan mo-  
 dellezzük a szélcsatornában biztosítani kell hogy, az áramló  
 levegőben fellépő tehetetlenségi és súrlódási erők közötti  
 arány azonos legyen a valós áramlásával. Ezt az erőarányt  
 fejezi ki a ( $Re$  -vel jelölt) Reynolds-szám.<sup>4</sup> Általában nagyon  
 4

Ez a hasonlósági szám Osborne Reynolds angol fizikusról kap-  
 ta a nevét. Számítása:

$$Re = \frac{c \cdot l}{\nu}$$

ahol:

- $c$  - az áramló közeg sebessége;
  - $l$  - az áramlásba helyezett test jellemző hossz dimenziójú  
 jellemző mérete;
  - $\nu$  - az áramló közeg kinematikai viszkozitási tényezője.
- A fenti egyenlet a súrlódási és a tehetetlenségi erők ará-  
 nyának felírásából, a dimenzióanalízis alkalmazásával, ve-  
 zethető le - lásd [3] irodalom.

nehéz a szélcsatorna vizsgálatokat a teljes Reynolds-szám tartományban elvégezni. Ez leginkább azt jelenti, hogy a mérések vagy a kicsi, vagy a nagyon kicsi  $Re$  értéknél lesznek pontosak és ezért korrekciókat kell alkalmazni a mért adatokon.

A Reynolds-szám növelése céljából vagy nagyobb modellt kell alkalmazni (ez nagyobb mérőteret is igényel), vagy növelni kell a levegőnyomást, esetleg csökkenteni a hőmérsékletet a szélcsatornában. Bármelyik módszert választjuk, mindegyik a mérések költségeinek növekedését eredményezi, mivel növeli a modellt, a szélcsatorna, az energia és a mérőberendezések költségét.

A számunkra fontos aerodinamikai jelenségek nem nagyon érzékenyek a Reynolds-szám értékekre. Ez azt jelenti, hogy a repülőgépek fejlesztésekor, nagyon gyakran gazdasági okok miatt, az inkább kicsi Reynolds-számú mérésekre kerül sor és egy-két kiválasztott esetre, mint ellenőrző pontokra használják a drágább, nagy  $Re$ -számú szélcsatornában.

#### 4. A mérés elvégzése

Milyen módon kaphatjuk meg az aerodinamikai jellemzőket a szélcsatorna mérések során? Nagyszámú, egymástól eltérő módszer létezik, attól függően, hogy mit akarunk mérni. Például mérhetünk statikus vagy dinamikus jellemzőt, teljes vagy helyi terhelést és nyomáseloszlást. Néha az áramlás láthatóvá tétele is értékes információkat nyújthat számunkra.

A vizsgálatok legelterjedtebb módja a teljes vagy helyi statikus terhelések aerodinamikai mérleggel történő mérése. Ez nagyon fontos a repülőgép felületén a különböző repülési helyzetekben ébredő aerodinamikai erők nagyságának és irányának megismeréséhez. Az aerodinamikai terhelések és lehetőségek ellenőrzése céljából végzett mérési sorozatok a re-

pülési sebesség, az állásszög, a fékszárny és kormányfelület helyzetek, valamint geometriai konfigurációk változatait tartalmazzák. Ezek a légerők a hajtóművek toldóerőivel együtt határozzák meg a repülőgép repülési és manőverező képességét.

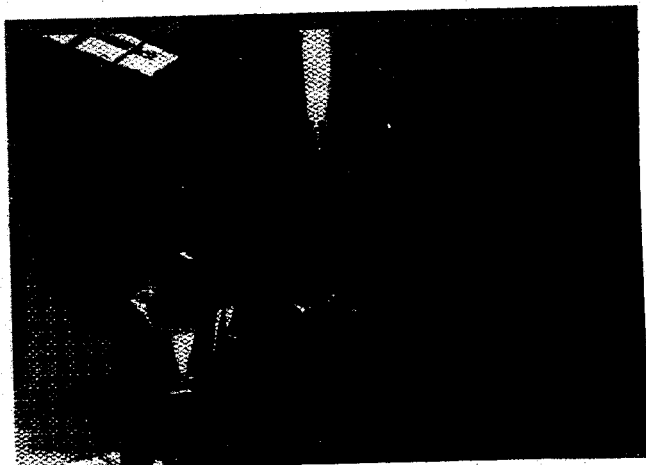
A modellt általában egy - valahol a modell belsejében elhelyezett - úgymévezett belső mérleggel látják el és a szélcsatorna adatrögzítő rendszerével a támasztórendszeren keresztül kötik össze. A háromdimenziós mérleg csillapító részén elhelyezett érzékelők az elektromos jelek változásával reagálnak a különféle légerőterhelésekre. A mérlegre jutó terhelési jeleket a mérések megkezdése előtt pontosan be kell kalibrálni.

A repülési helyzet és a levegő állapotának leírásához a mérlegről kapott összes jel, valamint a szélcsatornában mért egyéb adatok ismerete szükséges. Ilyen például a zavartalan áramlás sebessége, a csatornában uralkodó statikus nyomás, a repülőgép állásszöge. Ezeket az adatokat a kísérletek során rögzíteni kell. A modern szélcsatornák számítógéppel vezéreltek és nagyteljesítményű számítógépes rendszerekhez csatlakoztathatók, az adatok mintavételezése, tárolása és megjelenítése érdekében. Így a mérnökök a számukra fontos aerodinamikai jellemzőket már röviddel a mérés lefutása után tanulmányozhatják.

#### 5. Egy példa a modern szélcsatorna-vizsgálatra

A Saab 2000 repülőgép kissebességű repülési tartományban végzett aerodinamikai fejlesztéséhez szükséges szélcsatorna-mérések többségét a svájci Luzer-ben lévő F+W kissebességű szélcsatornában végeztük el. A modell 1:6 méretarányú volt, és egy merevítővel rögzítettük a mérőtér tetejéhez (1. ábra), mely keresztmetszetének mérete 7x5 m.

A modellt a teljes statikus terhelés mérése érdekében felszereltük egy 6-komponensű (3 erő és 3 nyomaték) beépített mérleggel, amelyet a testen belül a merevítőhöz rögzítettünk. A modell két forgó légcsavarának tengelyében egy-egy mérleget helyeztünk el a nyomaték és tolóerő méréséhez. Ezen kívül 9 mérleget helyeztünk el az oldalkormányokon és a fékszárnyakon, hogy ott a helyi erőket és csuklónyomatékokat mérjük. A fentiekén túl lehetőségünk volt még kb. 500 darab nyomásmérő szonda elhelyezésére a szárnyakon, a hajtómű gondolákon, a törzsen és a farokfelületen.



1. ábra

A munka során egy átlagos napon kb. 35 különböző mérést végeztünk. Minden mérésre az állásszög vagy a csúszásszög egy-egy változata volt jellemző. Ez azt jelentette, hogy a mérést végző munkacsoportnak naponta kb. 600 000 mért aerodinamikai adatot kellett feldolgoznia az értékelés során. Ezek közül 60 000 adat a mérlegektől érkezett. Nyilvánvaló, hogy a mérnököknek gyors és hatékony számítógépes adatfeldolgozó és grafikus megjelenítő rendszerre volt szükségük ahhoz, hogy - a mérési program módosítása érdekében - az informá-



ciőt időben tudják tanulmányozni.

## 6. A numerikus aerodinamika

Az utóbbi 20 évben rendkívüli módon javultak a repülőgépek áramlástani jellemzőinek számítási lehetőségei, és ma a CFD technika mindinkább fontos szerepet játszik a repülőgépek tervezésben. A lehetőségek kiszélesedésének fő oka a számítógépek memória méretének és processzorteljesítményének példanélküli gyors fejlődésében található. A numerikus matematikai módszerek is jelentős mértékben tökéletesedtek hatékonyságuk szempontjából.

Mi az oka ennek a hatalmas memória méret és processzorteljesítmény igénynek? Matematikailag az áramlás leírása egy nemlineáris, parciális differenciálegyenlet-rendszerrel lehetséges, melyet Navier-Stokes egyenletnek neveznek. Az öt differenciál egyenletnek fizikai jelentése a tömeg, az impulzus és az energia megmaradása az áramlási térben. Ezen egyenletrendszer megoldása egy valóságos repülőgép geometriára és egy speciális repülési esetre (ami fontos lehet a mérnöki munka számára) egy nagyteljesítményű számítógépet és pár órát igényel.

Az egyenletrendszer numerikus megoldásához az áramlási teret nagyszámú, kicsi méretű cellából álló hálózatban diszkrétizálják.<sup>5</sup> Az öt egyenletet minden egyes cellára meg kell oldani, ezért szükségeszerű ismerni a nyomás, a sebesség, a hőmérséklet stb. értékeit az aktuális és a szomszédos cellákban. A végeredmény megfelelő pontosságához rendkívül fontos, hogy a cellaméret a repülőgép modellhez képest kelősen kicsinyek legyenek. Így általában több százezer, néha

5

---

A hálózati felosztás célja az, hogy az áramlást leíró (1) - (5) differenciálegyenletek differenciaegyenleté váló átalakítás után a hálózat adta  $\Delta x$ ;  $\Delta y$  és  $\Delta z$  lépésekkel minden kijelölt pontra megoldjuk.

több millió cellával kell számolnunk. Ezért a számítóprogramnak több millió ismeretlen változóval kell dolgoznia.

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u)}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \rho u^2 + p - \mu \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \rho u v - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \rho u w - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho v)}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \rho v u - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \rho v^2 + p - \mu \left( 2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \rho v w - \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho w)}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \rho w u - \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \rho w v - \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \rho w^2 + p - \mu \left( 2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) \right] = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial e}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ (e+p)u - \mu \left( 2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) u - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) v - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) w - k \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (e+p)v - \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) u - \mu \left( 2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) v - \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) w - k \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left[ (e+p)w - \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) u - \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) v - \mu \left( 2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \nabla \bar{v} \right) w - k \frac{\partial T}{\partial z} \right] = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Navier-Stokes egyenletek

**Az egyenletekben használt jelölések:**

- $\rho$  - a közeg sűrűsége;
- $\tau$  - idő;
- $\vec{u}$  - x irányú sebesség;
- $\vec{v}$  - y irányú sebesség;
- $\vec{w}$  - z irányú sebesség;
- $p$  - statikus nyomás;
- $\vec{V}$  - áramlási sebesség vektor;
- $\nabla$  - Hamilton-féle (nabla) operátor;
- $\mu$  - a közeg dinamikai viszkozitási tényezője;
- $e$  - egységnyi térfogatú közeg helyzeti energiája;
- $*$  - a közeg adiabatikus kitevője;
- $T$  - a közeg hőmérséklete.

**Az egyenletekkel kapcsolatos megjegyzések:**

Az (1) egyenlet - a nálunk használt terminológia szerint - a folytonossági törvény differenciál alakjával egyezik meg, figyelembe véve a

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = \text{div}(\rho \vec{c})$$

egyenlőséget.

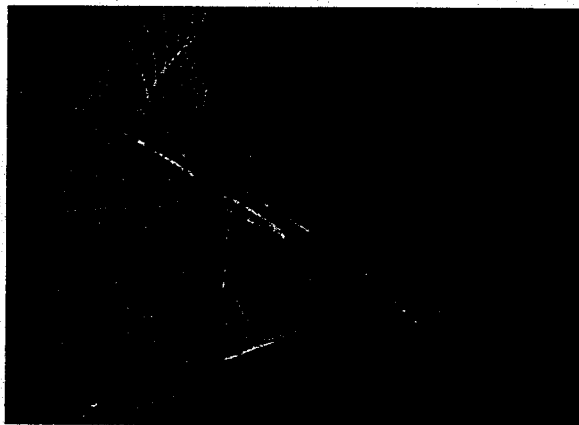
A (2) ; (3) ; (4) egyenletek az egységnyi térfogatú sűrűdésos közeg áramlására, az x ; y és z tengelyek irányában felírt impulzustételnek felelnek meg. Azok a tagok, melyekben a  $\mu$  dinamikus viszkozitási tényező szerepel, a közeg sűrűdása következtében fellépő erőket fejezik ki - lásd [2] irodalom.

Az (5) egyenlet felel meg a terminológiánk szerinti Navier-Stokes egyenletnek. Fontos azonban megjegyezni, hogy itt a törvényszerűség nem vektorosan van felírva, így kapunk az alakilag eltérő kifejezést. Az eltérés másik oka az, hogy a [3] irodalomban szereplő Navier-Stokes egyenlet csak a sűrűdésos, de (!) összenyomhatatlan közeg áramlására lett felírva. (Lásd még [4] irodalmat.)

A komplex repülőgépegometria számára alkalmas hálózat létrehozása nagyon bonyolult numerikus munka. Ma már léteznek speciálisan ilyen célra kifejlesztett programok.

Mivel a matematikai kapcsolat nem lineáris, minden célra egy nagy méretű egyenletrendszerrel kapunk, melyet nem

lehet megoldani egyszerű mátrixinverzióval. Az egyetlen lehetséges megoldás az iteráció.<sup>6</sup> Ezt az eljárást minden ismeretlen változó becsült értékével kell indítani. Minden alkalommal, ha számítást a teljes hálózaton elvégezzük, egymás után, egyre pontosabb megoldásokat kapunk. Ezt az iterációt addig kell futtatni, míg az eredmények nem változnak tovább.<sup>7</sup> Általában a már elfogadható eredmény eléréséig több ezer iterációt kell elvégezni.



2. ábra

A Saab cégnél a repülőgépek gyakorlati aerodinamikai fejlesztése során az N/S programot csak a teljes repülőgép-

---

Az iteráció egy olyan matematikai eljárás, mellyel bizonyos - úgynevezett implicit - egyenletek megoldásához juthatunk. Lényege, hogy kiindulva valamely, a megoldáshoz "viszonylag közeli" értékből, ugyanazon eljárás többszöri alkalmazásával - jelen esetben az (1) - (5) egyenleteknek az áramlási térben történő megoldásával - egyre pontosabb eredményt kapunk (ehhez több feltételnek is teljesülnie kell).

---

Az iterációt a mérnöki gyakorlatban addig ismétljük, míg az utolsó eljárás kiinduló adata és eredménye közti különbség egy általunk választott érték alá nem csökken.

geometriát tartalmazó részproblémák megoldásához használjuk. Gyakran végzünk kétdimenziós vizsgálatokat, például egy kitérített fékszárnyai ellátott szárnymetszet esetén. Ilyen esetekben nagyon érdekes megvizsgálni a szárny felületére simuló áramlást a profil hátsó részén található fékszárnyrésnél, a rés méretének meghatározása vagy ellenőrzése érdekében.

### 7. Gyakorlati közelítések

A repülőgép felületén az áramlási sebesség zérussal egyenlő, és a felülettől távolodva egy vékony rétegen keresztül növekszik, melyben a súrlódás hatása dominál. Ezt a réteget nevezzük határrétegnek. Az aerodinamikai esetek többségében ez a súrlódásos határréteg a repülőgép teljes felületén meglehetősen vékony. Ez számos, az ítesés elérése előtti általános repülési helyzetre helyes megállapítás. A repülőgép aerodinamikai jellemzői ekkor főleg a határrétegen kívüli áramlástól függenek és így azokat jó pontossággal számíthatjuk a Navier-Stokes egyenlet egy olyan egyszerűsített alakjával, ahol a súrlódásos tagokat elhanyagoljuk. Ez az Euler-egyenlet.<sup>8</sup>

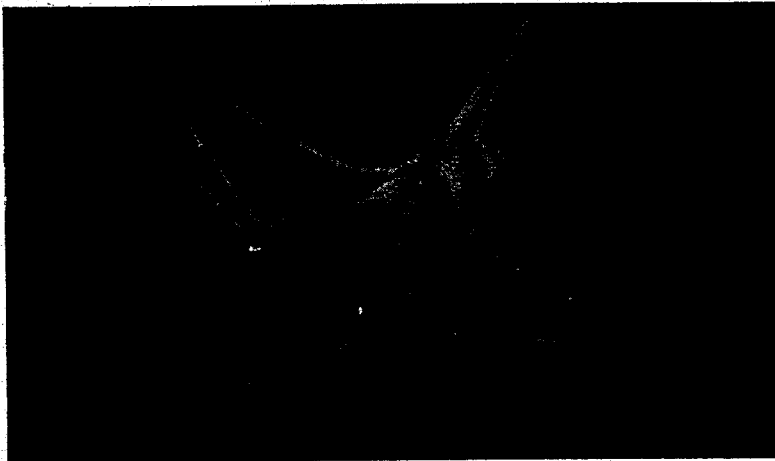
A fenti egyszerűsítés vagy közelítés teszi lehetővé a viszonylag összetett geometriák esetén is a repülési esetek gyakorlati számításainak megfelelő pontosságú elvégzését. Az Euler-egyenlet példáját a 3. ábrán láthatjuk kb. 300000 cellával.

További közelítéseket olyan területeken lehet alkalmazni az áramlási térben, ahol a helyi sebesség nem lépi túl az  $1,3 \sim 1,4$ -szeres hangsebességet és ahol az áramlást erős ör-

---

<sup>8</sup> Az áramlástanban járatosak között az köztudott, hogy az Euler-egyenlet a Navier-Stokes egyenlet "súrlódásmentes párja". Jelen esetben az (2) - (5) egyenletek mindegyikét a  $\mu=0$  egyenlőség figyelembevételével kell módosítanunk.

vények nem fékezik. Ebben az esetben az egyenleteket lehet egyszerűsíteni egy nemlineáris parciális differenciál egyenletre, amit potenciál egyenletnek hívnak. Ezen egyszerű egyenlet megoldása kisebb számítógép időt igényel, mint a bonyolultabb Euler vagy Navier-Stokes egyenletek. Ez egyszerűbb és olcsóbb számítási módot jelent.



3. ábra

Nagy különbséget jelent a számítási módszerben, hogy az egyenlet lineáris, vagy nemlineáris. Több fontos repülési eset tanulmányozása magában foglalja a törzs és a szárny körüli kis sebességű jelenségeket, mint például a Saab 340 és 2000 repülőgépek esetén. Általában a nemlineáris tagok nagyon kicsinyek és így jó pontossággal alkalmazhatjuk a lineáris potenciál módszert. A 4. ábra egy magasabb szintű, háromdimenziós panelhálózatot illusztrál, amit PHOBOS-nak neveznek és a Saab cégnél fejlesztettünk ki.

Ennek a lineáris potenciál módszernek az alkalmazása esetén nem szükséges a cellák hálózatát a repülőgép körüli

teljes térben felállítani, hanem elegendő a modell szilárd felületén létrehozni, vagyis a felületeket úgynevezett panelekre felosztani.



4. ábra

A Saab 2000 gép ilyen számítását kb. 5000 panel alkalmazásával végeztük el, amely számítás a teljes geometria megfelelően pontos megjelenítését biztosítja. Minden panelhez két tulajdonságot kapcsolunk, a források és a dipólus erősségét. Ezen szingularitások<sup>9</sup> összegeinek eredményként kapjuk meg a teljes potenciált, melyből az áramlási tér minden pontjában meg lehet határozni a sebességet és a nyomástényezőt. A szingularitási panelek hosszait közvetlenül kapjuk meg minden, a szilárd falat ábrázoló panelre, a zéró me-

9

A tér azon pontjait, ahol az áramlást leíró egyenlet fizikailag nem értelmezhető, szinguláris pontnak nevezzük. Ilyen például az - általunk is használt potenciális örvény középpontja. Az elméleti aerodinamika azon módszerét, ahol a test körüli áramlást ilyen szingularitások (örvényvonalak, források és nyelők) segítségével modellezzük, a szingularitások módszerének nevezzük. Részletesebben lásd még a [4] irodalomban.

rölegetes áramlási sebesség feltételéből. Ez a szingularitások erősségében nagyméretű lineáris egyenletrendszert eredményez, melyet hatásosan egy blokk-iterációs módszerrel oldhatunk meg.

## B. A CFD és a szélcsatorna-mérések együttes alkalmazása

A numerikus aerodinamikában minden bizonnyal folytatódni fog az utóbbi évtizedben tapasztalt példa nélküli fejlődés. A számítógépek nagyobb teljesítményűek, gyorsabbak, olcsóbbak lesznek és nagyobb memóriával fognak rendelkezni. Ma az egyik nyilvánvalónak látszó tendencia a CFD-módszer párhuzamos alkalmazásának eltolódása egy, a munkaállomások csoportjától a nagyszámban párhuzamosan működő gépek felé. Ezzel egy időben a numerikus matematikai módszereket tovább fogják fejleszteni a jobb turbulenciamodellezés és a gyorsabb konvergencia elérése érdekében.

A mérnökök a CFD-t az utóbbi években kezdték alkalmazni a repülőgépek fejlesztésének általános aerodinamikai munkáihoz. Ennek, mint eszköznek egy lánc tagjaként más eljárásokkal kell együttműködnie a CAD rendszeren belül, a felület meghatározása, modellezése, a számítási hálózat kiválasztása és végül az effektív utószámítások elvégzése érdekében. A mérnöki munka miatt nagy jelentőségű, hogy ezeket a különféle rendszereket használható interface-ekkel látják el, melyek segítségével könnyen és gyorsan lehet mozgatni a rendszerek között az információkat.

Amikor a mérnökök munkájuk során a CFD eredményeket elemzik, a következő lépés valószínűleg a repülőgép geometriájának megváltoztatása lesz. Ez azt jelenti, hogy néhány órán belül módosítani lehet a repülőgép geometriáját és ezzel együtt a számítási cellák hálózatát a következő számítás megkezdése előtt.



A szélcsatorna mérés volt és bizonyára még néhány évig az a módszer lesz, mellyel nagymennyiségű aerodinamikai adatot lehet nyerni. A CFD-technika nyújtotta lehetőségek a geometriára vonatkozó elképzelések és megfelelő javaslatok kidolgozásához lehet majd felhasználni. A költséges szélcsatorna modellek a már majdnem kész konfigurációkra fogunk lecsúszni, csupán néhány geometriai variációt beleértve.

#### A fordító irodalmi hivatkozásaik

- 1 - Mészáros Gy. és Arankó István, BME Közlekedésmérnöki Kar egyetemi jegyzet, Tankönyvtársad, Budapest, 1991
- 2 - Dr. Pokorádi László, Aerodinamika I. Az ideális közeg általános aerodinamikája, főiskolai jegyzet, MH. SzRF, Szolnok, 1992.
- 3 - Dr. Pokorádi László, Aerodinamika II. A súrlódásos és az összenyomható közegek aerodinamikája, főiskolai jegyzet, MH. SzRF, Szolnok, 1993.
- 4 - Repülési Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991.

## A REPÜLŐGÉP HAJTÓMŰ-JELLEMZŐK VÁLTOZÁSI TENDENCIÁI

Az АВИАСТРОЕНИЕ 1990. 4. számában  
megjelent cikk fordítása

Fordító: Körmendi Géza mk. alezredes

Az első gázturbinás sugárhajtóművek az 1930-as években jelentek meg. A repülésben való széles körű elterjedésük a nagy repülési sebesség és távolság elérésének biztosítása miatt történt meg.

Az 1960-as években jelentek meg a kétáramú gázturbinás sugárhajtóművek, majd a '70-es években a nagy kétáramúsági fokú gázturbinás sugárhajtóművek, amelyek a nagy hasznos terhelésű szállító repülőgépek egész nemzedékét kiszolgálták (JT9D, RB-211, CFS-6, CFS-30).

A SNECMA cég a közepes méretű hajtóműveknél is új technológiát alkalmazott (pl. a CFM56-2 típusú hajtómű, amelynek tolóereje 100 kN).

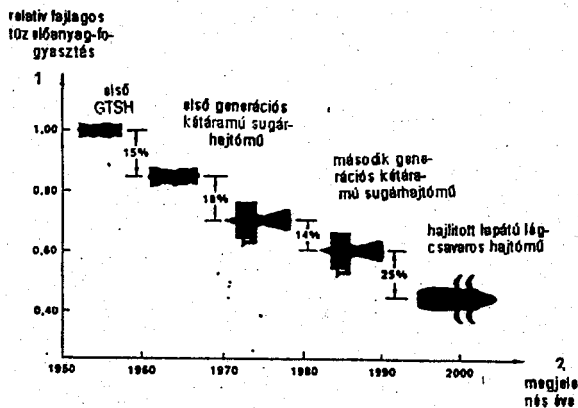
Az 1980-as években nem értek el jelentős eredményeket a hangsebesség alatti hajtóművek tervezésének, gyártásának területén. Ugyanakkor ebben az időszakban értek el haladást a modul rendszerű építésben, valamint a hajtóműben való energiafelhasználás paramétereinek optimalizálásában.

A tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésének szándéka a technológiai fejlődés mozgató rugója a hangsebesség alatti szállító-repülőgépek hajtóműveinek fejlesztésében.

A tényleges tüzelőanyag-költség a közvetlen üzemeltetési ráfordítások 15-25 %-át teszi ki a repülőgép típusá-

tól, a repülési feladattól és a tüzelőanyag árától függően.

Az 1. ábrán látható a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás változásának tendenciája az évek függvényében.



1. ábra

Az 1. ábrán látható, hogy a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás csökken és jelentős és az ezredfordulóra várható a változtatható körfolyamátú ventilátoros hajtómű megjelenése, amelynek fajlagos fogyasztása 72 %-

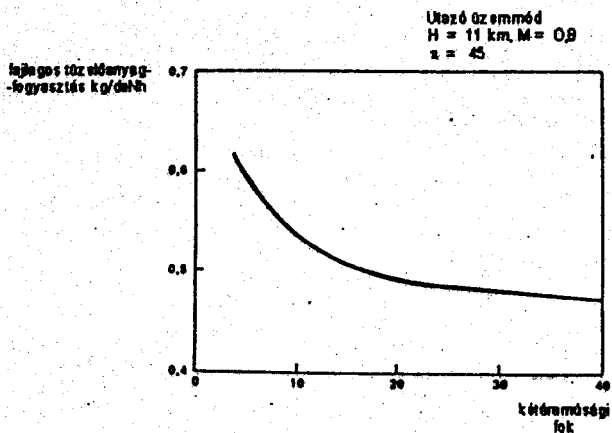
-kal kevesebb, mint az első gázturbinás sugárhajtóműé volt.

A CFM56 (CFM56-SA) típusú hajtómű utolsó változatának fajlagos fogyasztása 14 %-kal kevesebb, mint a közel azonos felépítésű 1979-ben megjelent első változaté volt.

Szakértők úgy vélik, hogy a közeljövőben széles körben alkalmazásra kerülő burkolat nélküli ventilátoros gázturbinás hajtóművek fajlagos tüzelőanyag fogyasztása mintegy 25 %-kal lehet kevesebb a jelenleg használatos hajtóművek fogyasztásához képest.

Az első kétáramú hajtóművek kétáramúsági foka 1 körül mozgott, míg az 1970-es években használatba vett hajtóműveknél ez elérte az 5 értéket. Ezzel együtt csökkent a tüzelőanyag-fogyasztás és csökkent a zajszint.

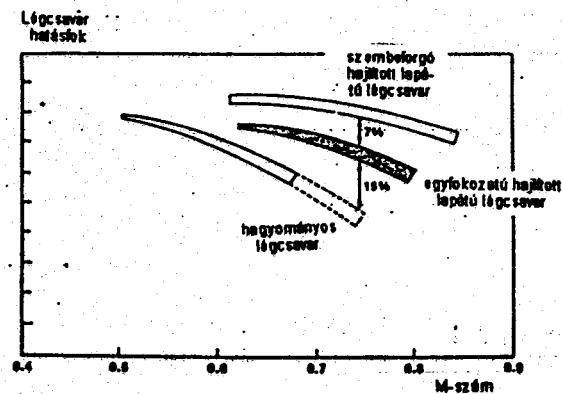
A 2. ábrán a kétáramúsági fok fajlagos tüzelőanyag-fogyasztásra kifejtett hatása látható.



2. ábra

A hajtómű tolsóerejének növelésekor nő a beömlőcsatorna, a ventilátor és a tolsóerő irányváltó rendszer átmérője és ennek megfelelően növekszik a hajtómű gondola külső felülete, ami a sűrűlési ellenállás növekedését okozza.

A 2. ábrából leolvasható, hogy a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás 18 %-os csökkentéséhez a kétáramúsági fok 35-40-re kell növelni. Ugyanakkor ezt a nyereséget teljesen felemésztheti a gondola ellenállásának növekedése. Így egyetlen járható



3. ábra

útnak a ventilátor burkolat elhagyása mutatkozik, ami a burkolat nélküli ventilátoros hajtómű alkalmazását eredményezi.

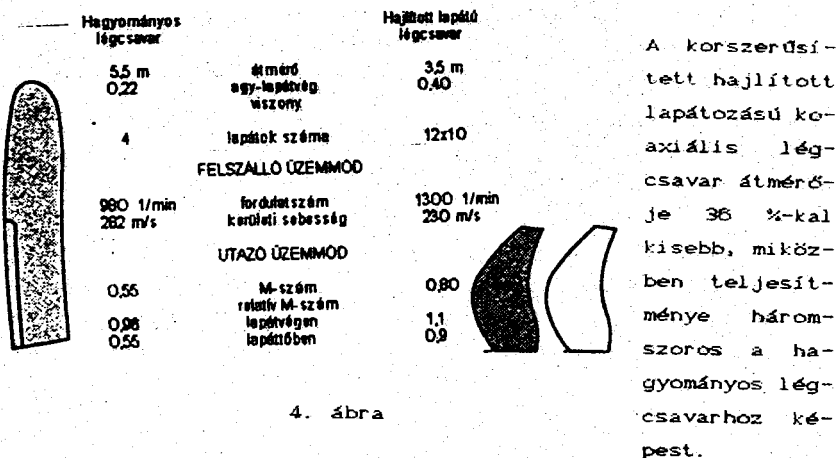
A 3. ábrán a légsavár (ventilátor) hatásfokának változása látható a repülési M-szám függvényében.

A hagyományos légsavár Hatásfoka  $M > 0,55$  esetén rohamosan csökken. Ez is indokolja, hogy a hagyományos légsavart nehéz és közepes repülőgépeken nem alkalmazzák.

Már kidolgozták a lapátok új változatait, amelyek görbítettek és sarlóalakúak. Az új lapátokból a már megszokott 4 helyett 8-12 darabot építenek be egy agyba. Az ilyen nem is légsavarak nem is ventilátorok - nevezzük hajlított lapátú légsavarnak - lehetővé teszik még magas hatásfok mellett a repülést  $M = 0,75$  Mach-számon is.

A légsavár használatakor a lapátok után örvénylési veszteségek lépnek fel. Ha a légsavár két ellentétesen forgó lapátsorból áll, úgy a légsavár után a levegő forgása megszűnik, ami a légsavár hatásfok 27 %-os emelkedését eredményezi. Ez a megoldás lehetővé teszi az  $M = 0,85$  M-számon való repülést is.

A 4. ábrán két légsavár generáció lapátjai láthatók. Mindkét légsavár 100 kN vonóerőt (tolóerőt) hoz létre.



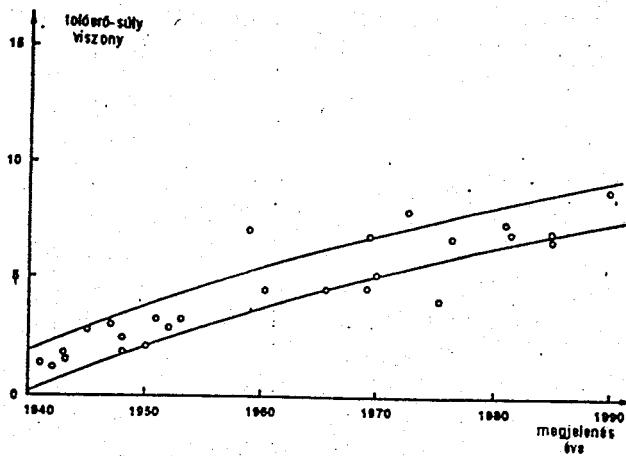
4. ábra

A már meglévő hajlított lapátos légcsavarral ellátott hajtóművek (TYNE; T56) reduktorait legfeljebb 4500 kW teljesítmény átvitelére tervezték. A reduktor cseréjéig tervezett Üzemidő 5000 óra. Az ilyen típusú hajtóművek műszaki kiszolgálási költségének nagy részét a reduktor emészti fel. Ezzel együtt szükség van nagyméretű olajtartályra és olajhűtőre is. A reduktor elhagyása esetén egy alternatív megoldás lehet a légcsavar és turbina tengely közvetlen összekapcsolása. Mivel két légcsavar van, ennek megfelelően két ellentétes forgásirányú turbinára van szükség. Az ellentétes irányban viszonylag kis kerületi sebességgel forgó turbinák alkalmazásakor lehetőség van arra, hogy a második turbina forgórészét közvetlenül az első turbina forgórésze mögött helyezik el. Az egymásután elhelyezett ellentétes irányban forgó turbinák közé nem szükséges álló-terelő lapátkoszorú beépítése, ami igen nagy előnyt jelent. Így a tervezők olyan elhatározásra jutottak, amely szerint két ellentétes irányban forgó turbinát alkalmaznak a forgórészek közötti álló-terelő lapátkoszorú elhagyásával. A légcsavar lapátsorok külön koaxiális tengelyeken helyezkednek el a lapátállító mechanizmussal együtt.

A General Electric és a SNECMA vállalatok jelentős kutatást végeztek és sok modellkísérletet, valós méretű hajtómű vizsgálatot hajtottak végre, amelyek alátámasztották a fent leírt koncepció hasznosságát, valamint az elképzelések műszaki megvalósíthatóságát. 130 repülési vizsgálatot hajtottak végre Boeing 727 és MD80 típusú repülőgéppel. A vizsgálatok eredményei megerősítették, hogy a hajtómű megfelel a FAR36 (3.pont) légügyi előírásban foglalt repülőter környéki zajszint követelményeknek. Ugyancsak a vizsgálatok támasztották alá, hogy a repülőgép belső terében a zajszint nem magasabb a legkorszerűbb repülőgépekben mérhető értéknél.

Így minden feltétel adott ahhoz, hogy megkezdjék a hajlított lapátú légcsavarral felszerelt hajtóművek gyártását.

A katonai repülőgépek alapvető repüléstechnikai jellemzői az aerodinamikai (minőség) jóság és a tolóerő-súly viszony. Az 5. ábrán a tolóerő-súly viszony folyamatos növekedése látható a katonai repülőgép hajtóművek fejlődésének függvényében.



5. ábra

dése látható a katonai repülőgép hajtóművek fejlődésének függvényében.

A Whittle W2 B, az ATAR 9K50 és az MSB típusú hajtóművek megközelítően azonos, kb. 75 kN tolóerővel rendelkeznek.

Ugyanakkor az MSB hajtómű tömege mindössze fele az ATAR 9K50 hajtómű tömegének, amelynek fajlagos tolóereje háromszor több, mint a W2 típusú hajtóműé. Az utóbbi 20 évben létrehozott katonai célú hajtóművek gyártása során felhasználták az anyagtechnológia legújabb eredményeit, ugyanakkor a hajtóművek külső alakja és általános jellemzői alig változtak a polgári repülőgép hajtóművekhez képest.

Ez azzal magyarázható, hogy a katonai célra készült hajtóművek más jellemzői kaptak prioritást, többek között a hajtómű vezérelhetősége, a beszerzés és üzemeltetés költsége, az üzemeltarthatóság, tüzelőanyag-fogyasztás, valamint az infravörös és rádiólokációs reideríthetőség.

Az új hajtóművek kidolgozásakor alapvető követelmény a kompresszor aerodinamikai jellemzőinek optimalizálása. A

hajtómű hatásfokának és stabil működésének javítása, valamint az egyes fokozatok leterhelésének növelése lehetővé teszi kisebb méretű és súlyú hajtóművek létrehozását. Ezzel együtt csökkentik a tüzelőanyag-fogyasztást, javítják a hajtómű vezérelhetőségi jellemzőit is. A kompresszor-fokozatok leterhelésének növelését és az átmérő csökkentését a levegő áram elfordítás és a megengedett M-számok növelése teszi lehetővé.

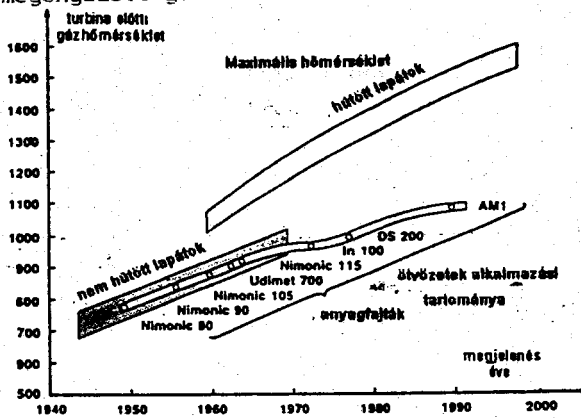
A hajtómű többi elemével összehasonlítva a főégőtér konstrukciójában volt a legnagyobb változás a hajtómű fejlesztés során. A Whittle sorozat első hajtóműve egyetlen nagy égőtérrel volt felszerelve, amely egy gyűrűhöz kapcsolódott, amelyen keresztül spirális pályán történt a gázbevezetés a turbinába. A Whittle sorozat W1 változatán több csőves égőtér volt elhelyezve. A W2 változaton az égőtérben levegő árammal szembeni tüzelőanyag beporkasztást alkalmaztak. Ezzel egyidőben a gyűrűs égőtér kifejlesztői is jelentős előrehaladást értek el az égőtér súlyának és méreteinek csökkentésében, valamint a kerületmenti hőmérséklet eloszlás egyenletesebbé tételében. A gyűrűs égőtérrel először az ATAR hajtómű első változatán alkalmazták 1948-ban. Az utóbbi 20 évben a kompresszor utáni nyomás növelésével és a porlasztás minőségének javításával jelentősen sikerült az égőtér méreteit csökkenteni. Az M53 típusú hajtómű égőtérének hossz-átmérő viszonya az ATAR-hoz képest 30 %-kal kevesebb, ami az M-88 típusú hajtóműnél tovább csökkent.

Az utóbbi 50 évben a katonai repülőgépeken a turbina előtti gáz hőmérséklet emelkedése kezdetben jelentéktelen volt és ezt a kis emelkedést az új hőálló ötvözetek alkalmazása eredményezte. Ezt követően jelentősebb növekedés (15 °C évente) volt tapasztalható a turbinalapátok hűtőrendszere korszerűsödésének köszönhetően.

A 8. ábrán a katonai célú hajtóművek gázturbina előtti

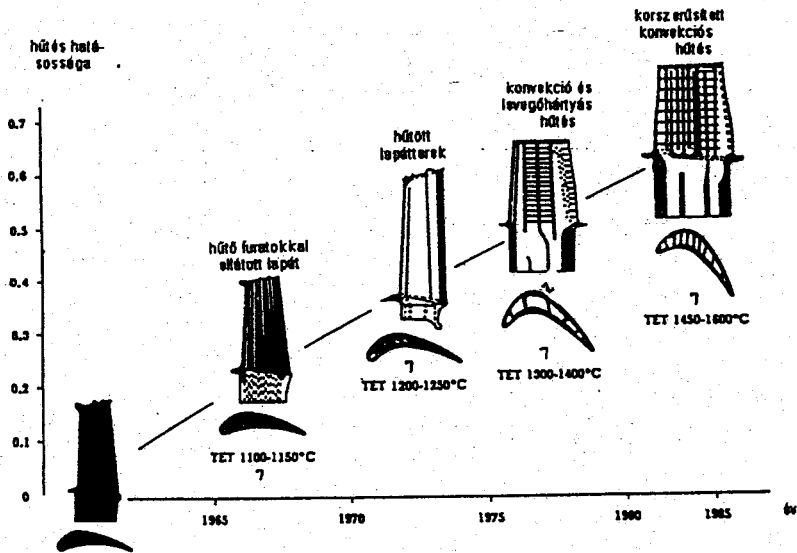


megengedett gázhőmérsékletének folyamatos emelkedése látható.



6. ábra

A turbinalapátokat a kompresszor utolsó fokozata után vagy valamelyik utolsó fokozattól elvezetett levegővel hűtik. A 7. ábrán a különböző lapáthűtési módok láthatók hatásossági sorrendben.



7. ábra

A korszerű lapáthűtések közé tartozik a hideglevegő kényszerkonvekciója a lapát belső üregeiben, valamint a lapát külső védelme levegő hártva kialakításával. A hártvát a

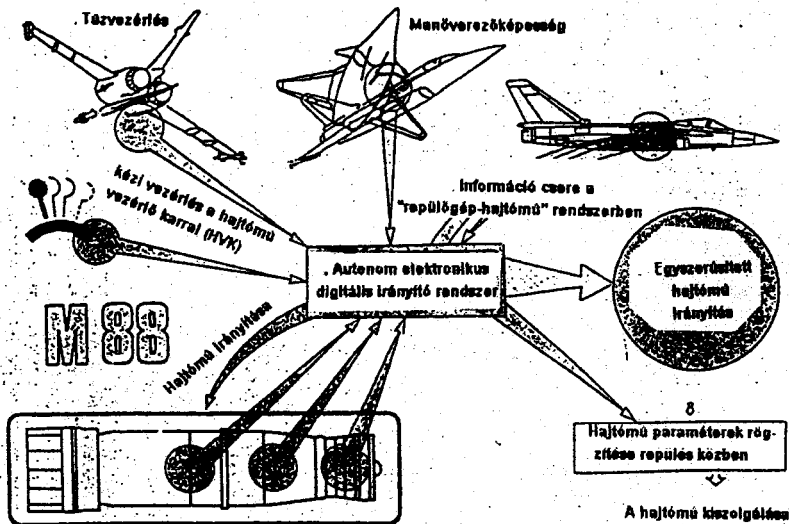
lapát belső teréből megfelelő alakú és megfelelően elhelyezett nyílásokon kiáramló levegő hozza létre. Kezdetben 20 éven keresztül a lapátok nikkel alapú Nimonic és Udinet ötvözetekből vákum alatti precíziós öntéssel készültek. Az irányított kristályosítás, valamint az egykristály öntés elterjedése és az AM-1 jelű különleges ötvözet alkalmazása eredményeként jelentős előrelépés történt a lapátok gyártási technológiájában. Az említett eljárások tették lehetővé, hogy az M88 típusú hajtómű turbinája előtti gázhőmérséklet elérte az  $1850^{\circ}\text{K}$ -t. Ennek megfelelően az égőtér kilépő keresztmetszetében a közepes gázhőmérséklet elérheti a  $2000\text{ K}$ -t, a maximális hőmérséklet  $2300\text{ K}$ -hoz közelít.

A hajtómű maximális sűrítési viszonya a kompresszor utolsó fokozatait és a turbinatárcsát felépítő anyagok szilárdsági jellemzőitől függ. Korszerű hajtóműveknél széles körben alkalmazzák a nikkel alapú Inco 718 és a Waspaloy anyagokat, amelyekből hagyományos kovácsolással készítenek alkatrészeket. Az ezen területen való továbblépés útja a porkohászati eljárások alkalmazása.

A SNECMA vállalat kiválasztotta az N18 jelű részecskét amelynek segítségével a specialisták véleménye szerint olyan alkatrészek hozhatók létre, amelyek leginkább teljesítik a kopásállóság és a repedések terjedésével szembeni érzékenység közötti optimális kompromisszumot. Az utóbbi időben mind szélesebb körben alkalmazzák hajtóműelemek építésében a kompozitokat. A szerves-üvegszál kompozitokat és a kevlárt már alkalmazzák mérsékelt terhelésnek kitett alkatrészek (például mellső tomító fal és a külső áram levegőcsatornája anyagaként a LARZAC hajtóműnél) anyagaként. Az M88 hajtómű utánégőtér terét és a GSF elemeit is kompozitokból szándékoznak készíteni.

A hajtómű szabályozó rendszer alapvető feladata a hajtómű normál működésének biztosítása a repülőgépvezető paran-

csainak megfelelően. A 8. ábrán az irányító rendszer működésétől függő repülési művelet sémája látható.



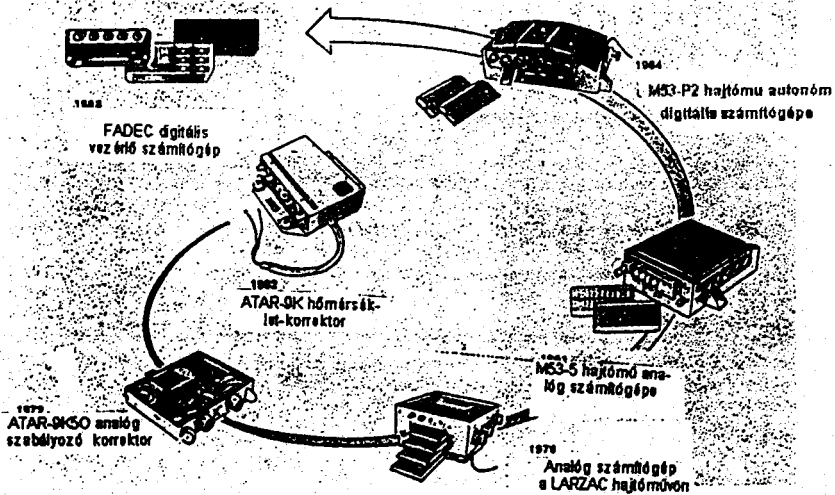
8. ábra

A HVK beállításának és a hajtómű működési körülményeinek függvényében az irányító blokk utasításokat dolgoz ki a tüzelőanyag-fogyasztásra és egyéb változókra a szükséges töltőerő létrehozása céljából. Ezzel együtt megakadályozza, hogy a hajtómű paraméterei elérjék a veszélyes értékeket (pl. kerületi sebesség, termikus jellemzők). A korszerű repülőgép pilótája vezérelheti a hajtóművet anélkül, hogy figyelembe kellene vennie bármilyen korlátozást a teljes repülési üzemmód tartományon belül, függetlenül a repülőgép térbeli helyzetétől vagy a harctevékenysében való részvétel mértékétől.

Az ATAR típusú hajtóművek első sorozataiban az irányító blokk hidromechanikus rendszerű volt. Az 1980-as években az ATAR-9K hajtóműveken megjelentek az első elektronikus ele-

mek, az analóg hőmérséklet korrektorok.

A 9. ábrán látható a hajtómű irányító rendszer elektronikus elemeinek fejlődése.



9. ábra

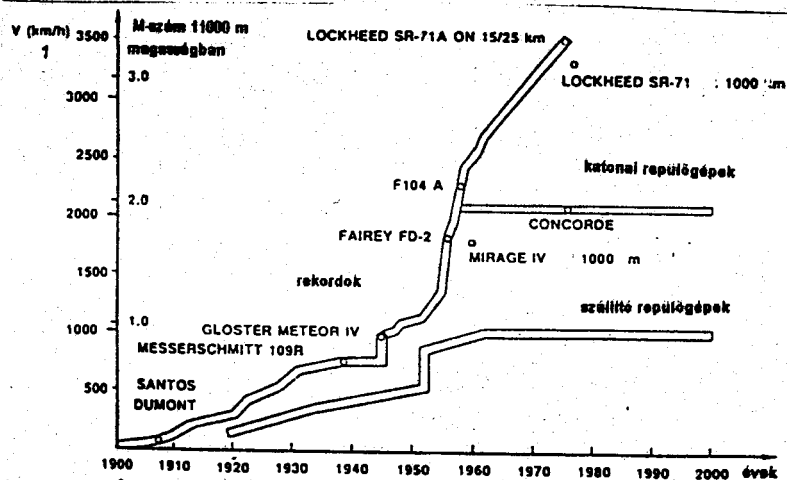
Jelentős előrelépést jelentett a hajtómű irányító rendszerének fejlődésében valamennyi számítási funkció elektronikus eszközökkel való megvalósítása (1981). Így a Mirage 2000 repülőgép MS3-S típusú hajtóművét szerelték fel autonóm analóg irányító blokkal. 1984-ben az MS3-P2 hajtóműnél kezdtek alkalmazni a digitális irányító rendszert. Az M88 típusjelű perspektivikus hajtóművet olyan autonóm digitális irányító blokkal szándékozzák ellátni, amely korlátozások nélkül képes valamennyi irányító funkció ellátására még a rendszer egyes elemeinek meghibásodásakor is.

A repüléstörténet első harminc évében repülési sebességrekordokat a sportrepülő versenyeken érték el, amelyek a repülőgépgyártók presztizsének növelését is célozták. 1939-ben a sebességi rekord 776 km/ó volt, amelyet a Messerschmitt 209-IV típusú repülőgéppel értek el. 1945-ben a Gloster Meteor repülőgép tartotta a sebességi rekordot 976 km/ó-val. Ettől kezdve már a sebességi rekordokat nem széria gépekkel érték el, a sebességnövelés a katonai repülőgépek privilégiuma lett. 1968-ban az F-104A repülőgép átlépte az M=2 határt. Hosszú időn keresztül a katonai repülőgépek sebessége nem haladta meg az M=2 értéket. Csak 1976-ban született új sebességi rekord, amelyet az SR-71 felderítő repülőgép ért el. Az SR-71-t M=3 sebességre tervezték.

1952-ben a légcsavaros szállító repülőgépek maximális sebessége 500 km/ó volt, amelyet az első, gázturbinás sugárhajtóművel felszerelt utasszállító repülőgép, a COMET szárnyalt túl 800 km/ó sebességével. A gázturbinás sugárhajtómű nagy repülési távolságú repülőgépen való alkalmazásának köszönhetően ezen repülőgépek utazó sebessége M=0,8-0,9-re növekedett. Ez alól csak a francia-angol Concorde kivétel, amelynek sebessége M=2. A Concorde Olympus 593 típusú hajtóművekkel van felszerelve, amelyeknek gázkivezető rendszerét a Rolls-Royce és a SNECMA cégek együtt fejlesztették ki. Az Olympus 593 hajtómű fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása a többi, hasonló jellemzőkkel bíró hajtóműhöz képest a legkevesebb. Több mint 25 év óta a Concorde és az SR-71 repülőgépeket kivéve a szériában gyártott repülőgépek sebessége jelentősen nem növekedett. A 10. ábrán látható a sebességnövekedés tendenciája a repülés történetének folyamán.

A Concorde elkészülte után kezdett kialakulni a második generációs repülőgépek létrehozásának tudományos alapja. A termodinamika viszonylag stabil és egyszerű tudomány, amely összefüggést állít fel a különböző típusú hajtóművek fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása és a repülési üzemmódok között.

A nagysebességű repülés nagy tüzelőanyag-fogyasztással jár együtt. Mindaddig igen fontos és megoldatlan probléma a



10. ábra

hangrobbanás, amely megakadályozza a nagy méretű, hangsebesség feletti repülőgépek lakott terület feletti repülését. Várhatóan a jövőben kis méretű hangsebesség feletti szállító repülőgépek kerülnek rendszeresítésre

Jelenleg a légiforgalmi repülőgépek nagy távolságú repüléskor mintegy 12-15 órát töltenek a levegőben, amelyet szándékoznak jelentősen csökkenteni.

A hiperszónikus utasszállító repülőgépek 200-300 utast szállítanának ötöd annyi idő alatt, mint a jelenlegi repülőgépek,  $M=5$  sebességgel 9000 m magasságon (? ford.). Jelenleg meg kell alapozni az ilyen szállítási rendszer gazdasági célszerűségét, bemutatva a kereskedelmi lehetőségeket.

A katonai repülésben nem szándékoznak az SR-71 sebességénél nagyobb sebességű bombázó és elfogó vadászipülőgépe-

ket kifejleszteni. A perspektivikus ATB és ATF katonai repülőgépek fejlesztésekor a fő figyelmet a sebességnövelés helyett a felderíthetőség csökkentésére fordítják. Ugyanakkor elkerülhetetlen a nagysebességű felderítő repülőgépek fejlesztése is.

Az első Ariane hordozó rakéták sikeres alkalmazása lehetővé tette, hogy megkezdjék az Ariane B rakéta fejlesztését. Ezt a rakétát kívánják felhasználni a Hermes kozmikus repülőgép orbitális pályára állításához az indítási költségek ötödére csökkentése mellett. A ráfordítások további csökkentését teszi lehetővé a többször felhasználható hordozók alkalmazása. Ilyen hordozók lehetnek a vízszintesen fel- és leszálló repülőgépek, amelyek néhány nagy nemzetközi repülőtéren települhetnek.

A különböző hajtómű variációk megadott repülési sebességtartományban való alkalmazása ismert sajátosságokkal rendelkezik. Így a kétáramú hajtómű leghatásosabban felszálló sebességen és  $M=2-3$  sebességen alkalmazható (? ford.).

A torlósugár hajtóműveket leggazdaságosabban  $M=3-7$  tartományban lehet felhasználni. A torlósugár hajtómű működési tartománya kiterjeszthető  $M=10$ -ig is, ha az égőtérben hangsebességnél nagyobb az áramlási sebesség (hangsebesség feletti égés). A még nagyobb sebességtartományban optimális megoldás a rakétahajtóművek alkalmazása. Valószínű, hogy a vízszintesen fel- és leszálló űrrepülőgépek hajtóműve az előzők kombinációja lesz.

A turbórakéta-hajtómű alkalmazása egy különálló gázturbina és egy folyékony oxigén és hidrogén hajtóanyagú rakéta-hajtómű egybeépítését jelenti.

A turbórakéta-hajtómű legfőbb előnye az, hogy a hajtómű működési jellemzőit nem korlátozza a turbina előtti gázhő-

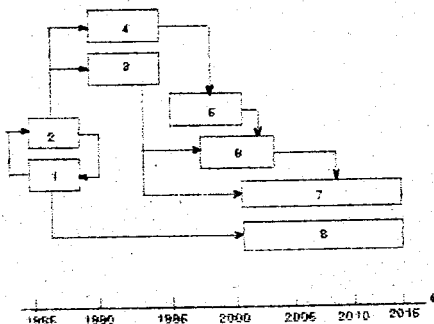
mérséklet. A turbina előtti gázhőmérséklet jelentősen alatta maradhat a speciális szerkezeti anyagok és tüzelőanyag-keverék  $LO_2$  és  $LH_2$  által maximálisan megengedett értékeknek. A hajtómű üzemeltetési lehetőségei bővíthetők a turbinába lépő gáz intenzív hűtésével, az üzemeltetési tartomány szélesítése a hajtómű súlyának növekedésével és a szerkezet bonyolultságának fokozódásával jár együtt.

A gázgenerátorba lépő hidrogén előmelegíthető a nagy hőmérsékletű részek hűtésével vagy a gázsebességfokozón elhelyezett hőcserélőben. Ebben az esetben a turbinába gáz halmazállapotú hidrogén lép be és nem szükséges az oxigén befecskendezése sem. A hidrogén hevítéssel működő turbórakéta-hajtómű válhat a jövő leggazdaságosabb hiperszónikus hajtómű típusává. A turbórakéta-hajtómű létrehozásának lehetősége függ attól, hogy sikerül-e olyan hőcserélőket gyártani, amelyek képesek a folyékony hidrogént elpárologtatni. A kombinált hajtóművek sikeres kidolgozásának alapvető feltétele a gázturbina építésben új eljárások bevezetése. Aerodinamikai és termodinamikai szempontból új kihívást jelent a gáz halmazállapotú  $H_2$  és  $O_2$ -vel üzemelő, többfokozatú hangsebesség feletti gázturbinák megtervezése.

Az égőtér szerkezetek és az égési folyamat szakadatlan korszerűsítésének eredményei közvetlenül felhasználhatók a hangsebesség alatti égésterű torlósugarhajtóművek kutatásánál. A hangsebesség feletti égési folyamat kutatása csak igen szűk területre korlátozódott. A tervezők véleménye szerint az új szerkezetű levegő-beömlőcsatornák és a gázsebességfokozók háromszor-öttször hosszabbak lesznek, mint a jelenlegiek. A levegő-folyékony hidrogén hőcserélők bizonyos előnyökkel bírnak. Ezzel együtt igen szigorú konstrukciós követelményeknek kell megfelelniük úgy, mint minimális tömeg, megfelelő szilárdság és megbízható működtetésű vezérlő rendszer. A nagysebességű repülőgép hajtóművének jellemzőit alapvetően meghatározzák a szerkezeti anyagok tulajdonságai.



Jelenleg még korainak tűnik a perspektivikus hajtóművek konkrét felépítésének meghatározása, mert elsődlegesen a tervezési folyamatot kell optimalizálni, amely még komoly kutató munkát igényel. A 11. ábrán a hiperszónikus szállító repülőgép perspektivikus hajtóművének kifejlesztésére hivatott NIKR program főbb szakaszai láthatók.



1-a repülőgép koncepció vizsgálata; 2-a hajtómű koncepciók vizsgálata; 3-a vizsgáló berendezések megtervezése; 4-eleptechnológiák kutatása; 5-a hajtómű főbb elemeinek vizsgálata; 7-az egész rg.létrehozásával kapcsolatos hajtómű-tervezés; 8-a kombinált reaktív hajtómű kimunkálása a perspektivikus európai űrrepülőgép-hordozó számára

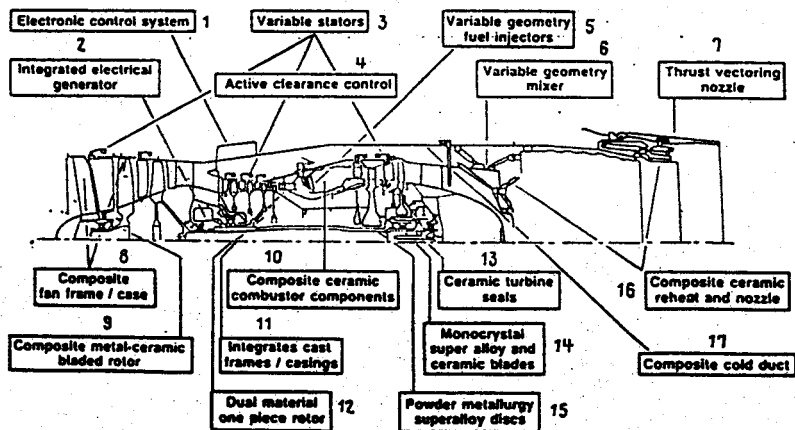
11. ábra

Szakértők úgy vélik, hogy a hiperszónikus szállítórepülőgép a XXI. század első évtizedében áll forgalomba. Az egyfokozatú szállító-űrrepülőgép forgalomba állításához még további 10 évre lesz szükség. Az ilyen tervek megvalósításának elengedhetetlen feltétele lesz a nemzetközi együttműködés.

Szakértők szerint a hangsebesség alatti repülőgépek hajtóműveinek fejlesztésével kapcsolatos technológiai kutatások továbbra is a tüzelőanyag-fogyasztás csökkentése felé fognak irányulni. Napjainkban megfigyelhető tendencia az új elvi alapokon álló légcsaváros hajtóművekhez való visszatérés. Az új koncepció elterjedése függ a légiforgalom intenzitásának növekedésétől, a tüzelőanyag-ár változásától és a légi útvonalakkal szemben támasztott követelményektől.

A katonai felhasználásra szánt, tervezési szakon már túllépett M88 típusú hajtómű ipari gyártására előreláthatóan

az 1990-es évek végén kerülhet sor. Ezek az új generációs hajtóművek több, mint 10 év múlva kerülnek tömeges felhasználásra (a szerző cikkét 1988-ban publikálta. Ford.). Az új generációs hajtómű szerkezetében alkalmazott legfőbb korszerűsítéseket a 12. ábra mutatja.



- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. elektronikus vezérlő rendszer</li> <li>2. integrált generátor</li> <li>3. szabályozható ATLK</li> <li>4. aktív rés szabályozás</li> <li>5. szabályozható tüzelőanyag-fűvécék</li> <li>6. szabályozható keverő</li> <li>7. tolóerő vektor vezérlés</li> <li>8. kompozit ventilátor-ház</li> <li>9. fém-kerámium kompozit lapátok</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>10. kerámium kompozit égőtér alkotórészek</li> <li>11. egyesített keret és burkolat</li> <li>12. kettős fém egyburkolatú forgórész</li> <li>13. kerámium tömítések a turbínában</li> <li>14. egykristályú szuperötvözöt és kerámium lapátok</li> <li>15. porkohászati eljárással készült szuperötvözöt turbínatárcsa</li> <li>16. kerámium kompozit alkotórészek</li> <li>17. kompozit külső áram burkolat</li> </ol> |
|--|--|

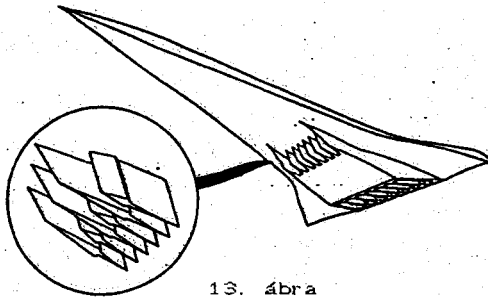
12. ábra

A kompresszor fokozatok számának további csökkentése és az anyagtechnológia folyamatos fejlesztése mellett az új hajtóművek további fejlesztése a változtatható geometriájú elemek számának növelésére fog irányulni. Pl.: szabályozható álló-terelő lapátkoszorúk, szabályozható tüzelőanyag-porlasztók, tolóerő vektor vezérlés. A változtatható geometria vezérlésére új elektronikus rendszereket alkalmaznak, a kompozitok széleskörű alkalmazása várható tárcsák, lapátok, burkolatok, redőnyök anyagaként.

A nagysebességű szállítórepülőgépek fejlesztése során szándékoznak kidolgozni.

- a. /  $M=2-3$  sebességgel repülő normál, hasznos terhelésű repülőgépeket,
- b. /  $M = 5-6$  sebességű hiperszónikus repülőgépeket.

A második fejlesztési irány eredményeként jelentősen csökkenne a repülési idő, bár az ilyen repülőgépek gazdaságos



13. ábra

alkalmazása még nem bizonyított. Az űrrepülőgép földközeli pályára állításának költsége csökkenthető a kombinált hajtóművel felszerelt, vízszintesen fel- és leszálló űrrepülő-

gép alkalmazásával. Ennek feltétele a többször használatos űrrepülőgép-hordozók alkalmazása, a tüzelőanyag- és oxidálóanyag-fogyasztás csökkentése, valamint a speciális indítóállások feleslegessé válása. A 13. ábrán egy perspektivikus nagysebességű szállítórepülőgép sematikus rajza látható.

## A ZÓRZAVAR KEZELÉSE

Az ARMEE D'AUJOURD'HUI 1994. áprilisi számában  
megjelent cikk fordítása

Írta: Michel Tatu

Fordította: Venyige László alezredes

Inmár nem szorul bizonyításra, hogy a kommunizmus és a hidegháború vége jókora felfordulást okozott a nemzetközi küzdőtéren. A 80-as évek végén a liberális demokrácia végleges győzelméről elterjedt optimista elméletek időszerűek lehettek a berlini fal leomlásakor, de a nacionalizmus és a fanatizmus nagy feltámadásával, a világot azóta elárasztó erőszak Európáig zúduló hullámaival nem tudtak dacolni. Az az inkább mítikus entitás, amelyet pontatlanul "nemzetközi közösség"-nek neveznek, teljességgel tehetetlennek bizonyult ezzel az előre nem látott zórzavarral szemben.

\*\*\*

Mielőtt megvizsgálánk, hogy miképpen lehetne orvosolni ezeket a zavarokat, érdemes áttekinteni ennek az új felállásnak a főbb tényezőit, ugyanis nagy a valószínűsége, hogy még hosszú éveken keresztül számolnunk kell velük. Legalább kettőt vegyünk számba közülük.

Az ideológiák napja leáldozott, legalábbis egy jó hosszú időre, de ez nem jelenti azt, hogy egyszersmind a fanatizmusnak is vége. Csupán az történt, hogy a "klasszikus", azaz filozófiai vagy "tudományos" alapú ideológiák (mint a marxizmus) - bármekkora teret nyertek is - háttérbe szorultak a most újra felerősödő, sokkal régebbi eszmékhez és hitvallásokhoz képest. A vallási integritás éppoly forradalminak tünteti fel magát, mint a világi ideológiák, azzal a súlyosbító körülménnyel, hogy a legpusztítóbb szenvedélyeket és az "a cél szentesíti az eszközt" sztálini elvét törvényesíti az istenség nevében.

\*\*\*

A nacionalizmus - pontosabban az etnikai, törzsi, nemzeti felsőbb-ségtudat - két okból is veszélyes: egyrészt azért, hogy erőszakosan és gyakorlatilag figyelmeztetés nélkül rombol szét olyan társadalmakat, amelyek hosszú éveken keresztül működtek a több etnikumú és több kultúrájú népesség zavartalan együttélése alapján; másrészt azzal, hogy kibékíthetetlen ellentéteket szül: az ellenség már nem azért ellenség, amit tesz, vagy amit hisz, hanem egész egyszerűen csak azért, ami. Innentől kezdve a konfliktusokat nem lehet csupán politikai változásokkal megoldani, ahogy az ideológiák akarták. Földrajzi változásokhoz is - és főleg azokhoz - vezetnek, és mindahoz, ami ezzel jár: területhódításhoz, romboláshoz, "etnikai tisztogatás"-hoz.

A kétpólusú világ megszűnése a legkülönbébb törekvéseknek hagyott szabad teret. Az egyik szuperhatalom tartósan legyengült, a másik pedig ereje teljében sem szívesen bonyolódik bele olyan távoli konfliktusokba, ahol már nincs jelen a történelmi rivális, hogy hasznot húzzon belőle. Ennek következtében szinte teljes szabadságot - úgy is mondhatnánk: büntetlenséget - élveznek szinte a világon nem csak hódítási mániában szenvedő diktátorok, hanem egyazon területen belül marakodó bandavezérek és törzsfőnökök is. Az egykori világhatalmi törekvéseket a regionális imperializmus váltotta fel, amelynek még kiszámíthatatlanabbak a következményei.

\*\*\*

A háború helyi haszonélvezői kedvük szerint ügködhetnek, annál is inkább, mert könnyebben szerezhetnek maguknak fegyvert, mint a múltban: a szovjet arzenál, amely egykor Moszkva szigorú ellenőrzése alatt állt, ma már hozzáférhető a magán-fegyverkereskedelem számára, s a háttérben ellenőrizhetetlenül folyik a nukleáris anyagok drámai következményekkel fenyegető szétterjedése.

Ezekhez az újkeletű tényezőkhez vegyünk hozzá egy régebbit, amely azonban az utóbbi időben sokkal nagyobb jelentőségre tett szert. A kommunikáció terén bekövetkezett robbanásnak és elsődleges következményének, a tömegtájékoztató eszközök elterjedésének kettős hatása van. A képi megjelenítésnek juttatott elsőbbség természetes módon előnyt biztosít az erőszak látványának, és érzékenyebbé teszi a közvéleményt a nemzetközi problémák iránt, ugyanakkor csömört vált ki az emberekből. Még ha nem is jutnak el

minderhová a médiák, azért a legvérlázítóbb jelenetek összeválogatásával igyekeznek felháborodást kelteni. Az sem mellékes, hogy ezeknek az információknak a közlése gyakorlatilag azonnali: az utóbbi időben rendszerint megelőzi a politikai döntést, amelyet úgy tekintenek, mint az eseményekre való utólagos "reagálást".

A legerősebb országokat ma már kereskedő szemléletű, liberálisan demokratikus rendszerek kormányozzák, mindazokkal a magától értetődő előnyökkel, amelyek ebből következnek, de a vele járó nehézségekkel is. A kormányoknak gondot kell fordítaniuk a politikájukkal elérhető konszenzusra, egyszerűbben: a népszerűségükre. Erős az a tendencia, hogy inkább követik a közvéleményt és az eseményeket, semhogy irányítanák az elsőt és elébe menének az utóbbiaknak. A politikai éleslátást és képzelőerőt elhomályosítják a közvéleménykutatók eredményei, amelyek pedig végeredményben csak a fentebb említett tömegtájékoztatási dömping visszatükrözései. Abból adódóan pedig, hogy ezeknek az országoknak a többségében a gazdasági kapcsolatokkal együtt a gazdasági nehézségek is nemzetközi kiterjedésűekké válnak, a kereskedelmi érdekek sokkal meghatározóbbak, mint valaha. Annyira, hogy feledtetik az olyan "régli" értékeket, mint a méltóság és a bátorság...

\*\*\*

Ilyen körülmények között ne csodálkozzunk a "nemzetközi közösség" tévovázásán és tévedésein, amelyekkel a világ új vizzályait fogadja. A vezetői nem vízionáriusok, hanem funkcionáriusok. Ők maguk is, a társadalmak is még csak az elején tartanak egy hosszúnak ígérkező tanulódiónak. Majd menet közben és csak fokozatosan fog alkalmazkodni a világ az új helyzethez. Ez a folyamat, amely egyébként már elkezdődött, okot ad némi elmélkedésre.

Jóllehet, az ideális cél továbbra is a béke és az egyetemes igazság, úgy látszik, mintha a közvélemény beletörődne abba a nyilvánvalóságba, hogy soha nem fog sikerülni örökre véget vetni minden konfliktusnak és helyrehozni minden hibát, amely csak létezik a világon. Először is, mert nincs olyan "egyetemes" norma, amely igazolna egy ilyen vállalkozást: hiába hivatkozik mindenki bizonyos fogalmakra, mint az "emberi jogok", ha nem mindenki számára ugyanaz a tartalmuk. Másodszor: mert egyetlen nemzetközi szervezetnek sem lesz hozzá soha megfelelő eszköze, sőt hajlandósága sem, még annyira sem, mint egyetlen nagyhatalomnak, vagy egy országcsoporthoz.

Azokon az "értékeken" túl, amelyeket egy szervezet vagy csoport egyetemesnek feltételez, a nemzeti érdekek mindig meghatározóak maradnak. Abból, hogy egy koalíció az ENSZ jóváhagyásával véget vetett a Kuvait elleni agressziónak, nem következik egyenesen, hogy ugyanaz a koalíció, vagy egy másik újra fel fog lépni egy hasonló kalandorvállalkozás ellen.

A humanitárius segítségnyújtás hamar elérte a korlátait. A nemzetközi aktivitásnak ez az oldala minden bizonnyal tartósan az előtérben marad; különösen a nagy nyugati demokráciák részéről lesz ez továbbra is természetes válasz arra az együttérzésre, amelyet a médiákban a nyomorúságról és erőszakról bemutatott képek ébresztenek. Ugyancsak tartósnak szánják a "humanitárius beavatkozáshoz való jog" alkalmazását, amely új fogalom a lékoságnak az illetékes kormányok hozzájárulása nélkül juttatható segélyadományokat takarja, s a hatása még akkor is kedvező, ha a megvalósítása meglehetősen korlátozott: a diktátorok többé nem tekinthetik magukat büntetlenül népiük "tulajdonosainak"; bizonyos esetekben legalábbis rendre lehet utasítani őket.

Még annyit a humanitárius akciókról, hogy rendeltetésüknél fogva csak rövid távú célokat szolgálhatnak. Csak arra valók, hogy sürgősen enyhítsék egy adott helyzet legdöbbenetesebb következményeit, és semmiképpen sem pótolhatják a politikai lépéseket, amelyeknek közép- és hosszú távú célkitűzések elérésére kell irányulniuk: a helyzetet előidéző okok megszüntetésére, a konfliktusok rendezésére, a béke helyreállítására. E nélkül a perspektíva nélkül a humanitárius segély csakis fonák eredménnyel járhat: akár úgy, hogy a tehetetlenség igazolásaként újabb áldozatokat szolgáltat a későbbi túlkapások számára, akár pedig azért, hogy a hadviselő felek, vagy a háború egyéb vámszedői a saját hasznukra fordítják, s így a segély az egyébként elhatározott embargók és más gazdasági szankciók kijátszásának eszközévé válik.

Az ENSZ gyengesége csupán következménye mindezeknek a tényezőknek. Mindazonáltal elég jelentős eredményeket ért el a nemzetközi szervezet az utóbbi években. A hidegháború által szisztematikusan - és mesterségesen - szított antagonizmusok megszüntével ma már az együttműködés szelleme uralkodik a szervezetben, főleg a Biztonsági Tanácsban belül, ami nagyon sok esetben leküzdte a vétőjog jelentette akadályokat és a cselekvésképtelenséget, amely a gyakorlásával járt. Elismert tény, hogy az ENSZ a konfliktusok

rendezésének a legfelső fóruma, és egyre inkább azzá válik a jövőben. Az utóbbi öt évben tizenhárom akciót hajtottak végre az égisze alatt, vagyis annyit, mint az előző negyvenhárom esztendő folyamán. És ezek az akciók már nem csak békefenntartást ("peace-keeping") jelentenek, hanem a béke helyreállítására irányuló feladatokat is ("peace-making"): az egykori "megfigyelők", akik olyan passzív szerepekre voltak kárhóztatva, mint befagyott tűzszünetekre felügyelni (Ciprus), vagy szakadatlan tűzszünet-megsértéseket regisztrálni, fokozatosan átadják a helyet a "béke katonáinak", akik kényszeríteni is képesek a harcoló feleket.

\*\*\*

De éppen itt mutatkoznak meg legvilágosabban a hiányosságok; elsősorban a szervezeti felépítés hiányosságai, amelyek jól tükrözik, hogy az ENSZ nincs felkészülve katonai szerep vállalására. A vezérkari bizottság, amelyet a szervezet alapítói még 1945-ben létrehoztak, a hidegháborús évek alatt mindvégig csak papíron létezett. Csak a legutóbbi időben merült fel a szervezet feltöltésének a szükségessége. Még 1993-ban is hetvenöt alatt volt tagjainak a száma (ebből vagy ötvenen katonák), és semmiféle éjszakai ügyeletet nem tartott, még akkor sem, amikor egyszerre tizenhét beavatkozás volt folyamatban... De van ennél súlyosabb dolog is. Minden jól szervezett országban elfogadott, hogy civilek irányítják a katonákat. De az is elfogadott, hogy az utóbbiaknak joguk és kötelességük, hogy érvényesítsék a szempontjaikat, hogy ellenezzenek olyan feladatokat, amelyeket irreálisnak ítélnek, de legalábbis megfelelő eszközöket kérjenek ezekhez a feladatokhoz és ellenőrizzék azok végrehajtását. Az ENSZ rendszerében, ahol a hatósági jogok felhígulása minden szinten működési zavarokat okoz, semmi ilyesmi nem létezik. A legfelső szinten a Biztonsági Tanács hozza a döntéseket, amelyek a különböző tagjait nem egyformán érinti egy-egy konfliktus, és nincs mindegyik jelen az adott területen. Az ebből következő "lágú konszenzus" talaján egyre inkább a humanitárius szónoklatok helyettesítik egy határozott politikai cél megfogalmazását. Kint a területen pedig a vezetési struktúra ellentétes mindennel, ami egy kicsit is katonai; hiszen legtöbbször New York-ig és az ENSZ főtitkáráig el kell menni harcászati szintű elhatározások meghozatalához. Márpedig az ENSZ főtitkárának nincs - és valószínűleg soha nem is lesz - akkora "mellénye" és hatalma, mint bármelyik államfőnek, aki egyben a fegyveres erők főparancsnoka: elvégre csak egy diplomata a Biztonsági Tanácsban körülötte lévő többi diplomata szolgálatában.



Ilyen körülmények között meg lehet érteni azt az ingerültséget, amely szinte minden ENSZ-parancsnok részéről megnyilvánult, aki a volt Jugoszláviában teljesített szolgálatot: pusztán az a tény is sokat elárul a kéksisakosok lehetetlen helyzetéről, hogy meg kell szavazni az ENSZ-ben azt a különleges határozatot, amely feljogosítja őket egy ellenük irányuló támadás visszaverésére. De még ha ezek a kérdések el is lennének rendezve, a vegyes összetételű, legtöbbször különböző nyelvű és kultúrájú csapatok irányítása további problémákat vet fel. Éppen ezért van terjedőben az a nézet, hogy a nemzetközi katonai feladatokat külön kell választani két kategóriába: a hagyományos "békefenntartó" missziók, amelyek alacsonyabb szintű katonai beavatkozást, de annál több adminisztratív, választási és humanitárius feladatot igényelnek, maradhatnak az ENSZ hatáskörében; ez valósult meg kisebb-nagyobb sikerrel Kambodzsában, még ha a sebtében odaküldött, nagy erejű kéksisakos kontingens eredménytelen volt is a vörös khmerekkel szemben, akiket nem sikerült az ellenőrzése alá vonnia, még kevésbé lefegyvereznie, ami pedig az egyezmények tulajdonképpeni célja volt. Az erőteljesebb akciókat viszont, amelyekre akkor lenne szükség, amikor a "béke helyreállításáról" van szó, az ENSZ "alvállalkozásba" adná - akár egyes országoknak, amelyek elég erősek és kellőképpen érdekeltek is az ügyben, amilyen az USA esete volt az 1990-91-es Öböl-háborúban, de egy rövid ideig még Szomáliában is - akár pedig regionális koalícióknak vagy szervezeteknek. Ezt láttuk legutóbb a volt Jugoszláviában a NATO katonai akciója formájában, de már jóval korábban, az Afrikai Egységsszervezet libériai fellépésekor is.

\*\*\*

Ez a fajta megbízás természetesen csakis jól meghatározott körülmények között lehetséges. Ahogyan az ENSZ, úgy a regionális szervezetek is csak a tagjaik által meghatározott erőt képviselnek, és katonai hitelképességük is a politikai és szervezeti összetartozásuk függvénye. A Nyugat-Európai Uniónak soha nem lesz akkora súlya a NATO-hoz viszonyítva, mint az Európai Közösségnek, amelynek elméletileg a NATO a fegyveres ereje, így nem is lesz olyan politikai és biztonsági szerepe.

Általában minél erősebb egy nagyhatalom, annál inkább igényli, hogy egyedül irányíthassa a hadműveleteket, mintsem hogy engedje felhívítani katonai erejét egy multinacionális "hogyszívjékban". Ahogy az Egyesült Államok is, valahányszor közvetlenül részt vett az ENSZ által szervezett, vagy

jóváhagyott katonai akciókban (az 50-es években Koreában, azután Kuvaitban és Szomáliában), mindig maximális felhatalmazást és önállóságot követelt magának a hadműveletek folytatásában. És ez így lesz a jövőben is, mert a béke megőrzése terén viselt felelősség nemzetközi voltának erősödése semmivel sem csorbítja a katonai műveletek vezetésének alapszabályait: szoros együttműködés a polgári és katonai hatóságok között, egységes irányítás, a résztvevő csapatok eszközeinek és személyi állományának egyöntetűsége.

Mindez megfontolandó példa Európa számára, aki csak akkor játszhatja az öt megillető szerepet Boszniában vagy másutt, ha majd valóban szervezet-  
té válik politikai és katonai téren egyaránt. Ahogy egy ország védelme el-  
sősorban a nemzet saját erején nyugszik, és csak azután a szövetségeken,  
ugyanúgy a "béke tűzoltójának" szánt nemzetközi szintű feladatok is követ-  
kezetes regionális és nemzeti erőfeszítéseket követelnek, amelyekhez az  
ENSZ mindig is csak "napernyőként" fog szolgálni.