

MAGYAR HONVÉDSÉG
SZOLNOKI
REPÜLŐTISZTI FŐISKOLA



***TUDOMÁNYOS
KIKÉPZÉSI
KÖZLEMÉNYEK***

IV. évfolyam 11—12. szám

1992/2-3

TUDOMÁNYOS KIKÉPZÉSI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Honvédség
Szolnoki Repülőtiszti Főiskola
belső terjesztésű időszaki folyóirata

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

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

TAGJAI:

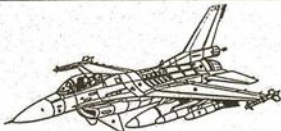
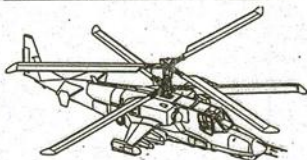
Bertók Judit hka.
dr. Lantos Éva főisk. tanár
Mikola István őrnagy
Ribárszki István alezredes
Svehlik János mk. alezredes
Szekeres Bálint főisk. adjunktus
Szilágyi Sándor hka.
Verdes István alezredes

FELELŐS KIADÓ:

Nagy Szilveszter mk. vezérőrnagy

KÉSZÜLT:

A Szolnoki Repülőtiszti Főiskola házi nyomdájában



**A TUDOMÁNYOS KIKÉPZÉSI KÖZLEMÉNYEK
SZERKESZTŐ BIZOTTSÁGA**

**Boldog Új Évet Kíván
az 1993. évre**



	Január	Február	Március
H	4 11 18 25	1 8 15 22	1 8 15 22 29
K	5 12 19 26	2 9 16 23	2 9 16 23 30
Sz	6 13 20 27	3 10 17 24	3 10 17 24 31
Cs	7 14 21 28	4 11 18 25	4 11 18 25
P	1 8 15 22 29	5 12 19 26	5 12 19 26
Sz	2 9 16 23 30	6 13 20 27	6 13 20 27
V	3 10 17 24 31	7 14 21 28	7 14 21 28
	Április	Május	Június
H	5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28
K	6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29
Sz	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30
Cs	1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24
P	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25
Sz	3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26
V	4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27
	Július	Augusztus	Szeptember
H	5 12 19 26	2 9 16 23 30	6 13 20 27
K	6 13 20 27	3 10 17 24 31	7 14 21 28
Sz	7 14 21 28	4 11 18 25	1 8 15 22 29
Cs	1 8 15 22 29	5 12 19 26	2 9 16 23 30
P	2 9 16 23 30	6 13 20 27	3 10 17 24
Sz	3 10 17 24 31	7 14 21 28	4 11 18 25
V	4 11 18 25	1 8 15 22 29	5 12 19 26
	Október	November	December
H	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27
K	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28
Sz	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29
Cs	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30
P	1 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31
Sz	2 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25
V	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26



TARTALOM

	Oldal
Óudri Gyula: Ekranoplanok polgári és katonai alkalmazhatósága	4
Dr. Pokorddi László: A konverzióplánok fejlesztésének és katonai felhasználásának tapasztalatai	21
Dr. Pokorddi László: A repülőgép repülésdinamikai identifikációja	31
Balogh Endre: Repülőgép hidraulika-rendszerben végrehajtott kísérleti mérés	51
Szabolcsi Róbert: A légi járművek nemlineáris mozgásegyenleteinek linearizálása	64
Czövek László: ROBAR fedélzeti elektronikus adatrögzítő és számítógépes kiértékelő rendszer	76
Sándor Endre: Komplex potenciál	90
Jaksa Tibor - Somogyi Gyula: A Szolnoki Repülőbiztonsági Főiskola testnevelés felvételi eljárásának elemzése	110
Jaksa Tibor - Engler István: Fiatal repülőgépvezető állomány antropometriai - élettani és kondicionális állapotának vizsgálata	128
Tóth Sándor: Az iskola és a család kölcsönhatásai a szocializációban	149

Felföldi Gábor: Minimum-program a magyar repülés jövőjéért	158
Girnt Vilmos - Zsitnyér Erzsébet: Tájékoztató a III. Országos Környezettudományi Diákkonferencián való részvételről	161
Félegyházi Török Imre - Béler Gyula: Az MH Szolnoki Repülőtisztai Főiskola története (I. rész)	166
Kiss Lajos - Óudri Gyula: Használható repülőgép a MIG-29-es? (tematikus összeállítás a nemzetközi szakajtóból)	180
- Bevezető	180
- A MIG-29 "FULCRUM"	181
- MIG-29M Az ezredforduló utáni szupervaddszegő	193
- A repülőgép, amelyet Ritának hívnak	196
- Ut a szuper manőverezőképességhez	204
- MIG-29-es hajtóművek a dél-afrikai MIRAGE harci gépekhez	212

Óvári Gyula mk.őrnagy, főiskolai docens

EKRANOPLANOK
POLGÁRI ES KATONAI ALKALMAZHATÓSÁGA

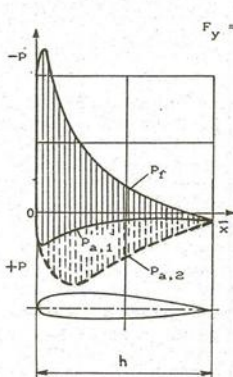
A hetvenes években kirobbant energiaválság, az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások új prioritásokat, a korábbiaktól minőségileg is különböző követelményeket állítottak a konstruktorok elé. Ennek egyik eredményeként korábban elvetett tervek, műszaki megoldások kerülhettek újból az érdeklődés középpontjába, mivel a megváltozott körülmények között immár rentábilisnak bizonyultak. Ezek sorában értékelték át az e k r a n o p l a n o k, mint a nagytömegű terhek, közepes és nagy távolságú, olcsó, légiszállításra alkalmas repülőeszközök előállításának és alkalmazásának lehetőséget.

A nemzetközi szaknyelvben leginkább használatos ekranoplan elnevezés a francia écran (cernyő, vetítővászon) szóból származik és a légi jármű azon repülési sajátosságra utal, hogy valamely sík, vízfelület (víz, földfelszín) közelében képes gazdaságosan haladni. Angol nyelvterületen e fogalmat jelöli még - hasonló értelmezéssel - a WIGE mozaikszó is, mely a wing-in-ground-effect kifejezésből származik. A Magyar Repülési Lexikon határfelület-, vagy párnahatás-repülőgépeknek nevezi ezeket a repülőeszközöket (1. kötet 373. oldal).

1. AZ EKRANOPLANOK AERO- ES HIDRODINAMIKAI SAJÁTOSSÁGAINAK, STABILITÁSI TULAJDONSÁGAINAK, VALAMINT SZERKEZETI KIALAKÍTÁSÁNAK KÖLCÖNHATÁSA.

Az e k r a n o p l a n o k (tehát) közvetlenül a vízfelszín (esetleg sima földfelszín) felett, a párnahatás

A párnahatás jelensége, illetve a repülés egyes fázisaiban (le-, felszállás, túlterhelve haladás, stb.) alkalmazása nem új keletű, hiszen már a 20-as, 30-as években ismerték és a gyakorlatban is hasznosították. Lényege az, hogy közvetlenül a (föld-, víz-)felszín felett haladva a repülőgép szárnyán keletkező felhajtóerő



$$F_y = \int_0^h (p_a - p_f) dx$$

megnö, a légellenállás (F_x) pedig lecsökken. A felhajtóerő növekedését az okozza, hogy a felszín közvetlen közelében, amikor a repülési magasság (H) kisebb mint a szárny hűrhossza (h), vagyis $H < h$ a szárny alsó felületén nagyobb lesz a nyomásnövekedés ($p_{a,2}$), mint $H > h$ magasságban ($p_{a,1}$) repülve. Így az alsó és felső szárnyfelület nyomáskülönbsége (azaz a felhajtóerő!) is növekszik (1. ábra):

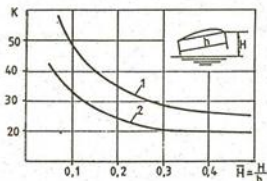
$$p_{a,2} - p_f > p_{a,1} - p_f$$

1. ábra

Ez arányaiban úgy érzékelhető, hogy, amíg a hagyományos repülőgépen létrejövő felhajtóerő 70-80 %-ban a szárny feletti nyomáscsökkenés következménye, addig ekranoplan esetében ugyan ez 50-60 %-ban a szárny alatti nyomásnövekedés eredménye.

A járulékos nyomásnövekedés ($p_{a,2}$) további kedvező következménye, hogy szinte teljesen megakadályozza a szárnypro-

fielt elhagyó áramlás lefelé való elfordulását, ezáltal a homlokellenállás ($F_{x,1}$) 50-60 %-át kitevő induktív ellenállás ($F_{x,i}$) sem jön létre.



2. ábra

módon 15-17 körül van). A K nagyságát - adott hűrhosszságú (h) szárny esetében - alapvetően a repülési magasság (H) határozza meg (2. ábra), vagyis minél közelebb halad az ekranoplan a felszínhez, annál nagyobb lesz a jóssági szám (pl. ha $\bar{H}$ értéke 0,5-ről 0,1-re csökken, K a kétszeresére növekszik). A biztonságos repülés érdekében azonban nem célszerű a repülés minimális magasságát $H_{\min} = 1-3$ m alá csökkenteni (terepakadály, hullámzó vízfelszín, stb. miatt). Így a gép a e r o d i n a m i k a i s a j á t o s s á g a i figyelembevételével a repülésbiztonsági és gazdaságossági feltételek együttesen (vagyis $H = 1-3$ m és $\bar{H} = 0,1-0,2$) úgy biztosíthatók, ha a szárny szerkezetiileg

Mindezek eredményeként a - felhajtóerő és légellenállási erő hányadosaként értelmezett, aerodinamikai (gazdaságossági) minőséget kifejező - j ó s á g i s z á m ($K = F_y/F_x$) értéke 20-40-et is elérhet.

(Összehasonlításképpen egy korszerű, szubszónikus utasszállító repülőgépnél ez számított üzem-

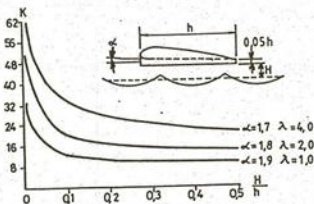
- nagy hűrhosszságú (és ebből adódóan a többi geometriai mérete is nagy!);

- a törzs alsó részéhez van rögzítve;

- lehetőleg szárnyvégzárólappal (winglettel) is fel van szerelve (ami 30-50 %-kal is növelheti K értékét; lásd 2. ábra 1-es görbe!).

Mindezek alapján az is belátható, hogy a fenti jellemzőkkel bíró ekranoplanok biztonságos üzemeltetéséhez a nagy szabad vízfelületek kínálják a legmegfelelőbb alkalmazási területet.

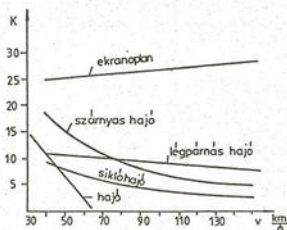
A szárny karcsúságának $\lambda = l^2/A$ növelése is növeli a jóssági számot (K). (Itt l -fesz távolság, A-szárnyfelület). E sajátosság azonban az ekranoplanoknál alig hasznosítható, mivel a közvetlenül vízfelszín felett haladó légi jármű szárnyvégei már viszonylag kismérvű bedöntés (bedőlés) esetén is a vízbe verődhetnek. Ebből adódóan fesz távolságuk és az ezzel összefüggő karcsúságuk is kicsi lesz ($\lambda=1-3$), ami a légi üzemeltetés gazdaságosságát rontja (3. ábra).



3. ábra

A többi vízi, vízfelszíni járművel összehasonlítva az ekranoplanoknál kedvező ($M \ll 1$ -nél!), hogy a haladási sebesség növekedésével sem csökken aerodinamikai jósságuk (4. ábra).

A vízfelszínről induló és érkező ekranoplanok sarkánya hidrodinamikai követelményeknek is meg kell feleljen. Ezek közül első a törzs jó uszóképességének és megfelelő bil-



4. ábra

ellenállás. A vízfelszínről történő elemelkedés megkönnyítésére:

- hagyományos szárnymechanizációt (féklap, fékszárny, határréteg-vezérlés, orrsegédszárny stb.);
- vizalatti szárnyfelületeket (8. ábra);
- bevonható siklótalpakat;



5. ábra

ségének és megfelelő bil-
lenés-biztonságának
fenntartása úgy, hogy a
gép könnyen elemelked-
hessen a vízfelszínről.
Ez utóbbi azért jelent
nehézséget, mert szerke-
zeti megoldástól függet-
lenül valamennyi ekranop-
lan (de sikló- vagy szár-
nyashajó) nekifutásakor,
a kiemelkedési sebesség
40-60 %-ánál ugrásszerűen
megnö a hidrodinamikai

- felszállás idejére " α "
szöggel elfordított légcsa-
var, vagy a gázturbinás haj-
tómű szárny alá injektált gá-
zait (5. ábra és v.ö. 7. és
8. ábrákkal);

- a törzs alatt külön hajtóművel létesített légpárnát (9. ábra)

szükséges alkalmazni.

Az ekranoplanok hajtóműhelyezése konstrukciósan is meg kell akadályozza, hogy a szívócsatornába víz kerüljön, vagy légsavariapátok végei a vízbe verődjenek. Ezért általában a hajtóműveket jóval a sárkány-építési vízszintese felé helyezik el (6., 8., 9., 11., 12. ábrák).

Az ekranoplanok stabilitási jellemzői több tekintetben hasonlóak a hagyományos repülőgéphez. A hosszten-
gelyűk (x) körüli bedőlés során (Hh
esetén) statikusan stabilak. Ez a 2.,
illetve 3. ábra alapján könnyen belátható, mivel a süllyedő
szárnyon (felszárnyon) ugrásszerűen nő, míg az emelkedőn ha-
sonló mértékben csökken a felhajtóerő. Lényegesen bonyolult-
tabb a statikus hossz-stabilitás kérdése, amit a súlypont
($\bar{x}_{sp}$) és az aerodinamikai centrum ($\bar{x}_{AC}$) kölcsönös helyzete,
 $\bar{x}_{sp} - \bar{x}_{AC}$ különbsége határoz meg. Ebből $\bar{x}_{sp}$ rendszerint ál-
landó értékű, $\bar{x}_{AC}$ helyzetét - a hagyományos repülőgépektől
eltérően, ahol ezt csak a szárny állásszöge befolyásolja - az
ekranoplánoknál az állásszög (α) és a repülési magasság (Hh
tartományban) együttesen határozza meg. Ebből adódóan az ek-
ranoplan szárnyán az AC-tengelyt úgy kell elhelyezni, hogy
légerőváltozások hatására a gép stabilitását megőrizze. A vo-
natkozó kutatások bebizonyították, hogy e követelményeknek a
sárkány fő funkcionális elemeinek (szárny, winglet, törzs,
vezérsíkok, uszók) célszerű kiválasztásával, illetve összeál-
lításával lehet megfelelni. Az így kialakított szárny úgy mű-
ködik mintha két AC-tengely lenne rajta: egyik súlyponthoz
közelebb ($\bar{x}_{AC,H}$), az itt ható légerő a magasság szerint sta-
bilizál, a másikat a súlyponttól valamivel távolabb ($\bar{x}_{AC,\alpha}$)
ez az állásszög szerinti stabilitást biztosítja. Azaz, példá-

ul a külső zavarás hatására bekövetkező magasság-csökkenéskor a felhajtóerő megnövekszik az $\bar{x}_{AC,H}$ pontban, ami a gépet visszaemeli az eredeti repülési magasságra, de közben járulékosan el is fordítja a kereszt tengelye (z) körül, az állásszög-csökkenés irányába. Ennek következményeként viszont $\bar{x}_{AC,\alpha}$ pontban lecsökken a légerő, ami faroknehéz nyomatókat eredményez, így már az eredeti repülési magasság stabilizálód-



6. ábra

sához szükséges állásszöget is visszanyeri a gép. A "kettős" AC-tengely kialakítására speciális profilú és felülnézeti alaprajzú, vastag töprofilú, wingletes szárny, illetve a párnahatás határmagasságán elhelyezett, vízszintes vezérsík együttes alkalmazásával nyílik lehetőség. E konstrukciós elvek megvalósítására egyaránt példaként szolgálhat a 6.a. ábrán látható hagyományos sárkány kialakítású ekranoplan (NSZK), illetve a (szovjet) kísérleti csupaszárny ESZKA-1 gép (6.b. ábra).

A 6. ábrán látható megoldásokhoz hasonlóan az eddig megépült (és ismerté vált!) kb. 20 különböző típusú ekranoplant többségében légcavaros hajtóművekkel szerelték fel, mivel ezek hatásfoka $v = 200-550$ km/ó sebességtartományban jobb, mint a gázturbinás sugárhajtóművé.

A hajtóművek, légcsavarak kényszerű, vízfelszíntől távoli, magas elhelyezése következtében a vonó-/tolóerővektor is eltávolodik a gép építési vízszintesétől. Így minden hajtómű üzemmódváltozás (gázadás vagy levétel) megbontja a kereszt-tengely (z) körüli nyomatéki egyensúlyt, ami csak a külső kormánysszervek kitérítésével kompenzálható.

2. AZ EKRANOPLANOK GAZDASÁGOS ES HATEKONY ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Az ekranoplanok polgári és katonai területen egyaránt jól hasznosíthatók, mindenekelőtt nagytömegű terhek (fegyverzet) és/vagy utasok (deszant) közepes, illetve nagytávolságra történő szállítására.

A vízfelszín felett minimálisan szükséges magasságban haladó, nagy geometriai méretű ekranoplanok sárkányának két változata valószínűsíthető:

- **h a g y o m á n y o s r e p ü l ő g é p é p í t é s ű** megoldás, amelynél a hajtóművek a törzs első részére kerülnek (8.a. ábra). Ezek a szöggel történő elfordításával felszálláskor légpárna hozható létre;

- **"s z á r n y t ö r z s ű"** ún. **"s p a n l o a d e r"** kialakítás (7. és 8.b. ábrák), amelynél az egyszerűbb építés érdekében a törzs funkciót - annak teljes vagy részleges hiánya miatt - a szárny veszi át.



7. ábra

A két változat összehasonlító vizsgálatához jól hasznosítható az 1. táblázat (mely a Lockheed-Georgia kutatási eredményei alapján készült).

Az 1. táblázat negyedik oszlopában (Δ , %) az összehasonlítás százalékos eltérései találhatók (a hagyományos sárkány kialakítású ekranoplan adatait 100 %-nak véve).

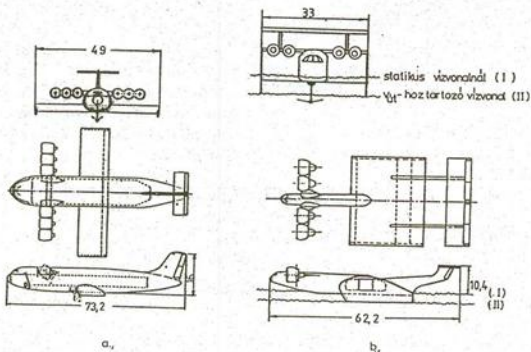
1. táblázat

N ^o	Vizsgált jellemző	Sárkány kialakítás		Δ %
		spanloader	hagyományos	
1.	Hasznos terhelés (t)	200		
2.	Hatótávolság (km)	7410		
3.	$M_{utazó}$	0,4		
4.	Szárnykarcsúság	1,19	3,94	
5.	Jósági szám, K	15,59	19,79	-21
6.	Hajtóművek száma (db)	4	6	-33
7.	$G_{rg}/\Sigma F_p$	0,2808	0,2526	+11
8.	$F_{p,utazó} / F_{p,max}$	0,65	0,57	+14
9.	Üres rg.tömege (t)	162	149,6	+ 9
10.	Szüks.tüze.tömege (t)	256	193	+33
11.	Max.felsz. tömeg (t)	618	543	+14
12.	$m_{hasznos} / m_{max,felsz.}$	0,324	0,369	+12
13.	Teherszállítási hatékonyság t.km/kg (tüze)	6,85	9,10	-25

A felsorolt jellemzők (mindenekelőtt a N^o 13!) alapján megállapítható, hogy a hagyományos sárkány-kialakítás hatékonyabb a spanloader-nél.

A spanloader alacsonyabb szállítási hatékonysága alapvetően - még a hagyományos repülőgép-felépítésű ekranoplánhoz képest is - kis szárnykarcsúságával (1. táblázat N^o 4) magyarázható. Ennek az az oka, hogy míg a hagyományos sárkánymeg-

oldásnál csak a kismagasságon végrehajtott bedöntés (bedőlés) biztonságát kell figyelembe venni, addig a szárnyban történő



B. ábra

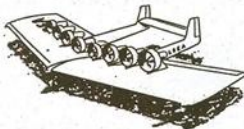
teherelhelyezés esetén, az előbbi mellett a hossz tengelyre vett tehetetlenségi nyomaték

$$J_x = \int r_x^2 dm$$

megengedett maximuma miatt is korlátozni kell a fesztávolságot.

Repülőgép kialakítású sárkánnyal rendelkező ekranoplan (C. ábra), valamint korszerű szállítóhajó és szállító-repülőgép (B 747-200 F) gazdaságossági mutatóinak összevetéséből további következtetés vonható le a hatékony alkalmazásra. Az összehasonlítást az ekranoplanok várható ezredforduló utáni

széleskörű felhasználás miatt hagyományos kerozin (Jet A),



9. ábra

valamint cseppfolyósított H_2 -vel üzemelő hajtóműves konstrukcióra egyaránt elvégezték (2. táblázat). (Néhány szakirodalom eleve kétségbe vonja a különböző kategóriájú szállító-járművek gazdaságossági összehasonlíthatóságát a teherszállítási hatékonyság alapján!).

A 9. ábrán látható repülőgép a felszíni párnahatás nélkül $H=6$ km magasságban, hagyományos repülőgépként $v=480$ km/ó sebességgel, $L=2200$ km távolságot tehet meg. (Ekranoplanként $H=6-9$ m-en, $K=25$, $v=231$ km/ó, a hatósugár $R=6382$ km /!/).

2. táblázat

N°	Vizsgált jellemző	Repülőgép B 747-200 F	Ekranoplan Kerozin Jet A	Folyékony H_2	Hajó (Manhattan USA)
1.	Teljes tömeg (t)	387,5	900	900	153300
2.	Hasznos terhelés (t)	100	405	455	115300
3.	Ut.sebesség (km/ó)	891	231	231	32,7
4.	Tüzelőanyag-fogyasztás v_{ut} -nál (kg/ó)	11754	3143	1692	9193
5.	Jósági szám, K	18	30	30	-
6.	Teherszáll.hatékonys. $t \cdot km/kg(t \cdot Ua)$	7,57	29,7	62,1	411

A táblázat adataiból megállapítható, hogy a hajó gazdaságossága messze meghaladja bármelyik légijárművét (2. táblázat).

zat N^o 6). A nagy távolságú, rövid határidejű szállításoknál (pl. 24 óra alatt 5500 km.) vagyis transzkontinentális utakra azonban az ekranoplanok szerepe meghatározó lehet.

Az ekranoplanok gazdaságossági mutatóit a hagyományos repülőgépekhez képest tovább javítják az alacsonyabb fajlagos gyártási költségek. Az egyszerű, kis sebességű, sok szabályos, egyszerű geometriai alakzatból felépülő, azonos keresztmetszetű elemet tartalmazó sárkány 1 kg szerkezeti tömegének előállítására több, mint 30 %-kal olcsóbb, mint egy szubszónikus szállítógépe.

3. AZ EKRANOPLANOK KATONAI ALKALMAZÁSÁNAK ÉS FEJLESZTÉSENEK LEHETŐSÉGEI

Az alacsony fajlagos üzemköltségük, a hajókét nagyságrenddel meghaladó sebességük mellett az ekranoplanok katonai alkalmazását felderítő és megsemmisítő eszközökkel szembeni viszonylagos természetes védettségük is indokolja. A közvetlenül vízfelszín felett haladó, felépítmény nélküli, "lapos" légijármű felderítése hajóról, tengeralattjáróról igen nehéz. A torpedóval való megsemmisítésük gyakorlatilag nem lehetséges, de "hajó-hajó" kategóriájú rakétával is csak korlátozottan megvalósítható. Ez utóbbi tulajdonságok következtében célszerű lehet -az egyébként kevésbé hatékony- kisméretű űrjáratozó, szállító ekranoplanok létrehozása is. Ilyeneket állított hadrendbe 1977-ben, X-114 jelöléssel a Bundeswehr (ö.a. ábra). A hat személy szállítására alkalmas légijárművek a szárazföld felett 800 m-es magasságig emelkedhetnek. A gép főbb adatai a 3. táblázatban találhatók.

3. táblázat

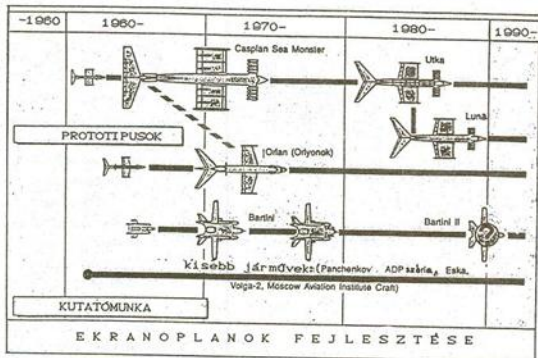
X-114	
GEOMETRIAI ADATOK:	
- fesztávolság	7,00 m
- hossz	12,80 m
- magasság	2,90 m
- hordfelület	29,10 m ²
TÖMEG-ADATOK:	
- Üres tömeg	890 kg
- felszálló tömeg	1350-1500 kg
HAJTÓMŰ-ADATOK:	
- típus: Lycoming 10-360	
- teljesítmény:	147 kW
REPÜLESI ADATOK:	
- max. sebesség	200 km/ó
- min. sebesség	80 km/ó
- hatótávolság	2150 km

Az ekranoplanok fejlesztésében - egybehangzó nyugati szakvélemények szerint is - legkiemelkedőbb eredményeket a volt Szovjetunió (Pacsenkov és Alekszejev vezette) tervező irodái érték el. A gradiózus fejlesztési elképzelésekről a 10. ábra alapján nyerhető kép.

A bekövetkezett politikai változások ugyan sok tekintetben kérdésessé teszik a folytatást, a 10. ábrán látható Orlan (Orlyonok) fantázia nevű hatalmas légijármű megléte azonban már így is évek óta létező realitás.

A hivatalosan A-90-150 típusjelű 110 tonna normál-, illetve 125 tonna maximális felszálló tömegű ekranoplan (11. ábra) hasznos terhelhetősége 28 tonna, vagyis a 25 m hosszú, 3,3 m széles, kétszintes fedélzetén 300 utas szállítható, 400-500 km/ó-s sebességgel, 2000 km távolságra. A gép hossza 58 m, fesztávolsága 31,5 m, magassága 16 m. A haladásához szükséges vonderőt egyetlen - AN-22-ről, TU-114-ről ismert - a nyilazott "T" vezérsíkon elhelyezett, koaxiális légcsavaro-

kat forgató 11,033 kW (15000 LE) maximális teljesítményű NK-12M gázturbinás hajtómű biztosítja. A vízből történő tör-

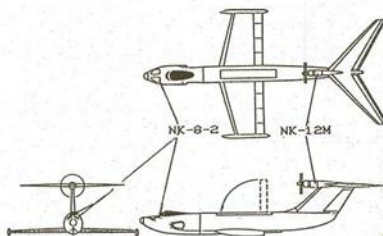


10. ábra

tendő kiemelkedést és a gyorsítást két, a gép orr-résztében elhelyezett (TU-154 és IL-62M repülőgépeken használatos) NK-6-2 gázturbinás hajtómű segíti. A vízfelszín felett 4-5 m magasságban repülő légi járművet 5 főnyi személyzet irányítja. Az eddig megépült 10 gép katonai változatain a repülőgépvezető fülke mögött külön toronyban 40 mm-es gépágyút helyeztek el, a teherter SS-20-as rakéták befogadására (indításra?) is alkalmas.

A konstrukció életképes voltát bizonyítja, hogy közös amerikai-orosz vállalat alakult ekranoplanok gyártására. A fejlesztés becsült költsége 15 milliárd USD. Elsőként az A-90-150 gyártását kívánják beindítani neves amerikai cégek

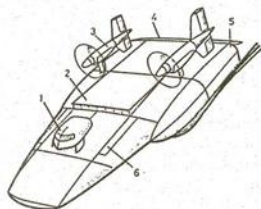
bevonásával. Tervek szerint a Lockheed és a General Dynamics szerkezeti elemeket, a Pratt and Whitney, valamint a General Electric hajtóműveket szállítana.



11. ábra

A nagy geometriai méretű katonai ekranoplanok létrehozását más amerikai vállalatok is fontolgatják. A 12. ábrán egy, a Grumman-cég által javasolt csupaszárny rakéta-cirkáló vázlatrajza látható. A

két, légszavaros gázturbinás hajtóművet a függőleges vezérsíkokkal közös blokkban (3) kívánják elhelyezni, így is javítva azok haté-



12. ábra

ségét. A magassági kormány (4) a törzs hátsó részére kerül, csőröként a repülés közben differenciáltan fel-le mozgatható szárnyvégzáró lapok (5) szolgálnak. A vízfelszínről történő felemelkedéshez külön hajtóművek hoznak létre légpárnát, ezek kompresszorához záslus szivótorokkal (2) vezethető a levegő. A rakéta-fegyverzetet a vezetőfülke (1) két oldalán lévő zárt konténerekben (6) szállítják.

A felsoroltakon kívül előtervek készültek még, de - szant - szállító, tengeralattjáró - elhárító és repülőgép - szállító ekranoplanok létrehozására is. Az utóbbi 20-30 könnyű, vadász vagy felderítő repülőgépet szállithatna. A nagy maximális haladási sebesség következtében ($v=250-300$ km/ó) a szállított (hagyományos!) repülőgépek fel- és leszállásához nem lenne szükség nekifutási (kigurulási) pályára, így fedélzeti indító, elfogó-fékező berendezésekre sem.

Arra a kérdésre, hogy a megismert előnyök valóban elégségesnek bizonyulnak-e az ekranoplanok széleskörű elterjedésére, már az elkövetkező évek megadják a feleletet.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Ando Shigenori: Kritikai körkép a szállító ekranoplanok korszerű fejlesztési koncepcióiról.
JOURNAL JAPAN SOC. AERONAUT. AND SPACE SCI. 1990. N^o 99. p. 28-40.
(Japán cikk angolról oroszra történt fordítása alapján).
2. Ando Shigenori: Az ekranoplanok repülési távolságának számítása.
JOURNAL JAPAN SOC. AERONAUT. AND SPACE SCI. 1990. N^o 440. p. 50-54.
(Japán cikk angolról oroszra történt fordítása alapján).
3. Belavin N.I.: Letajusie korabli
IZDATELSZTVO DOSZAF, Moszkva 1983.
4. Dressel, Joachim - Griebel, Manfred: Flugzeuge und Hubschrauber der Bundeswehr
MOTORBUCH VERLANG, Stuttgart 1990. p. 248-249.

5. Dodds, Henry: Secrets of a Soviet skimmer emerge at last
INTERAVIA 1991. október p.7.
6. Ekranoplanok
MITSUBISHI DZUKO GIHO N°5 p.475-477.
(Japán cikk Angolból oroszra történt fordítása
alapján).
7. Elliot, Simon: UTVA lannches WIG Ekranoplan
FLIGHT INTERNATIONAL 1990. N° 4238. p.17.
8. Gaines, Mike: USA joins Russia on Wingship
FLIGHT INTERNATIONAL 1992. március 11-17. p.5.
9. Lange Roy H.: Reviev of unconventional aircraft design
concepts
JOURNAL AIRCRAFT 1988. N°5. p.385-392.
10. Óvári Gyula: A légi járművek gazdaságosságát és manőverező
képességét javító sárkányszerkezeti megoldások
(főiskolai jegyzet).
KGYRMF, Szolnok 1990. p.293-303.
11. Velovich, Alexander: Soviet navy tests "Ekranoplan"
FLIGHT INTERNATIONAL 1992. január 15-21. p.12.

A KONVERTIPLANOK FEJLESZTÉSÉNEK ÉS
KATONAI FELHASZNÁLÁSÁNAK TAPASZTALATAI

A dönthető légcसारु repülőgépek kifejlesztését a Bell Helikopter Textron cég kezdte el a negyvenes évek végén, az ötvenes évek elején. A konvertiplánok előnyeként jelentkezik a függőleges fel- és leszállás, valamint függés végrehajtásának képessége a gép úgynevezett "helikopter" üzemmódján, illetve a nagy utazósebesség elérésének lehetősége a "repülőgép" repülési módon [2].

Az XV-3 típusú repülőgép a tilt rotor aircraft koncepció előfutárai közt található [3]. A Convertiplane program keretében fejlesztette ki az XV-1 és XV-2 gépeket a Bell cég, illetve a Transcendental vállalat a Model 1-G gépet, amely 1954-ben vízszintes repülése során megsemmisült, a közös beállítási szög vezérlőkar rögzítésének hibája miatt.

Az XV-3 tervezése egy 1951-ben kötött szerződés alapján kezdődött a koncepció felderítő, megfigyelő és egészségügyi mentő lehetőségeinek demonstrálására. Ez utóbbi feladat végrehajtására a gépen két hordágy elhelyezéséhez szükséges helyet alakítottak ki.

A típus első példányának első repülésére 1955-ben került sor. Ezt a prototípust egy 330 kW teljesítményű dugattyús motorral és 7,8 m átmérőjű, háromlapátos, csuklós lapátbekötésű forgószárnyakkal szerelték fel. A gép berepülésével megelőzték az 1:4 arányú modelljén végzett szélcsatorna méréseket. A mérések célja a légcसारुk hatásfokának meghatározása volt vízszintes tengelyű üzemmódon, a függéshez képest 50 %-ra csökkentett fordulatszámra.

Az XV-3 első példányát sikeresen próbálták ki a földhöz nyúló, megmutatva, hogy a gép talajrezonanciára való hajlammal nem rendelkezik. Az elemzések és a szélcsatorna kísérletek komoly elhanyagolásai következtében a légcsavarok lassú forgatásakor "repülőgép" üzemmódon levegőrugalmassági és hosszanti stabilitási problémák léptek fel. Már közvetlenül az első felszállás után a "szárny - pilon - forgószárny" rendszer instabilitása mutatkozott. Az átmeneti üzemmódokon pedig légcavar instabilitás jelentkezett, amely végül is az első példány törését és a berepülést végző repülőgépvezető sérülését okozta.

A negatív tapasztalatokat figyelembe véve a tervezők az addig használt instabilnak bizonyult háromlapátos forgószárnyakat a második példányon kardán bekötésű, kétlapátosokra cserélték fel, amit már korábban sikeresen alkalmaztak a Bell-47 helikoptereken.

Ezen gép berepüléseit 1958-ban kezdték el, 200 $\frac{\text{km}}{\text{óra}}$ -ás repülési sebességet érve el. Azonban a légcavar "hullámszának" jelenléte a hajtóműgondola 40°-os dőlésekor szükségesé tette az XV-3 kiegészítő méréseit a NASA Ames Aeronautical Research Center (Moffett Field, Kalifornia) 12 x 24 m-es mérőterű szélcsatornájában. Ezen kívül a "szárny - pilon - forgószárny" rendszer analóg modelljén stabilitási modellvizsgálatokat végeztek. Az analízisek után a vezérlési rendszer merevségének növelését és a szárny alatti felület módosítását határozták el.

Az XV-3 berepülései 1959 májusában újra elkezdődhettek, melynek során 38 felszállást hajtottak végre. Összesen 29,6 órát repülve, 40 "repülőgép" üzemmódra való áttérést és ezen a repülési módon 20 légcavar fordulatszám csökkentést hajtottak végre. A berepülésekről szóló beszámolók kiemelik a gép alkalmazásának perspektivikusságát, a forgószárny tenge-

lyek döntésekor létrejövő átmeneti üzemmódok megvalósításának egyszerűségét, valamint a konvertpilán és a helikopterek kormányzás bonyolultságának összemérhetőségét.

A második prototípus berepülése során jelentkezett hiányosságok és problémák közt található például:

- a földközeli függés esetén fellépő oldallengés instabilitása;
- a hajtómű teljesítmény hirtelen növelésének szükségessége "repülőgép" üzemmódról "helikopter" üzemmódra való átváltáskor;
- a kisebbességű "helikopterszerű" repüléskor kis hossz- és útirányú stabilitás;
- a lapátok túlzott lengő mozgása "repülőgépszerű" repülés esetén;
- kis dinamikus hosszstabilitás "repülőgép" üzemmódon;
- nagy káros ellenállás nagysebességű repüléskor.

A Bell cég többször indítványozta, hogy növeljék meg az XV-3-ba épített hajtómű teljesítményét, valamint a fenti hiányosságok kiküszöbölése érdekében a forgószárnyakon és a vezérlőrendszeren módosításokat hajtsanak végre. Sajnos ezeket a javaslatokat nem valósították meg, így kiegészítő szélcsatorna mérések után az XV-3 konvertpilán prototípusát végleg múzeumba helyezték.

Az XV-3 szélcsatorna mérések eredményei megmutatták a légcsavarok "repülőgép" üzemmódon keletkező instabilitásának az örvényflatterral analóg jellegét. A probléma megoldása érdekében új elméleteket dolgoztak ki és az analízis új korszerűsített numerikus módszereit próbálták ki. Az 1986-ban végzet mérések eredményei az elvek helyességét igazolták.

A Bell cég a hatvanas években új konvertpilán tervét kezdte kidolgozni az USA hadsereg programjának igénye alapján, a CH-47 Chinook és a CV-7 Caribou helikopterek felvál-

tása érdekében [6].

A fejlesztéssel kapcsolatos kísérleteket szélcsatorna mérésekkel kezdték a gép *Model 266* nevet viselő kicsinyített másán. Ezen vizsgálatok befejezése után 1968-ban, elkezdte a demonstrációs gép megépítését, amely az XV-15 prototípusaként a *Model 300* nevet kapta. A gép két 7,62 m átmérőjű forgószárnyal és két PT-6 hajtóművel rendelkezett. Az aerodinamikai karakterisztikák és a dinamikus stabilitás vizsgálata érdekében készítették el és az 1969 - 73-s periódusban intenzíven vizsgálták a *Model 300* gép 1 : 5 arányú aerodinamikai és aeroelektikus modelljét.

A kutatásokat 1970-ben a megvalósított eredeti nagyságú "forgószárny - szárny - vezérlés" rendszerrel szélcsatornában folytatták, elérve a $370 \frac{\text{km}}{\text{óra}}$ megfúvási sebességet. A mérések során a rendszer jellemzői megfelelték a program követelményeinek.

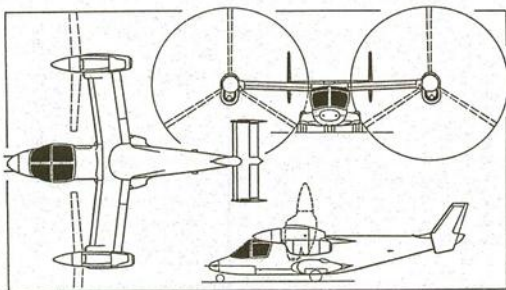
1972-ben a *Model 300* berepüléseit a NASA és az USA hadsereg közös programja alapján folytatták, azzal a céllal, hogy ellenőrizzék a "forgószárny - pilon - szárny" rendszer stabilitását, a gép kormányozhatóságát, szállóképekkel szembeni érzékenységet, illetve, hogy meghatározzák a biztonságos repülési üzemmód tartományt.

A program fő célkitűzései a következők voltak:

- az XV-3-ra jellemző hiányosságok kiküszöbölése;
- a gép jellemzőinek tökéletesítése függés üzemmódon, beleértve a légpárna hatáson kívül való függést egy működő hajtóművel;
- jó (MIL-F-8785 norma szerinti 1. szintnek megfelelő) kormányozhatóság biztosítása;
- az új gép kifejlesztési árának minimalizálása;
- analízisek folytatása, a gép szélcsatornában folytatott vizsgálata és szimulátoron történő modellezése.

Ilymódon az XV-15 gép kidolgozása során az elsődleges szempontok a biztonság, ár, repülési paraméterek, valamint az építési és kutatási program Utemtervének tartása voltak. Az Ames Aeronautical Research Center szimulátorán végzett repülésmodellezés a gépszemélyzet kiképzésében és az a gép tervezésben hatékony eszköznek bizonyult.

A tervező vállalat 1973-ban az XV-15 két példányának megépítésére kapott megbízást. A gépek a Model 300 forgószárnyaival és közlőműrendszerével, valamint a Lycoming cég T-53 hajtóműveivel rendelkeztek, mely utóbbiak már biztosítani tudták a függéshez szükséges teljesítményt egy meghibásodott hajtómű esetén is.



1. ábra
Bell XV-15 háromnézetű rajza

Az XV-15 gép háromnézetű rajza az 1. ábrán, főbb geometriai és repülési teljesítmény adatai a táblázatban találhatók [4].

Az XV-15 kifejlesztési költségének csökkentése érdekében a "dönthető légcsavar - közlőmű - hajtómű - vezérlés" rendszer elemeit a kialakításuk után külön-külön padokon próbálták ki. Majd ezután az egész rendszert a gép első példányán egy 50 órás minősített vizsgálat során, együtt ellenőrizték földhöz nyugvó állapotban. A gép nyugvó helyzetét úgy oldották meg, hogy biztosítva legyen a rotorok döntése és az összes rendszer vibráció vizsgálatának elvégzése.

Az XV-15 első felszállására 1977 májusában került sor. A berepülések első szakaszában függéseket és "helikopter" üzemmódon történő vízszintes repüléseket hajtottak végre maximum $75 \frac{\text{km}}{\text{óra}}$ sebességgel. Ekkor semmilyen problémát sem találtak. Ezek után a gépen szálcsonna méréseket végeztek maximálisan $370 \frac{\text{km}}{\text{óra}}$ -s megfúvási sebességgel, a vezérlő rendszer "repülőgép" üzemmódon való kipróbálása érdekében.

A második példány 1979 áprilisában készült el, első repülését júliusban hajtották végre.

A gépek jó kormányozhatósággal rendelkeztek és a repülőgépvezető szempontjából a forgószárnyak döntésekor létrejövő átmeneti üzemmódok nem okoztak problémát. Az XV-15 alacsony zaj és vibráció szinttel, függés esetén elfogadható légcsavarszállal, valamint "repülőgép" üzemmódon megfelelő szállóképekkel szembeni érzékenységgel rendelkezett.

Az utolsó 1982 - 84 évi periódusban az XV-15-tel - a megrendelő programja szerint - cél és bemutató repüléseket végeztek. A program célja a rádiólokációs felderítés, hajtófedélzetéről történő alkalmazás, külső teherszállítás, manőverező képesség és földközeli repülés, valamint a légi utánöltés lehetőségeinek vizsgálata volt.

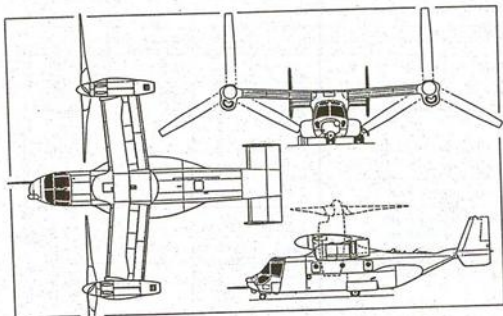
	XV-15	V-22
Forgószárny átmérő	7,62 m	11,58 m
Forgószárny tengelyek közti távolság	9,80 m	14,19 m
Forgószárny lapátok hűrhossza	0,36 m	0,87 m
	tőben	0,56 m
	végén	
Szárnyterjedtség hajtómű gondolákkal hajtómű gondolák nélkül	10,72 m	14,02 m
A szárny hűrhossza	1,60 m	2,54 m
Teljes szélesség	17,42 m	25,78 m
A törzs hosszúsága	12,50 m	17,47 m
Teljes hossz	12,83 m	19,09 m
Magasság a függőleges vezérsíkoknál	3,86 m	5,35 m
Magasság függőleges forgószárny- tengelyekkel	4,67 m	6,36 m
A vízszintes vezérsík terjedtsége	3,91 m	5,61 m
Üres tömeg	4341 kg	14463 kg
Felszálló tömeg		
függőleges felszállás esetén	5897 kg	21545 kg
repülőgépes felszállás esetén	6904 kg	27442 kg
Maximális repülési sebesség		
helikopter üzemmódon		185 km
repülőgép üzemmódon	615 km	509 óra
	óra	
Csúcsmagasság	8840 m	7925 m
Maximális hatótávolság	824 km	3892 km

I. táblázat
XV-15 és V-22 repülőgépek főbb adatai

Az XV-15 repülőgép bemutató repüléseit 1990-ben 165 fő különféle minősítésű repülőgépvezetővel végezték, melyek mindegyike szerint a gép könnyen vezethető mind "helikop-

ter", mind "repülőgép" üzemmódon, az átmeneti üzemmódokon a forgószárny döntése egyszerű és gyors, a zaj és vibrációs szint a fülkében alacsony.

Az XV-3 és az XV-15 repülőgépek építésének és berepüléseinek tapasztalatai alapján fejlesztette ki a Bell Helicopter Textron és a Boeing Helicopters cég a V-22 Osprey (vadászás) típusú dönthető fogószárnyas repülőgépet. A konverziplán háromnézetű rajzát az 2. ábra, főbb geometriai és repülési teljesítmény adatait a táblázat mutatja [5].



2. ábra

Bell/Boeing V-22 Osprey háromnézetű rajza

Ezen kovertiplán katonai alkalmazásának lehetőségeit hadgyakorlat keretében vizsgálták [1], melyek során helikopterekkel hasonlították össze. Ezért három légiflottát hoztak létre:

az első: 36 db. Sikorsky CH-60 és
52 db. Sikorsky CH-53E Super Stallion;

- a második: 60 db. V-22 *Osprey* és
20 db. Sikorsky CH-53E *Super Stallion*;
- a harmadik: 48 db. V-22 *Osprey* és
20 db. Sikorsky CH-53E *Super Stallion*

gépekből állt.

Az egyik harctevékenység forgatókönyvében a szárazföldi csapatok harckocsik elleni tevékenysége támogatásának hatásságát vizsgálták. Ekkor a második flotta egyenletes teherbíró képességgel rendelkezett, a harmadik flotta egyenértékű volt az első flottával, a másodikhoz képest kisebb teljesítményt nyújtva a terhek szállításában.

A másik harctevékenységi forgatókönyv alapján a tengerészgyalogság támogatását becsülték meg, az első (helikopter) és a második (vegyes) flotta alkalmazásával a Földközi tenger körzetében. A V-22 repülőgépek nagy sebességének köszönhetően a tervezett 118 helyett 178 felszállást hajtottak végre, a szállított terhek mérete két-háromszorosa volt az első helikopter flotta által szállított terhekhez képest. A V-22 gépek felhasználása lehetővé tette a második flotta CH-53-E helikoptereinek alkalmazásának csökkentését, mivel azokat csak nagy terhek szállítására kellett alkalmazni.

Az eredmények ellenére 1989-ben az USA Védelmi Minisztériuma nem indította el a V-22 gépek sorozatgyártását. A szenátus és a képviselőház támogatásával a *Osprey* konvertiplánok kutatásait mint a *Bell Helikopter Textron*, mint a *Boeing Helicopters* cég 1991-ben folytatta.

Felhasznált irodalom:

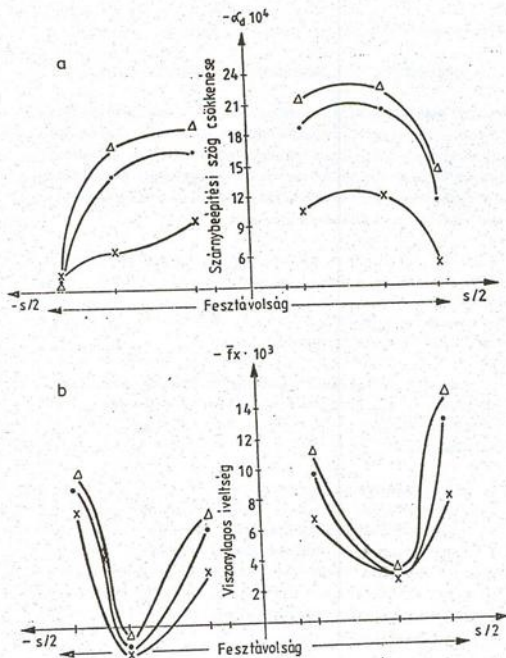
- 1 - Bond David F.: Bell, Boeing unveil new V-22 mission effective analysis, Aviat. Week and Space Technol., 1990/12, 117-119.
- 2 - Dr. Pokorádi László: A dönthető rotorú repülőgépek, Hadditechnika, Budapest, 1992/1, 2-5.
- 3 - Thomson T.: The Bell helicopter XV-3 and XV-15 experimental aircraft, "AIAA Pap.", 1990 N 3265, 1-9.
- 4 - Taylor, John W.R.: Jane's all the world's aircraft 1986-87, London, Jane's, 1986.
- 5 - Taylor, John W.R.: Jane's all the world's aircraft 1989-90, London, Jane's, 1989.
- 6 - Опыт разработки экспериментальных винтокрылых аппаратов XV-3 и XV-15, Авиастроение, Москва, 1991/42, 18-22.

A REPÜLŐGÉPEK REPÜLÉSDINAMIKAI IDENTIFIKÁCIÓJA

A repülőgépek tényleges műszaki állapota és az azt vizs-
szatúkröző - általában közvetlenül nem mérhető - belső jel-
lemzők állandóan, előre nem meghatározható módon változnak.
E paraméterek egy részének változása jelentősen befolyásol-
hatja a repülőgép repülésmechanikai (kormányozhatósági, sta-
bilitási stb.) tulajdonságait.

Példaként említem azt amit 1. ábrán láthatunk, nagyse-
bességű repülőgép félszárnyai elcsavarodásának (1.a ábra) és
ívelttségének (1.b ábra) változását mutatja a terjedtség men-
tén az Üzemidő függvényében [1]. A grafikonok vizsgálatából
az alábbi következtetések vonhatók le:

- az Üzemeltetés folyamán jelentős maradandó alakváltozás
észlelhető, amely természetesen maga után vonja a repü-
lőgép aerodinamikai és repülésmechanikai paramétereinek
változását is;
- a szárny maradandó torzulása a terjedtség mentén nem
monoton jelleggel változik. Ennek egyik oka az, hogy a
torzulás változásai megfelelnek a másodfajú aeroelasz-
tikus lengések ún. beállási görbéinek. Másik oknak pe-
dig a repülőgép szerkezeti kialakítása tekinthető. A
középső szintezési pont a főfutómű bekötési csomópontja
közelségében található, így ott nagymértékben jelentkeznek
a durva leszállások hatásai;
- a jobb és bal oldali félszárnyak alakváltozásai jelen-
tősen eltérnek egymástól. Ezt az indokolja, hogy a re-
pülőgépvezetők lehetőség szerint balfordulókat végez-
nek, illetve a leszállások során a bal főfutó ér álta-
lában előbb földet. Az eltérések hatására a gép aerodi-



1. ábra

Szárnykeresztmetszetek geometriai jellemzőinek változása

a - beépítési szög; b - viszonylagos íveltség;

Δ - 400 óra; • - 800 óra; x - 1200 óra.

namikailag is asszimmetrikussá válik, billenésbiztonsága csökken.

Könnyen belátható, hogy a fent ábrázolt maradandó deformációk időbeni változása sztochasztikus folyamat. Így azok - például a stabilitásra gyakorolt - hatása sem determinálható előre pontosan a repülőgép Üzemideje során.

A gépek optimális Üzemeltetéséhez és Üzembentartásához a belső jellemzők - melyek közé a repülésdinamikaiak is tartoznak - változását, pillanatnyi értékét valamilyen módon meg kell határozni. A repülőgépek repülésének matematikai modellezése a repülésbiztonság kutatásának is fontos eszköze [2].

1. A paraméterbecslés általános leírása

A repülésdinamikai jellemzők becslésének feladata általános formában nagyon egyszerűen megoldható. Tételezzük fel, hogy a repülőgép mozgása olyan dinamikus egyenletrendszerrel írható le, amely tartalmazza az ismeretlen paramétereket is. Ezt az egyenletrendszert, illetve ennek megoldását a repülőgép repülésdinamikai matematikai modelljének nevezzük. Az ismeretlen paraméterek értékeinek meghatározása céljából a rendszert bizonyos jelekkel gerjesztjük a bemeneten, a kimenetnél pedig mérjük és rögzítjük a rendszer reakcióját a bemenő jellemzőkkel együtt. Ezután, ha a modell az előírt bemenő jelekre adott reakciója megegyezik a működő rendszer reakciójával, az ismeretlen paraméterek értékei meghatározhatóvá válnak. Ebben az esetben az ismeretlen paraméterek a meglévő matematikai eljárások valamelyikével könnyen identifikálhatók.

A becslési eljárások alkalmazásakor problémát jelentenek a vizsgálat során fellépő úgynevezett zajok, amelyek két csoportba sorolhatók.

Az első az úgynevezett mérési zaj, amely a mérésekhez használt módszerek pontatlanságából származik. A mérő rendszerek szükségszerű hibái a dinamikus modellre rendszerint, mint összegzett mérési zaj hatnak. Ezek hatására alapvetően változhat a feladat elméleti jellege is, adott esetben a mérési zajok miatt lehetetlenné válhat az ismeretlen paraméterek értékeinek identifikálása. Ekkor azok értékeit valamely statisztikai kritérium szerint kell becsülni.

A statisztikus modell alapján történő becslés algoritmus a következő főbb lépéseket foglalja magában:

- a repülési szituáció kialakulása, a mozgás és a repülési feltételek matematikai modelljeinek kiválasztása;
- a statisztikus modellezési feladat megoldási módszereinek kiválasztása;
- a statisztikus vizsgálat optimális tervezése a kiválasztott statisztikus modellzési módszeren belül;
- a statisztikus vizsgálat lefolytatása;
- a kiválasztott statisztikus hipotézis vizsgálati eljárások elvégzése;
- a statisztikus hipotézis eredményein alapuló ajánlások kidolgozása.

Az eredmény elfogadása, a fenti algoritmus pontjainak végrehajtása az eljárás optimalizálásán alapszik, beleértve a statisztikus vizsgálat optimális tervezését is [15].

A feladat bonyolultságának másik oka az úgynevezett állapotzaj jelenléte, amelyet mint a rendszer véletlen ger-

jesztése határozhatunk meg. Az állapotzaj legjellemzőbb példájára a repülőgép kormányozhatóságának és stabilitásának vizsgálata esetén a légköri turbulencia szolgál.

Az áramlási turbulencia kutatása nagyon fontos, főleg a vitorlázó repülés számára. Három okunk is van arra, hogy igyekezzünk minél többet megtudni törvényszerűségeiről:

- a határrelemben keletkező turbulencia növeli a repülőgép ellenállását és ezzel rontja annak aerodinamikai jellemzőit és teljesítményét;
- a repülőgép üzemidejét korlátozó kifáradási károsodás és maradandó deformáció jelentős részét a turbulencia okozza;
- vitorlázó repülőek esetén a repülés fenntartásához szükséges energiát az emelő áramlatokból lehet venni, ezek pedig köztudottan mindig erősen turbulensek.

A fenti három ok bármelyike egymagában is indokolná a kutatók a légköri turbulencia iránti érdeklődését. Hazánkban ezzel a kérdéssel - nemzetközileg is elismerten - Dr. Gedeon József foglalkozik [5].

A légköri turbulencia, vagyis a szabad légkörben található sztochasztikus lengőmozgás leírása az első pillanatban rendkívül bonyolult feladatnak tűnik. Az átlagos szélesebség $\underline{c}$ vektorára szuperponálódó háromméretű időben és térben véletlenszerűen változó $\underline{u}$ sebességteret kell ugyanis leírni.

A légköri turbulenciához hasonló sztochasztikus jelenségek mérése vagy számítására vonatkozó átgondolt ésszerű fejlesztés aligha képzelhető el a spektrum módszer alkalmazása nélkül. A mért nyers teljesítmény-sűrűség spektrumok - bár tartalmazzák a jelenségre vonatkozó összes információt - eb-

ben a formában pontos és gazdaságos további feldolgozásra kevésbé alkalmasak. Ezért érdemes a mért spektrumpontokat egy megfelelő analitikus függvénnyel, például a legkisebb négyzetek módszere szerint kiegyenlíteni. Erre a szokásos mérési frekvencia tartományon belül az elfogadható illeszkedés szempontjából több függvénycsalád is alkalmas lehet.



A meteorológiai és repülési mérések szerint a G_w teljesítmény sűrűség spektrumok alakja független a légköri turbulencia eredetétől (például időjárási front vagy a napsugárzástól eredő felmelegedés) és csak a turbulencia erősségében különböznek egymástól (2. ábra).

2. ábra

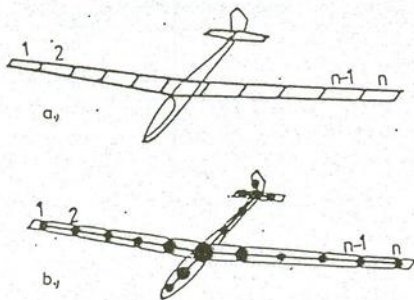
Légköri turbulenciák teljesítmény spektrumai

A légköri turbulencia a repülőgépekre nem egyetlen pontban, hanem annak egész felületén hat. Ezért a gépet egy n szabadságfokú diszkrét matematikai modellel helyettesítjük és a gépre ható w széllelőkések leírására az ennek megfelelő $n \times n$ méretű

$$G_{ww}(f) = \begin{bmatrix} G_{11}(f) & G_{12}(f) & \dots & G_{1n}(f) \\ G_{21}(f) & G_{22}(f) & \dots & G_{2n}(f) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1}(f) & G_{n2}(f) & \dots & G_{nn}(f) \end{bmatrix} \quad (1)$$

spektrummátrixot használjuk, ahol f a frekvenciát jelöli.

Tegyük fel, hogy a gép egy turbulens zónán repül keresztül. Ez esetben a dinamikai számításokhoz a gépről kettős - egy a cirkulációt tartalmazó lapalelemkből felépített áramlástan és egy koncentrált tömegekből álló mechanikai - modellt kell összeállítani (3. ábra).



3. ábra

Vitorlázógép aeodinamikai (a) és mechanikai (b)
végezelem modelljei

Általában ritkán lehet pontosan leírni a fizikai rendszereket egyszerű dinamikai modellek segítségével, ezért nagyon fontos a modellezési hibák kérdése. Jelenleg még nincs megfelelően kidolgozva a modellezési hibák számítási módszere, illetve részletes elmélete. Az esetek többségében a modellezési hibákat egyszerűen figyelmen kívül hagyják, vagy mérési, illetve állapot zajjal aproximálják, eltekintve attól, hogy a modellezési hibák mint véletlen körülmények definiálhatónak bizonyulhatnak.

A modellezés során első lépés a repülőgép mozgásegyenlet rendszere általános alakjának felállításából áll, amelyet az alábbi formában lehet leírni:

$$\underline{x}(t_0) = \underline{x}_0 \quad (2)$$

$$\dot{\underline{x}}(t) = f(\underline{x}(t); \underline{u}(t); \underline{\gamma}) + \underline{F} \underline{u}(t) \quad (3)$$

$$\underline{z}(t_0) = g(\underline{x}(t_0); \underline{u}(t_0); \underline{\gamma}) + \underline{H} \underline{\eta} \quad (4)$$

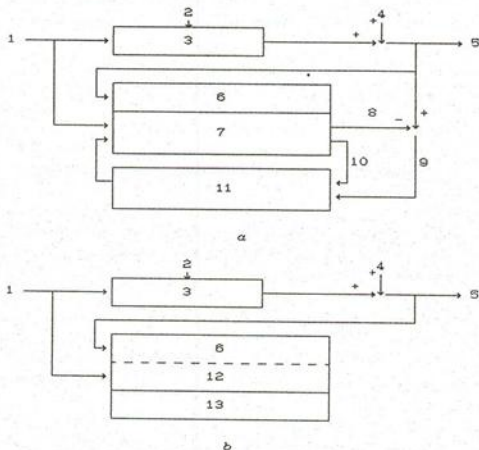
ahol:

- $\underline{x}$ - a repülési helyzetet leíró paraméterek vektora;
- $\dot{\underline{x}}$ - az $\underline{x}$ vektor idő szerinti deriváltja;
- $\underline{u}$ - bemenő jellemzők vektora;
- $\underline{\gamma}$ - ismeretlen jellemzők vektora;
- $\underline{u}$ - az állapot zajok vektora;
- t - idő;
- $\underline{z}$ - kimenő jellemzők vektora;
- $\underline{\eta}$ - mérési zajok vektora;
- $\underline{F}$ - állapotzajok mátrixa;
- $\underline{H}$ - mérési zajok mátrixa.

Az állapotzaj vektorról feltételezik, hogy egyvevített állandó fehér zaj, amely zérus várható értékű, Gauss - vagy másnéven normál - eloszlású stochasztikus folyamat. A mérési zajok vektorát pedig Gauss eloszlású, független véletlen változók sorozatának tekintik egységnyi kovarianciával és zérus várható értékkel. Továbbá feltételezik, hogy az ismeretlen paraméterek minden lehetséges értékének becsléséhez meghatározható annak a valószínűsége, hogy a repülőgép zavarásokra adott reakciójának időintegrálja közelítőleg egyenlő lesz a megfigyelés kifejezésének időintegráljával.

A becslési feladat az alábbi formában fogalmazódik meg: meg kell határozni az $\underline{\gamma}$ vektort $\underline{z}(t_1)$ diszkrét mérések alapján ismert $\underline{u}(t_1)$ bemenő jellemzők esetén a (2) - (4) egyenletekkel leírt általános modellen és ismeretlen kezdeti $\underline{x}_0$

állapot esetén.



4. ábra

Lineáris rendszer paraméterbecslési módszerei

1 - bemenő jel; 2 - állapotzaj; 3 - repülőgép; 4 - mérési zaj; 5 - mért reakció; 6 - matematikai modell; 7 - az állapot becslése lineáris vagy nem lineáris szűrők segítségével; 8 - a becsült reakció; 9 - hiba a reakcióban; 10 - érzékenységi függvény; 11 - a paraméterek újrabecslése a valószínűségi függvény optimalizációja útján; 12 - az ismeretlen paraméterekkel kibővített állapotvektor; 13 - a kibővített állapotvektor becslése a kibővített Kalmán szűrővel.

A be- és kimenő jellemzők mérése magában hordoz Δx és Δy

állandó hibákat, melyeket szintén szükséges becsülni. Több esetben nem lehetséges a Δy vagy Δz vektorok összes komponensének becslése, mivel lineárisan függők, így erős korrelációjukak lehetnek.

A lineáris rendszer paraméterbecslésének feladatához két megközelítés lehetséges [6]:

- az ismeretlen paraméterek hibáinak becslése, azok kialakulásakor, néhány függvény minimalizálásával (4.a ábra);
- akkor végzett szűrés, amikor az ismeretlen paramétereket mint az állapot kiegészítő változót állapítják meg (4.b ábra).

A két módszer elvi vázlatát mutatja be a 4. ábra.

Az állapotzaj hiánya esetén a legnagyobb valószínűség módszere az alábbi funkcionál értékének minimalizálásához vezet:

$$J(Y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left[\underline{z}(t_i) - \tilde{\underline{z}}_Y(t_i) \right]^T \underline{R}^{-1} \left[\underline{z}(t_i) - \tilde{\underline{z}}_Y(t_i) \right] + \frac{N}{2} \ln |\underline{R}| \quad (5)$$

ahol:

$\underline{z}(t_i)$ - kimenő jellemzők mért értékeinek vektora a t_i időpillanatban;

$\tilde{\underline{z}}(t_i)$ - kimenő jellemzők számolt értékeinek vektora a t_i időpillanatban;

$\underline{R}$ - a mérési zajok kovariancia mátrixa;

$$\underline{R} = \underline{H} \underline{H}^T$$

N - a mérések száma.

A $J(y)$ funkcionál foglalja magába a mért és a számított folyamat közti különbség függvényét.

Ha a (3) és (4) egyenleteket linearizáljuk, a repülőgép kormányozhatóságának és stabilitásának vizsgálatakor alkalmazott módon, akkor kapjuk a:

$$\underline{x}(t_0) = \underline{x}_0 \quad (6)$$

$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{A} \underline{x}(t) + \underline{B} \underline{u}(t) + \underline{F} \underline{w}(t) \quad (7)$$

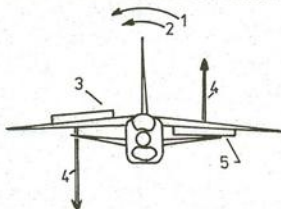
$$\underline{z}(t_i) = \underline{C} \underline{x}(t_i) + \underline{D} \underline{u}(t_i) + \underline{H} \eta_i \quad (8)$$

egyenleteket, ahol:

$\underline{A}; \underline{B}; \underline{C}; \underline{D};$ - a szerkezeti sajátosságokat tükröző, a függvények linearizálásával kapott mátrixok.

2. Egy egyszerű példa a modellezésre

Az elvi levezetés után most nézzünk egy egyszerű valós esetet: egy olyan repülőgépet, amely csak bedöntést végez a csűrőlapok kitérítésének hatására (5. ábra).



5. ábra

Bedöntést végző repülőgépre ható nyomatékok a homloksíkban

1 - ω_x orsózó szögsebesség; 2 - M_x orsózó nyomaték; 3 - jobb csűrő δ kitérítése; 4 - csűrőkön keletkező ΔF_y felhajtóerő változások; 5 - bal csűrő δ kitérítése.

Ebben a példában a repülési állapotot az ω_x orsózó szögsebesség írja le és a δ csűrőlap kitérítési szöget mint vezérlőjelet kapja a repülőgép [7]. A nyomatékok egyenletébe az alábbi formával írható le:

$$\Theta_x \dot{\omega}_x = M_x(\omega_x; \delta) \quad (9)$$

ahol: a gép x hossz tengelye merőleges a rajz síkjára, valamint:

- Θ_x - a repülőgép hossz tengelyére vett tehetetlenségi nyomatéka;
- ω_x - orsózó szögsebesség;
- $\dot{\omega}_x$ - orsózó szöggyorsulás;
- M_x - orsózó nyomaték;
- δ - a csűrőlap kitérítési szöge.

Alkalmazva a változók Taylor-sorba fejtését az első fokig, kapjuk:

$$\Theta_x \dot{\omega}_x = \frac{\partial M_x}{\partial \omega_x} d\omega + \frac{\partial M_x}{\partial \delta} d\delta \quad (10)$$

vagy, kis zavarás esetén:

$$\dot{\omega}_x = M_\omega \omega_x + M_\delta \delta \quad (11)$$

ahol:

$$M_\delta = \frac{1}{\Theta_x} \frac{\partial M_x}{\partial \delta} - \text{a repülőgép csűrőkitérítésének hatásosságát jellemző paraméter;}$$

$M_{\omega} = \frac{1}{\Theta_x} \frac{\partial M_x}{\partial \omega_x}$ - a repülőgép dőlés szerinti csillapítását jellemző paraméter.

A fenti paraméterek értékeinek megadásához szükséges a parciális differenciálhányadosok meghatározása.

Az $M_x(\delta)$ függvény általános esetben az alábbi módon írható fel [4]:

$$M_x = \frac{\partial m_{cs}}{\partial \delta} q A s \quad (12)$$

ahol:

- m_{cs} - csűrő nyomatéki tényező;
- q - dinamikus nyomás;
- A - a szárny felülete;
- s - a szárny terjedtsége.

Ebből könnyen meghatározható, hogy:

$$\frac{\partial M_x}{\partial \delta} = \frac{\partial m_{cs}}{\partial \delta} q A s \quad (13)$$

A $\frac{\partial m_{cs}}{\partial \delta}$ parciális differenciálhányados a csűrő kitérésakor keletkező légerő eloszlás nyomaték

$$M_x = 2 q \int_0^{\frac{s}{2}} \left[c_y h \right]_{cs} z dz \quad (14)$$

integráljának felhasználásával határozható meg, ahol:

$\left[c_y h \right]_{cs}$ - az úgynevezett csűrési megoszlás, amely terjedtség menti változásának jellegét a 6. ábra

szemléletes.

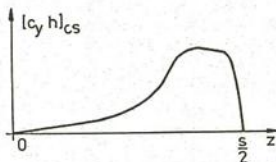
A (12) és (14) egyenletek jobb oldalait egyenlővé téve kapjuk:

$$\frac{\partial m_{cs}}{\partial \delta} = \frac{2}{A s \delta} \int_0^{\frac{s}{2}} [c_y h]_{cs} z dz \quad (15)$$

ezt a (13) egyenletbe behelyettesítve:

$$\frac{\partial M_x}{\partial \delta} = \frac{2 q}{\delta} \int_0^{\frac{s}{2}} [c_y h]_{cs} z dz \quad (16)$$

A $\frac{\partial M_x}{\partial \delta}$ parciális differenciálhányados meghatározása után állapítsuk meg a $\frac{\partial M_x}{\partial \omega_x}$ deriváltat is.



6. ábra
Csútrési légerő eloszlás

Az $M_x(\omega_x)$ függvény vizsgálatakor a pörgésből származó csillapító nyomatékot a fentiekhez hasonló módon írhatjuk le. Vezessük be a χ_x - vel jelölt relatív orsózó sebesség fogalmát, ami a szárnyvég pörgésből származó kerületi sebessége és a repülőgép repülési sebességének hányadosa.

$$\chi_x = \frac{s}{2} \frac{\omega_x}{V} \quad (17)$$

ahol:

V - a repülőgép repülési sebessége.

Ekkor a pörgési csillapító nyomaték:

$$M_x = \frac{\partial m_p}{\partial \chi_x} q A s \chi_x \quad (18)$$

ahol:

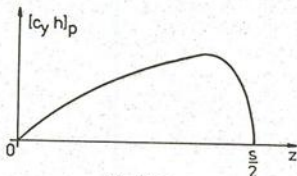
m_p - a pörgési nyomatéki tényező.

Természetesen a nyomaték meghatározható a úgynevezett pörgési légerő eloszlás nyomatéki integráljával is:

$$M_x = 2 q \int_0^{\frac{s}{2}} [c_y h]_p z \, dz \quad (19)$$

ahol:

$[c_y h]_p$ - a pörgési légerő megoszlása, amit a 7. ábra szemléltet.



7. ábra

Pörgési légerő eloszlás

A (18) és (19) egyenletek jobb oldalainak egyenlősége

alapján:

$$\frac{\partial m_p}{\partial x_x} = \frac{2}{A s} \int_0^{\frac{s}{2}} \left[c_y h \right]_p z dz \quad (20)$$

A (17) egyenlet felhasználásával meghatározzuk a

$$\frac{\partial x_x}{\partial \omega_x} = \frac{s}{2 V} \quad (21)$$

differenciálhányadost és a (20) egyenletet alkalmazva kapjuk, hogy:

$$\frac{\partial M_x}{\partial \omega_x} = \frac{1}{2 A \omega_x} \int_0^{\frac{s}{2}} \left[c_y h \right]_p z dz \quad (22)$$

Mindkét parciális differenciálhányados ismeretében megállapítható, hogy ezek az adott repülőgép sajátos jellemzői. Az is belátható, hogy ezek a paraméterek, bár egy-egy formailag egyszerű integrálegyenlettel leírhatók, gyakorlati meghatározásuk nem könnyű feladat.

Ebben az "egyméretű" esetben alkalmazzuk az M_ω és M_ϕ paraméterek egyidejű, a folyamat előzménye alapján történő becsléséhez a legnagyobb valószínűség módszerét.

Tételezzük fel, hogy a rendszer rendelkezik mérési zajjal, de állapotzajjal nem. Következésképpen, fel lehet használni a (2) - (4) egyenleteket. Az adott esetre alkalmazzuk a (5) egyenletet és tételezzük fel, hogy $|R| = 1$. Ekkor a mi esetünkben:

$$x_i = \omega_{xi} \quad \text{és} \quad z_i = x_i \quad (23)$$

következésképpen az (5) egyenlet felveszi a:

$$J(M_\omega; M_\delta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N [\omega_{xi} - \tilde{\omega}_{xi}(M_\omega; M_\delta)]^2 \quad (24)$$

alakot, ahol:

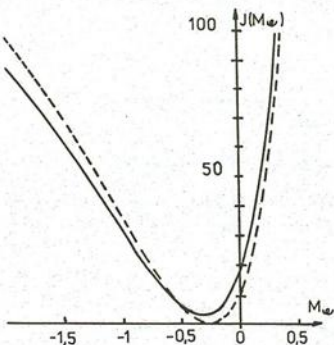
ω_{xi} - a mért orsózó myomaték értéke a t_i időpillanatban;

$\tilde{\omega}_{xi}(M_\omega; M_\delta)$ - számított érték ugyanebben az időpillanatban.

A legnagyobb valószínűségi becslés a függvényérték minimalizálása révén, a Gauss - Newton módszer segítségével adódik.

A becslés teljes folyamatát le lehet írni a fent ismertett esetre [7]. Az algoritmus elején rendelkezni kell az M_ω és M_δ kezdeti értékeivel a y_0 értékének megbecslése céljából. A $J(M_\omega; M_\delta)$ első és második deriváltjait a (24) egyenletből kapjuk meg.

Ezután nézzük az egyik változó függvényének értékét. A $J(M_\omega)$ változását mutatja be az M_ω független változó függvényében a 8. ábra. A zaj hiánya esetén (szaggatott vonal) a minimális érték $M_\omega = -0,25$ -nél egyenlő nullával. Az M_ω értékének csökkenésekor a függvény lassabban növekszik, mint M_ω növekedésekor. A tényleges - "zajos" - görbe meredeksége igyekszik kevésbé negatívvá válni $M_\omega < -1,0$ esetén. Fizikailag ez abból adódik, hogy inkább negatív M_ω -k nagyobb csillapítást jelentenek. A zaj jelenléte a minimumpont eltolódásához vezet mindkét koordinátatengely mentén, ellenben a függvény viselkedésének jellege a korábbi maradt.



8. ábra

A cikkemben ismertetett és egy egyszerű példával szemléltetett repülésdinamikai paraméter identifikációs eljárást többek közt sikeresen alkalmazták az F-14 Tomcat repülőgép és a Space Shuttle űrrepülőgép [12] aerodinamikai jellemzőinek becslésére nagy állásszögű repülési tartományban. A kapott adatok ezen repülőgépek repülésmechanikai karakterisztikáinak jelentős javításához vezettek, a kormányvezérlőrendszer jellemzőinek modernizálása illetve a vizsgált repülőgéptípus vezéreléstechnikájába bevezetett módosítások útján.

Felhasznált irodalom:

- 1 - Dr.Rohács József, Simon István: Repülőgépek és helikopterek Üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989;
- 2 - Dr.Rohács József: Repülőgép Üzemi jellemzők változásának vizsgálata, IX.Magyar Repüléstudományi Napok, Budapest, 1988, 130-144;
- 3 - Dr.Pokorádi László: A helikopter repülésdinamikai vizsgálatai repülőkísérletekkel, MN.KGYRMF. Tudományos Kiképzési Közlemények, Szolnok, 1990/6 52-60;
- 4 - Dr.Rácz Elemér: Repülőgépek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985;
- 5 - Dr.Gedeon József: A légköri turbulencia finomszerkezetéről. Mérés, gépvezetés, fárasztókísérletek. Járművek Mezőgazdasági Gépek, 1989/12 441-446;
- 6 - Jategaonkar R.V., Plaetschke E.: Algorithms for aircraft parameter estimation accounting for process and measurement noise, J.Aircraft 1989/26 360-372;
- 7 - Iliff K.W.: Parameter estimation for flight vehicles, Journal Control and Dynamics, 1989/12 609-622;
- 8 - Menon P.K.A., Walker R.A., Duke E.L.: Flight-test maneuver modeling and control, Journal Control and Dynamics, 1989/12 195-200;
- 9 - Duke E.L., Swann M.R., Enevoldson E.K., Wolt T.D.: Experience with Flight Test Trajectory Guidance, Journal Control and Dynamics, 1983/6 393-398;

- 10 - Menon P.K.A, Walker R.A.: Aircraft Flight Test Trajectory Control ISI Rept. N.65 prepared for NASA Amens-Dryden Flight Research Center under Contract NASA-11877, 1985;
- 11 - Weil J., Powers B.G.: Correlation of Predicted and Flight Derived Stability and Control Derivatives-With Particular Application to Tailless Delta Wing Configurations, NASA TM-81361, 1981;
- 12 - Cooke D.R.: Space Shuttle Stability and Control Flight Test Techniques AIAA Paper 80-1608 1980;
- 13 - Ударцев Е.П.: Идентификация аэродинамических характеристик воздушных судов, IX. Magyar Repüléstudományi Napok, Budapest, 1988, 503-507;
- 14 - Ударцев Е.П., Суббота В.Н.: Устойчивая идентификация параметров динамической модели самолета при наличии линейных зависимостей, в книге: Некоторые вопросы прикладной аэродинамики, КИИГА, Киев, 1986, 15-20;
- 15 - Боярский Г.Н., Касьянов В.А.: Методы и опыт математического моделирования полетных ситуаций, IX. Magyar Repüléstudományi Napok, Budapest, 1988, 519-526;
- 16 - Васильев В.А.: Моделирование управления маневром самолета в летных испытаниях, Авиационное 1991/17, 13-21.

REPÜLŐGÉP HIDRAULIKA RENDSZERÉN VÉGREHAJTOTT
KISÉRLETI MÉRÉS

A repülőgépek Üzemeltetése során gyakran tapasztalható, hogy az Üzemi jellemzők az Üzemidő függvényében eltérnek a névleges, műszaki leírásokban, Üzemeltetési dokumentációkban meghatározott értékektől. Ezeket az eltéréseket szerkezeti és Üzemeltetési hatások váltják ki, amelyeket a repülőgép fedélzeti rendszereinek (pl. a hidraulika rendszer) anomáliái okozzák [3]. A hidraulika rendszerbeli eltérések lehetnek: szerkezeti jellegűek (pl. rugók kifáradása, deformációk stb.), illetve Üzemeltetési hibák (pl. akkumulátorban nem megfelelő a feltöltési nyomás, helytelen beszabályozás stb.). Ezen eltérések az alkalmazott szerkezeti anyagok fizikai, kémiai tulajdonságaitól, a tervezés, gyártás sajátosságaitól függően mindenkor sztochasztikusan változtatják a hidraulika rendszer Üzemi jellemzőinek értékét.

Rendkívül fontos ezen Üzemi jellemzők dinamikus változásainak Üzemidő függő vizsgálata, melyek ismeretében egyrészt optimalizálható a repülőgép karbantartása, javítása, másrészt korszerű diagnosztikai eljárások dolgozhatók ki az adott rendszerekre.

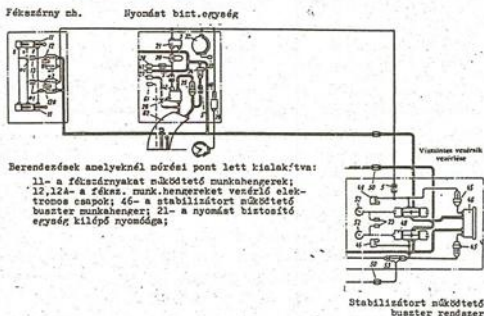
A mikroelektronika fejlettsége, a számítástechnika széleskörű elterjedése ma már lehetővé teszi, hogy fedélzeti állapotfigyelő, állapotazonosító és diagnosztizáló rendszereket fejlesszenek ki. Ehhez viszont elengedhetetlenül szükséges, a mérendő diagnosztikai jellemzők előzetes kiválasztása, valamint azok feldolgozhatósága valamely diagnosztikai modell segítségével. Mindezekhez az elméleti és gyakorlati vizsgálatokhoz, a diagnosztikai modell azonosítási problémáinak tiszt-

tízásához szükségünk van a hidraulika rendszer matematikai modelljének elkészítésére [2].

A matematikai modell minden esetben a vizsgált objektum számunkra fontos tulajdonságait tükrözi. Nem tekinthetjük ekvivalensnek a vizsgált objektummal, de kompakt jól kezelhető formában, számítógépen futtatható módon tartalmazza a vizsgált rendszer információit.

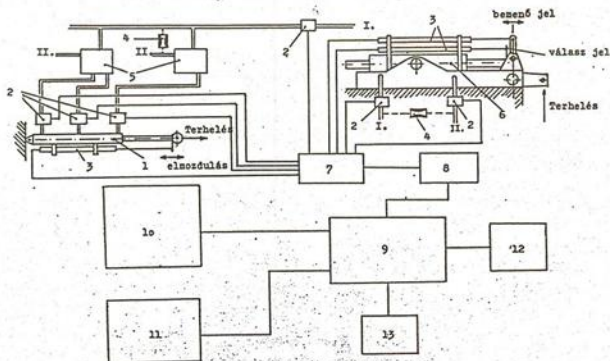
Munkám célja az volt, hogy egy nagysebességű repülőgép hidraulika-rendszer kiválasztott elemeinél az áramlástechnikai folyamatok dinamikus tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas mérőrendszert hozzak létre. A mérőrendszer kialakítását és a vizsgálatokat a főiskola repülőtechnikai Üzembentartó tanszékén végeztem el.

1. A mérőrendszer kialakítása



1. ábra

A vizsgálat végrehajtásához rendelkezésemre állt a repülőgép hidraulika rendszerének működőképes modellje. E modell vázlata látható az 1. ábrán. A mérőrendszert a háromhelyzetű fékszárnyat működtető munkahengerre (11) és a stabilizátort működtető buszter munkahengerre (4) alakítottam ki. Ahhoz,



I. a rendszer nyomóága;
II. a rendszer visszavezető ága;

1-fékszárny munkahenger; 2-piezo-rezisztív nyomásadók; 3-indukciós elven működő Hottinger típusú elmozdulás távadók; 4-meghibásodást imitálására beépített fojtóköteg; 5-fékszárny munkahengert vezérlő elektromágneses csapok; 6-stabilizátor munkahenger; 7-erősítő, normalizátor; 8-digitalizáló; 9-központi memória; 10-display; 11-nyomtató vagy plotter; 12-hajlékonylemez tároló; 13-merevlemez tároló.

2. ábra

hogy biztosítsam a berendezések üzemszerű terhelését a terhelés imitálását a következőképpen oldottam meg.

a./ A fékszárnymunkahenger esetében 2 db. azonos karakterisztikájú spirálrugót és ezek megvezetésére szolgáló tartókeretet alakítottam ki. A mérés során a munkahenger terhelése állandó értékű volt;

b./ A buszter munkahengernél az egyik oldalról történő terhelést egy laprugó köteggel valósítottam meg. Így lehetőség volt arra, hogy a mérést terhelte és terheletlen esetben is szerelés nélkül végre lehessen hajtani. A terhelő rugók karakterisztikáit mindkét esetben méréssel határoztam meg. A mérési rendszer vázlata a 2. ábrán látható.

2. Az egyes elemek feladata, működése

1 - Fékszárny munkahenger

A munkahenger háromhelyzetű, az (5) elektromágneses csapokkal vezérelt hidraulikus végrehajtó berendezés. Az elektromágneses csapokkal olyan végrehajtó mechanizmust alkot, amely biztosítja a le- és felszálláskor a fékszárnyak adott értékre történő beállítását, valamint a repülési sebesség növekedése esetén úgynevezett "úszó" fékszárny mozgással a fékszárnyon fellépő maximális erőt korlátozza úgy, hogy a légerő növekedésével a fékszárny becsukódik.

2. - Piezo- rezisztív nyomásadó

Ezt a nyomásadó típust a modern mérőberendezésekben már széleskörűen alkalmazzák. Működésének lényege: egy fémtokban elhelyezett piezo kvarckristályra a hidraulikafolyadék nyomást gyakorol, a nyomás hatására pedig a kristály mechanikai deformációt szenved. A deformációval megváltozik a kristály elektromos ellenállása is. Ezt az ellenállás változást a kristályhoz kapcsolt egyszerű Wheatstone-híd megfelelő pont-

jain, feszültségkülönbség formájában mérhetjük, amely arányos a kristály deformációját okozó nyomás értékével.

3. - Elmozdulás távadók

A Hottinger cég által kifejlesztett indukciós elven működő távadók családjából kiválasztott W 100-as típust alkalmaztam. Működési elve: egy teflon bevonatos vasmag mozog egy indukciós tekercs belsejében, s a vasmag helyzetének függvényében változik a tekercsben az indukált feszültség.

4. - Fojtás

A mérés során meghibásodásokat is imitáltam a vizsgált berendezéseknél. Erre egy 0,4 mm átmérőjű furattal ellátott lemezes fojtóköteget alkalmaztam. A fojtásokat a berendezések nyomó- és visszavezető ág közé párhuzamosan építettem be, ezzel modellezve az adott berendezés részesztéseinek növekedését.

6. - Stabilizált mőködtető buszter munkahenger

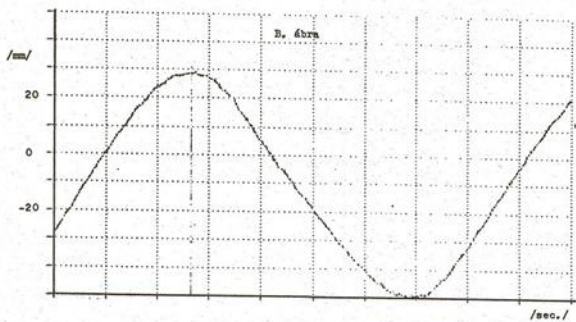
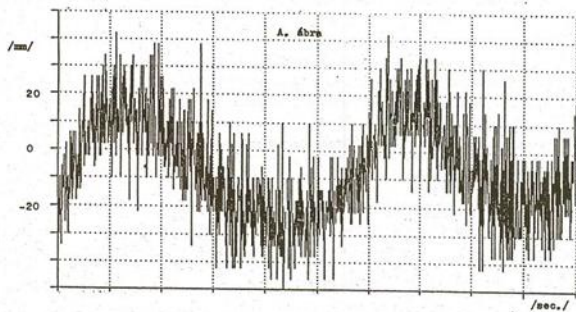
Követő vezérlésű szervó munkahenger. Maximális terhelése a dugattyúrúd zérus mozgási sebessége esetén 32 kN. A vezérlő tolattyúnak ± 2 mm-es érzéketlenségi zónája van.

7. - Előerősítő, normalizátor

Feladatuk a távadóktól érkező jelek erősítése, valamint a számítógéphez való csatlakozás lehetőségének biztosítása, a jelszintek meghatározása.

8. - 13. - IBM konfiguráció

A mérőrendszer alapján az IBM AT számítógép, valamint a rendszerbe illeszthető Asystant Plusz mérő- és kiértékelő rendszer hardware képezi. Ez a rendszer (ASYST SOFTWARE TECHNOLOGIES Inc. Rochester New YORK 1101584 széria) adatgyűjtésre és kiértékelésre kész programcsomag. Legfőbb tulajdonsága, hogy menüvezérelt, ami megkönnyíti a program kezelését. Nagy választékot tartalmaz a mérési eredmények feldolgo-



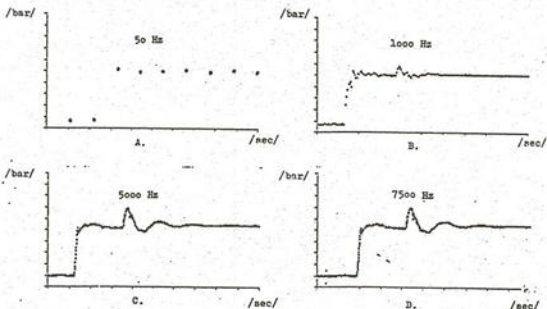
3. ábra

zásához is. A mintavételezési frekvenciák tartománya széles határok között változtatható. A program grafikai lehetőségei támogatják plotter csatlakoztatását, amellyel a mérési eredmények nagy pontosságú megjelenítése biztosítható.

3. A mérési eredmények vizsgálata

A buszter munkahengeren több mérést hajtottam végre. A 3. ábrán látható egy feldolgozatlan, szinusz bemenőjel esetében létrejövő bemenőági nyomásváltozás. Az A. ábrán látható grafikon igen sok zajt tartalmaz, de ez a zaj nem minden esetben a vizsgált rendszer sajátja. A B. ábrán a számítógép által feldolgozott simított grafikont láthatjuk. Itt a zaj nem jelentkezik de a mérési eredmények egyes esetekben még tartalmazhatják azt.

A továbbiakban már csak a számítógép által feldolgozott adatok útján kapott grafikonokat ismertetem [1].



4. ábra

A 4. ábrán azonos működési folyamatok esetében a mintavételezési frekvenciák változásával, a mérési eredmények információ tartalmával és azok alkalmazhatóságával kapcsolatos vizsgálat eredményei láthatók. Megállapítható, hogy az 50 Hz-es mintavételezés áramlástechnikai folyamatok vizsgálatára alkalmatlan mivel annak dinamikus folyamatairól sem jellegre, sem értékeire elegendő információt nem ad.

Az 1000 Hz-es mintavételezési frekvencia (B. ábra) esetében már megjelenik a rendszerben lejátszódó dinamikus folyamat, de információ tartalma még nem elegendő. Az elvégzett mérések alapján megállapítható, hogy ezen frekvencia zajtartalma az előzőnél nagyobb.

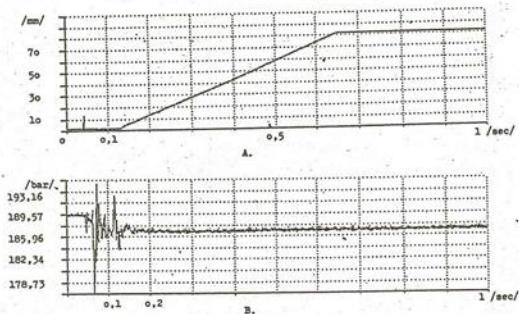
Az 5000 Hz-es mintavételezés (C. ábra) esetében a zajtartalom kicsi, az információ tartalom jó. Az adatok jól tükrözik az áramlástechnikai folyamat dinamikáját.

A 7500 Hz-es mintavételezéssel (D. ábra) már sem zajban, sem információ tartalomban nincs lényeges változás az előzőhöz képest. Megállapítható tehát, hogy a hidraulika rendszerek áramlástechnikai folyamatainak vizsgálatára az 5000 Hz-es mintavételezési frekvencia szükséges és elegendő.

Az optimális mintavételezési frekvencia megválasztása után a következő ábrákon konkrét mérési eredmények láthatók.

Az 5. ábrán a fékszárnny munkahenger egyik működési fázisa látható. Az A. ábrán a munkahenger dugattyúrúd elmozdulása, a B. ábrán a nyomóoldali nyomásérték diagramja látható. Itt (A. ábra) megfigyelhető, hogy az elmozdulás adó és a nyomásadó jeleire rászuperponálódott az elektromágneses csapok működtető nyomógomb elektromos jele, ez környezeti zaj. A munkahenger elmozdulása a csapok nyitási pillanatától kb. 0,08 másodperc múlva következik be. A nyomási lengések (B. ábra) igen jelentősek a nyomóoldalon, ami a rendszer tehetet-

lenségével magyarázható. A dugattyűrűd elmozdulása mindaddig nem kezdődik meg amíg a hidraulikafolyadék nyomáslengése nem

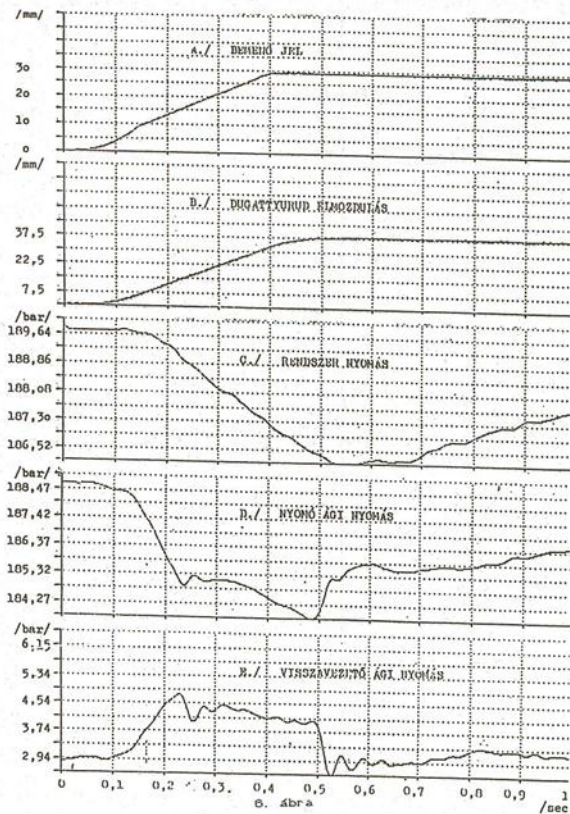


5. ábra

csillapodik le. A lengés lecsillapodása kb. 0.1 másodperc alatt történik meg, ezután a dugattyűrűd állandó sebességgel mozog, állandó terhelés mellett.

A B. ábrán a stabilizátor busztermunkahenger állandó sebességű "ugrásjelre" adott válasza, a működéskor mérhető nyomásértékek grafikonjai láthatók. Az A. ábrán a bemenőjel változását szemlélteti az idő függvényében. A B. ábrával összevetve - ami a dugattyűrűd elmozdulását mutatja - látható, hogy a dugattyűrűd elmozdulása később kezdődik meg és a bemenőjel sebességváltozása nem jelenik meg. Ez két okból tevődik össze:

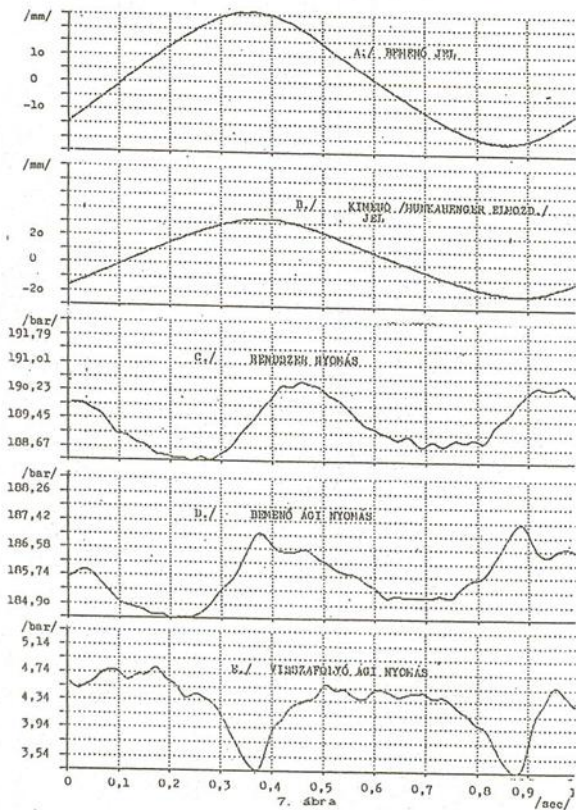
- a./ a buszter követő vezérlésű és a vezérlő tolatattyűnak ± 2 mm érzéketlenségi zónája van;



b./ a rendszer tehetetlensége.

A bemenőjel (A) éles töréssel veszi fel az állandósult értéket, míg a válaszjel (B) szinte odasimul ahhoz, bizonyos késéssel. A C. és D. ábrák összevetése során megállapítható, hogy a rendszerben a nyomásváltozás intenzitása lényegesen kisebb mint a buszter nyomóoldalán mért. A D. ábrán látható nyomáscsúcsok a vezérlőtollattyú zárási és nyitási folyamatát jelzik. Ezek a folyamatok a visszavezetőági nyomásképen is fellelhetők azonos időpillanatokban. A visszavezetőágban (E. ábra) mért nyomáslengések a buszter belső csatornáiban lejátszódó nyomáslengéseket tükrözi. A vezérlő tolattyú élének zárása után (D. ábra) gyors nyomásnövekedés, majd egy nyomáslengés látható. A lengés közel egyenletes nyomásnövekedés van a C. és D. ábrák alapján.

A 7. ábrán a stabilizátort működtető buszter munkahenger vizsgálatának eredményei láthatóak szinusz bemenőjel esetén és párhuzamosan beépített fojtással (terhelés és meghibásodás imitálás). Az A. és B. ábrákat összevetve, a bemenőjel és a válaszjel jellege megegyezik, a szélsőértékek maximális időben késnek. A B. és C. ábrákat összevetve megállapítható, hogy a nyomóági nyomás is késéssel veszi fel maximális értékét. A nyomásváltozás jellege megegyezik a bemenőjellel. A bemenőjel semleges helyzeténél (zérus kitérés) a nyomóágban egy lengési folyamat indul el, amit a következő nyomásfel-futás szüntet meg. A (D) bemenőági nyomás érdekessége, hogy a maximális érték után egy új nyomáscsúcs kezd kialakulni. Ezt a buszter csatornáira orientált méréssel lehet a későbbiekben meghatározni. Az E. ábrán a visszavezetőági nyomáscsúcsai (negatív) azonos időpillanatban vannak a bemenőági nyomáscsúcsokkal. A párhuzamosan beépített fojtás okozta a nyomáscsúcsok egybeesését.



4. Összefoglalás

Ebben a cikkben nem nyílt lehetőség a mérési eredmények részletes elemzésére. Munkám eredeti célkitűzése is az volt, hogy egy olyan, mérőrendszert alakítsak ki, amely egyszerű, könnyen beszerezhető eszközökkel alkalmas hidraulika rendszerek áramlástechnikai folyamatainak dinamikai vizsgálatára. A mérések során megállapítottam, hogy az ilyen típusú méréseknél az 5000 Hz-es mintavételezési frekvencia szükséges és elégséges, valamint azt, hogy a rendszerbeli eltérések kimutathatók és vizsgálhatók. A mérési eredmények alapul szolgálhatnak a mért berendezésekre felírt matematikai modell azonosításához, valamint diagnosztikai rendszer kidolgozásához. A mérőrendszer fejlesztésével és új mérések elvégzésével pontosabb információk szerezhetők be.

Felhasznált irodalom:

- 1./ Balogh Endre: Repülőgép hidraulika rendszerén történt mérések, Diplomamunka
BME Közlekedésmérnöki Kar 1990.
- 2./ Rohály Gábor: Repülőgép hidraulika rendszer modellezés lehetőségei a futómű működő részrendszer vizsgálata alapján
IX. Magyar Repüléstudományi Napok Budapest 1988, 171-181.o.
- 3./ Др Рохач Йозеф, Рохай Габор, Покоради Ласло: Исследование возможности диагностирования авиационных гидравлических и воздушных систем по данным, регистрированным во время нормального функционирования, Сборник доклада третьей конференции по авиации, Будапешт 1988.

A LÉGIJÁRMŰVEK NEMLINEÁRIS MOZGÁSEGYENLETEINEK LINEARIZÁLÁSA

A repülőszerkezetek térbeli mozgásai pontosan, nemlineáris, inhomogén differenciálegyenlet rendszerrel írhatók le. A gyakorlatban sokszor kell meghatározni egy légi jármű viselkedését repülés közben külső zavaró hatások esetén (stabilitás-vizsgálat), vagy a légi jármű automatikus vezérlő rendszerének minőségi jellemzőit. Mindezt a repülőszerkezet nemlineáris mozgásegyenleteivel meglehetősen nehézkes elvégezni, ezért a mérnöki gyakorlatban az inhomogén differenciálegyenlet rendszert egyszerűsítik oly módon, hogy a légi jármű térbeli mozgását felbontják hosszirányú és oldalirányú mozgásokra. Ezzel egyszerűsödik a mozgásfajták differenciálegyenlet rendszere, de az egyes egyenletek még mindig nemlineárisak. A nemlineáris differenciálegyenleteket leggyakrabban a kis zavarások módszerével linearizálhatók, a változók kis növekményeire.

Válasszuk ki a légi jármű hosszirányú, nemlineáris differenciálegyenlet rendszeréből a következőt:

$$m \cdot v \cdot \theta = P \sin \alpha + Y - G \cos \theta \quad (1)$$

Az (1) egyenlet linearizálásakor figyelembe vesszük, hogy

$$\begin{aligned} P &= f_1(v; H; \delta_{HVK}) \approx f_1(v; \delta_{HVK}) \\ Y &= f_2(v; H; \alpha; \delta_{VV}) \approx f_2(v; \omega) \end{aligned} \quad (2)$$

Az (1) és (2) egyenletekben:

- m - a légi jármű tömege;
- v - a repülés sebessége;
- θ - pályaszög;
- P - a hajtómű tolóereje;
- α - állásszög;
- Y - felhajtóerő;
- $G=m \cdot g$ - súlyerő;
- δ_{HVK} - a hajtómű vezérlőkar állása;
- δ_{vv} - a vízszintes vezérsík kitérése.

Az (1) egyenlet linearizálása a következő lépésekben történik:

1. Legyen a kiindulási stacionárius állapot állandó magasságon végrehajtott, egyenes vonalú, egyenletes repülés. Ebben a kiindulási állapotban a változókat jelöljük "0" indexszel:

$$\theta_0; \alpha_0; \dot{\theta}_0; v_0; H_0; \text{ stb.}$$

2. A kis zavarások módszerével a változókat a következő alakban írhatjuk fel:

$$v = v_0 + \Delta v; \quad P = P_0 + \Delta P; \quad \theta = \theta_0 + \Delta \theta \quad \text{stb.}$$

3. Feltételezzük, hogy a linearizálni kívánt függvény nemlineáris összefüggései a kiindulási stacionárius állapotban és annak környezetében akárhányszor differenciálhatók, így azok TAYLOR-sorba fejthetők. A munkapont körüli változókra szorítkozva a magasabb rendű tagokat elhanyagoljuk. Ennek megfelelően:

$$m v \theta = m v_0 \theta_0 + \left. \frac{\partial (m v \theta)}{\partial v} \right|_0 \Delta v + \left. \frac{\partial (m v \theta)}{\partial \theta} \right|_0 \Delta \theta =$$

$$= m v_0 \theta_0 + m \theta_0 \Delta v + m v_0 \Delta \theta;$$

$$P \sin \alpha = P_0 \sin \alpha_0 + \left. \frac{\partial (P \sin \alpha)}{\partial v} \right|_0 \Delta v + \left. \frac{\partial (P \sin \alpha)}{\partial \delta_{HVK}} \right|_0 \Delta \delta_{HVK} +$$

$$+ \left. \frac{\partial (P \sin \alpha)}{\partial \alpha} \right|_0 \Delta \alpha = P_0 \sin \alpha_0 + P^V \sin \alpha_0 \Delta v + P^{\delta_{HVK}} \sin \alpha_0 \Delta \delta_{HVK} +$$

$$+ P_0 \cos \alpha_0 \Delta \alpha;$$

$$Y = Y_0 + \left. \frac{\partial Y}{\partial v} \right|_0 \Delta v + \left. \frac{\partial Y}{\partial \alpha} \right|_0 \Delta \alpha = Y_0 + Y^V \Delta v + Y^\alpha \Delta \alpha;$$

$$m g \cos \theta = m g \cos \theta_0 + \left. \frac{\partial (m g \cos \theta)}{\partial \theta} \right|_0 \Delta \theta =$$

$$= m g \cos \theta_0 - m g \sin \theta_0 \Delta \theta.$$

4. A (3) pontban kapott kifejezéseket helyettesítsük be a kiindulási (1) egyenletbe, figyelembe véve a kiindulási állapotot: $\theta_0 = 0$; $\dot{\theta}_0 = 0$.

$$m v_0 \Delta \theta = P_0 \sin \alpha_0 + P^V \sin \alpha_0 \Delta v + P^{\delta_{HVK}} \sin \alpha_0 \Delta \delta_{HVK} +$$

$$+ P_0 \cos \alpha_0 \Delta \alpha + Y_0 + Y^V \Delta v + Y^\alpha \Delta \alpha - m g \cos \theta_0 + m g \sin \theta_0 \Delta \theta \quad (3)$$

5. A vizsgált mozgásegyenlet kiindulási állapotban:

$$m v_0 \dot{\theta}_0 = P_0 \sin \alpha_0 + Y_0 - m g \cos \theta_0 = 0 \quad (4)$$

6. Vonjuk ki a (3) egyenletből a (4) egyenletet és rendezzük a kapott kifejezést:

$$m v_0 \Delta\theta - (P^V \sin\alpha_0 + Y^V) \Delta v - (P_0 \cos\alpha + Y^\alpha) \Delta\alpha - m g \sin\theta \Delta\theta = \\ = P^{\delta_{HVK}} \sin\alpha_0 \Delta\delta_{HVK} \quad (5)$$

7. A (5) egyenletet osszuk el $(m v_0)$ -val:

$$\Delta\theta - \frac{1}{m v_0} (P^V \sin\alpha_0 + Y^V) \Delta v - \frac{1}{m v_0} (P_0 \cos\alpha + Y^\alpha) \Delta\alpha - \\ - \frac{g}{v_0} \sin\theta \Delta\theta = \frac{1}{m v_0} P^{\delta_{HVK}} \sin\alpha_0 \Delta\delta_{HVK}$$

8. Áttérünk dimenzió nélküli mennyiségekre, például:

$$\bar{v} = \frac{\Delta v}{v_0} = \frac{v - v_0}{v_0}; \quad \bar{\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{1 \text{ rad}}$$

Megjegyzés: A továbbiakban a dimenzió nélküli mennyiségek felül-vonásait elhagyom.

9. A (8) pontnak megfelelően:

$$\theta + a_y^v v + a_y^\alpha \alpha + a_y^\theta \theta = a_y^{\delta_{HVK}} \delta_{HVK} \quad (6)$$

$$\text{ahol: } a_y^v = - \frac{1}{m v_0} (P^V \sin\alpha_0 + Y^V);$$

$$a_y^\alpha = - \frac{1}{m v_0} (P_0 \cos\alpha + Y^\alpha);$$

$$a_y^\theta = - \frac{g}{v_0} \sin\theta;$$

$$a_y^{\delta_{HVK}} = \frac{1}{m v_0} \sin \alpha_0 P^{\delta_{HVK}} - \text{együtthatók.}$$

A légi jármű mozgását leíró egyenlet (6) már lineáris, állandó együtthatódjú.

10. Az (6) egyenlet operátortartományban felírva:

$$\theta(s) \left[s + a_y^{\theta} \right] + a_y^{\alpha} \alpha(s) + a_y^v v(s) = a_y^{\delta_{HVK}} \delta_{HVK}(s)$$

A repülőszerkezet hosszirányú, linearizált mozgásegyenletei az operátortartományban, a kiindulási feltételek figyelembevételével:

$$\left[s + a_x^v \right] \Delta v(s) + a_x^{\theta} \theta(s) + a_x^{\alpha} \alpha(s) = a_x^{\delta_{HVK}} \delta_{HVK}(s)$$

$$a_y^v v(s) + \left[s + a_y^{\theta} \right] \theta(s) + a_y^{\alpha} \alpha(s) = 0 \quad (7)$$

$$a_{m_z}^v v(s) + a_{m_z}^{\theta} \theta(s) + \left[s + a_{m_z}^{\omega_z} \right] \omega_z(s) + a_{m_z}^{\alpha} \alpha(s) = a_{m_z}^{\delta_{vv}} \delta_{vv}(s)$$

$$- a_y^v v(s) - a_y^{\theta} \theta(s) - \omega_z(s) + \left[s - a_y^{\alpha} \right] \alpha(s) = 0$$

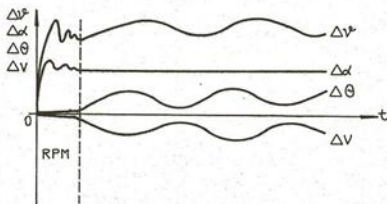
A (7) lineáris algebrai egyenletrendszernek akkor van a

triviálisról eltérő megoldása, ha a fődeterminánsa zérus:

$$D = \begin{vmatrix} s + a_x^v & a_x^\theta & 0 & a_x^\alpha \\ a_y^v & s + a_y^\theta & 0 & a_y^\alpha \\ a_m^v & a_m^\theta & s + a_m^\omega & a_m^\alpha \\ -a_y^v & -a_y^\theta & -1 & s - a_y^\alpha \end{vmatrix} =$$

$$= a_0 s^4 + a_1 s^3 + a_2 s^2 + a_3 s + a_4 = 0$$

A karakterisztikus egyenlet megoldása egy nagy- és egy kisértékű konjugált komplex gyökpár, melyek kis zavarások esetén a repülőszerkezet rövid- és hosszúperiódusú mozgását egyértelműen meghatározzák (1. ábra).



1. ábra

A repülőszerkezetre ható külső zavarás legyen függőleges irányú szélleőkés. Kezdetben a repülőszerkezet tehetet-

lensége miatt a repülés sebességének abszolút értéke v , valamint a pályaszög θ gyakorlatilag nem változik. Ekkor az állásszög α és a bólintási szög θ intenzív változását figyelhetjük meg. Mivel az állásszög és a bólintási szög nagy frekvenciával változik, így a vizsgált paraméterek $(\alpha; \theta)$ periódusideje kicsi, ezért ezt a mozgást szokás rövidperiodikus mozgásnak nevezni (RPM).

A rövidperiodusú mozgás befejeztével jelentőssé válik a repülés sebességvektorának (abszolút értékének v és irányának θ) megváltozása. Mivel ekkor az állásszög állandónak tekinthető, ezért a pályaszög változása követi a bólintási szög változását: $\dot{\theta} = \dot{\theta} + \alpha$. Ez a mozgás kisfrekvenciájú, nagy periódusidejű, ezért hosszúperiodusú mozgásnak is szokásos nevezni.

Az eddigiek alapján a rövidperiodusú mozgásra igaz, hogy $\Delta v \approx 0$, így a repülőszerkezet hosszirányú mozgását leíró linearizált egyenletrendszer (7) a következőképpen írható fel:

$$\begin{aligned} \left(s + a_{m_z}^{\omega_z} \right) \omega_z(s) + a_{m_z}^{\alpha} \alpha(s) &= a_{m_z}^{\delta_{vv}} \delta_{vv}(s) \\ -\omega_z(s) + \left(s - a_y^{\alpha} \right) \alpha(s) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Megjegyzés: Mivel a repülőszerkezetek hosszúperiodusú mozgásának periódusideje néhány perc is lehet, valamint ezt a mozgásfajtát a repülőgéphez vezető vagy a fedélzeti automatikus vezérlőrendszer csillapítja, ezért a továbbiakban a hosszirányú mozgást a (8) egyenletrendszerrel jellemezzük.

A REPÜLŐGÉP ÁTVITELI FÜGGVÉNYEI

Határozzuk meg a repülőgép hosszirányú mozgásának átviteli függvényeit. Legyen a bemenőjel a vízszintes vezérsík kitérése $-\delta_{vv}(s)$, a kimenőjel pedig az állásszög $\alpha(s)$ vagy a kereszttengety körüli forgómozgás szögsebessége: $\omega_z(s)$ (2. ábra).



2. ábra

a. / A repülőgép állásszög szerinti átviteli függvénye

A keresett függvény:

A (8) egyenletrendszerből az átviteli függvényt CRAMER-szabály segítségével határozzuk meg:

$$\alpha(s) = \frac{D_\alpha}{D_1}$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} s + a_{m_z}^{\omega_z} & a_{m_z}^{\alpha} \\ -1 & s - a_y^{\alpha} \end{vmatrix} = s^2 + s a_{m_z}^{\omega_z} - s a_y^{\alpha} - a_{m_z}^{\omega_z} a_y^{\alpha} + a_{m_z}^{\alpha} =$$

$$= s^2 + s \left(a_{m_z}^{\omega_z} - a_y^{\alpha} \right) + \left(a_{m_z}^{\alpha} - a_{m_z}^{\omega_z} a_y^{\alpha} \right) = a_0 s^2 + a_1 s + a_2;$$

$$D_{\alpha} = \begin{vmatrix} s + a_{mz}^{\omega_z} & \delta_{vv}^{\omega_z} \delta_{vv}(s) \\ -1 & 0 \end{vmatrix} = a_{mz}^{\omega_z} \delta_{vv}(s).$$

Tehát:

$$\alpha(s) = \frac{D_{\alpha}}{D_1} = \frac{a_{mz}^{\omega_z} \delta_{vv}(s)}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2}$$

A keresett átviteli függvény:

$$Y_{\alpha}^{vv}(s) = \frac{\alpha(s)}{-\delta_{vv}(s)} = \frac{-a_{mz}^{\omega_z}}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2} \quad (9)$$

Az átviteli függvényt az alábbi alakra hozzuk:

$$Y_{\alpha}^{vv}(s) = \frac{K_{\alpha}^{vv} \omega_{\alpha}^2}{s^2 + 2\xi_{\alpha} \omega_{\alpha} s + \omega_{\alpha}^2} \quad (10)$$

Összehasonlítva a keresett átviteli függvény két alakját:

$$\omega_{\alpha}^2 = a_2 = a_{mz}^{\omega_z} - a_{mz}^{\omega_z} a_y^{\alpha}; \quad 2\xi_{\alpha} \omega_{\alpha} = a_1 = a_{mz}^{\omega_z} - a_y^{\alpha};$$

$$\xi_{\alpha} = \frac{a_1}{2\omega_{\alpha}} = \frac{a_1}{2\sqrt{a_0}}; \quad K_{\alpha}^{vv} = \frac{-a_{mz}^{\omega_z}}{\omega_{\alpha}^2}$$

A repülőgép tehát arányos lengő tagnak tekinthető.

b. / A repülőgép ω_z szerinti átviteli függvénye

A keresett átviteli függvény:

$$Y_{\omega_z}^{vv}(s) = \frac{\omega_z(s)}{-\delta_{vv}(s)} = ?$$

Az átviteli függvényt a (8) egyenletrendszerből a CRAMER-szabály segítségével határozzuk meg:

$$\omega_z = \frac{D_{\omega_z}}{D_1}$$

$$D_{\omega_z} = \begin{vmatrix} \delta_{vv} & \delta_{vv}(s) & a_{mz}^{\alpha} \\ a_{mz} & 0 & s - a_y^{\alpha} \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} s - a_y^{\alpha} & a_{mz}^{\alpha} \\ a_{mz} & \delta_{vv}(s) \end{pmatrix}$$

Tehát:

$$\omega_z = \frac{D_{\omega_z}}{D_1} = \frac{\begin{pmatrix} s - a_y^{\alpha} & a_{mz}^{\alpha} \\ a_{mz} & \delta_{vv}(s) \end{pmatrix}}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2}$$

A keresett átviteli függvény:

$$Y_{\omega_z}^{VV}(s) = \frac{\omega_z(s)}{-\delta_{VV}(s)} = \frac{-a_{m_z}^{\delta_{VV}} (s - a_y^\alpha)}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2} \quad (11)$$

A keresett átviteli függvényt a következő alakra hozzuk:

$$Y_{\omega_z}^{VV}(s) = \frac{\omega_z(s)}{-\delta_{VV}(s)} = \frac{K_{\omega_z}^{VV} \omega_\alpha^2 (T_\theta s + 1)}{s^2 + 2\zeta_\alpha \omega_\alpha s + \omega_\alpha^2}$$

Hasonlítsuk össze a (11) és a (12) átviteli függvényeket,

$$T_\theta = -\frac{1}{a_y^\alpha} ; \quad K_{\omega_z}^{VV} = \frac{K_\alpha^{VV}}{T_\theta}$$

melyek segítségével megállapítható, hogy a repülőgép arányos, differenciáló, lengő tagnak tekinthető.

Az ismertetett eljárással olyan differenciál egyenletek nyerhetők, melyek a műszaki gyakorlat számára kellően pontosak, ugyanakkor alkalmazásuk is viszonylag egyszerű. A leírtakkal analóg módon linearizálhatók az oldalirányú mozgások egyenletei is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Dr. Rácz Elemér: Repülőgépek
Tankönyvkiadó, Budapest 1985.
2. Dr. Csáki Frigyes: Korszerű szabályozásmélet
Akadémiai Kiadó, Budapest 1970.
3. E. Aslanjan: Repülőszervezetek automatikus vezérlő rend-
szerei
Repülőmérnöki Egyetem, Kijev 1984.

ROBAR
FEDÉLZETI ELEKTRONIKUS ADATRÖGZÍTŐ ÉS
SZÁMÍTÓGÉPES KIÉRTÉKELŐ RENDSZER

A vadászrepülőgépeken az automatikus vezérlő rendszer meghibásodásainak elemzésekor, valamint a repülő személyzet repülőképzésének és a repülés biztonságának javítása érdekében új, korszerű adatrögzítő és földi kiértékelő rendszer kifejlesztése vált szükségessé.

ROBAR-RENDSZER

A légi Üzemeltetési és Üzembentartási szükségletek alapján meghatározhatók voltak egy korszerű adatrögzítő és kiértékelő rendszerrel szemben támasztott követelmények. Ezen igényeknek megfelelő rendszert a MTA Központi Fizikai Kutató Intézet, a Pestvidéki Gépgyár és az MH Repülőfőnökség szakemberei közösen készítették el.

A kifejlesztett fedélzeti adatgyűjtő és számítógépes kiértékelő rendszer lehetővé teszi a repülési idő alatt, a robotpilóta paramétereinek digitális elektronikus módszerrel történő rögzítését és a kapott adatok repülést követő számítógépes feldolgozását.

Mint ismeretes a robotpilóták működésének sajátossága, hogy viszonylag sok bemeneti paraméter kölcsönhatása eredményeképpen generálódik a kimeneti szabályzójel, ami a kormánysszervek mozgását vezérli.

A robotpilóta rendellenes működése többnyire nem műszaki meghibásodás, hanem a repülési paraméterek túrésmezőkből való kiesésének, illetve a repülőgép dinamikája meg nem engedhető megváltozásának következménye.

A műszaki állomány ilyenkor két problémával szembesül. Egyrészt a robotpilóta kimeneti paramétereinek ismeretében is meglehetősen nehéz visszakövetkeztetni, hogy melyik bemeneti jel csatornája okozza az eltérést, másrészt, sem a kimeneti jelek, sem a bemeneti jelek nincsenek objektív módon rögzítve. A szükséges adatok kisebb hányada kiszűrhető a SZARPP és SZIROM rendszerek által rögzített adatokból, a nagyobb rész azonban a repülőgépvezető által adott szubjektív információkra támaszkodik.

Ahhoz, hogy a szükséges szabályozások elvégzéséhez kellő mennyiségű objektív információ álljon rendelkezésre, szükséges olyan adatrögzítőt beépíteni, amely a robotpilóta bemeneti és kimeneti jeleinek mérésére és tárolására van specializálva. A kifejlesztett készülék ezt a feladatot látja el.

A ROBAR RENDSZER JELLEMZŐI

A ROBAR rendszer 16 analóg és 19 egyszeri parancsjel rögzítését végzi, a rögzített paraméterek az 1.sz. táblázatban láthatók. A ROBAR rendszer jelen változata a "98", "75A" és "75AP" típusú repülőgépek robotpilótáinak jeleit képes rögzíteni és feldolgozni. Az adatgyűjtő nincs állandó jelleggel a repülőgépre telepítve, mivel ez csak a hibafelderítés időtartamára szükséges. A beépíthetőséghez a repülőgépen alapvető konstrukciós változtatásra nincs szükség.

A rögzített és kiolvasott adatok értékelésének három fő iránya jelölhető meg:

- a repülőgépvezető által tapasztalt, robotpilótával kapcsolatos hibák, észrevételek behatárolása és elhárítása;

1.sz.táblázat

Analog jelek

Mintavételezés

Normál Turbó

1. Irányjel (szelszin)	4/sec.	4/sec.
2. Dőlésjel (szelszin)	4/sec.	4/sec.
3. Bólintásjel (szelszin)	2/sec.	2/sec.
4. Állásszög	2/sec.	2/sec.
5. Túlterhelés	4/sec.	16/sec.
6. RAU-T pozíció	4/sec.	16/sec.
7. RAU-K pozíció	4/sec.	4/sec.
8. Bólintás szögsebesség	4/sec.	16/sec.
9. Dőlés szögsebesség	4/sec.	4/sec.
10. Iránysáv eltérés	1/sec.	1/sec.
11. Siklópálya eltérés	1/sec.	1/sec.
12. Magasság eltérés	1/sec.	1/sec.
13. Irány eltérés	1/sec.	1/sec.
14. Irány parancsjel	2/sec.	2/sec.
15. Siklópálya parancs	2/sec.	2/sec.
16. Tartalék	1/sec.	1/sec.

Egyszeri parancsjelek

Mintavételezés 1/sec.

1. RAUT-T kimenet
2. RAUT-T bemenet
3. RAU-K kimenet
4. RAU-K bemenet
5. +2g túlterhelés
6. -0,2g túlterhelés
7. Trimm kimenet
8. Trimm bemenet
9. DU-K
10. DU-T
11. Iránysáv kész
12. Siklópálya kész
13. Stabilizálás
14. Kivezetés
15. Félautomata
16. Automata
17. Iránystabilizálás
18. Magasságstabilizálás
19. Tartalék

- a robotpilótával nem kapcsolatos hibák felderítésének és elhárításának elősegítése a nem egyértelmű repülési szituációk pontosítása;
- statisztikai anyag gyűjtése, a későbbi javítások, szabályzások gyorsabb elvégzése céljából, amivel a szükséges berepülések száma csökkenthető.

Az adatkiértékelést végző számítógép feldolgozó, kiértékelő és archíváló programja automatikusan végzi az adatok megjelenítését és feldolgozását. A továbbfejlesztés során lehetőség nyílik a SZIROM és ROBAR rendszerek között az adatok kompenzációjára, elősegítve ezzel a hibák pontos behatárolását.

A rendszer két jól elkülöníthető részből áll:

- a repülőgép fedélzetén elhelyezett egységekből (jeladók, kábelkészlet, adatgyűjtő, memória kazetta);
- a földi kiértékelő készletből (beolvasó egység, IBM-AT számítógép, billentyűzet, monitor, nyomtató).

A ROBAR RENDSZER FEDÉLZETI ELEMEI

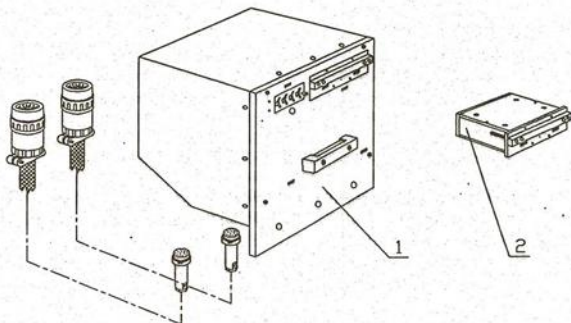
A ROBAR rendszer fedélzeti egységeinek vázlatos rajza az 1. számú ábrán, blokkvázlata a 2. ábrán látható.

ADATGYŰJTŐ RENDSZERE

Az adatgyűjtő rendszeren belül két fő egység különböztethető meg:

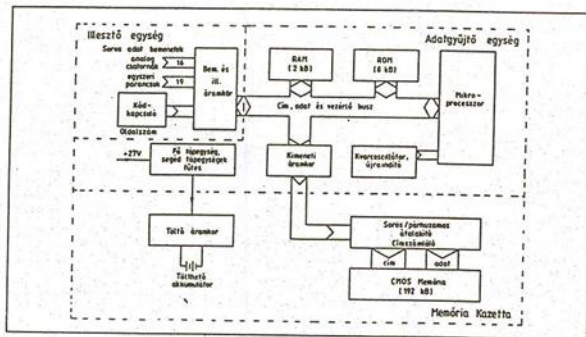
- illesztő-átalakító egység;
- adatgyűjtő egység.

Az illesztő-átalakító egység feladata a különböző mérő-
adók jeleinek fogadása és átalakítása olyan formába, amelyet
az adatgyűjtő egység fel tud dolgozni. Az egység az alábbi
jelforrások jeleinek feldolgozására lett kialakítva: ala-
acsony és magas szintű feszültség adó, szélszín adó, megoldá-
suk blokkvázlata a 3., 4., 5. ábrákon látható.

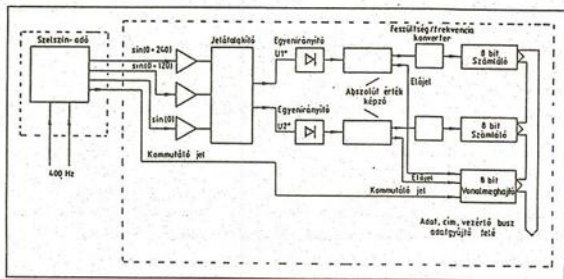


1. ábra

Az illesztő-átalakító egység a beérkező jeleket megfe-
lelő szűrés, erősítés, átalakítás után az adatgyűjtő egység
felé továbbítja. Az egyszeri parancsok is megfelelő szűrés
után kerülnek az adatgyűjtő egységbe. A bemenő csatornák a
zavarjel-határok csökkentése érdekében galvanikusan el van-
nak választva egymástól, a fedélzeti energiarendszertől és a
testtől. A fedélzeti rendszer tápegysége a repülőgép 27 V-os
egyenáramú tápfeszültségéből állítja elő a ROBAR áramköröi-
nek táplálásához szükséges stabilizált feszültségeket.

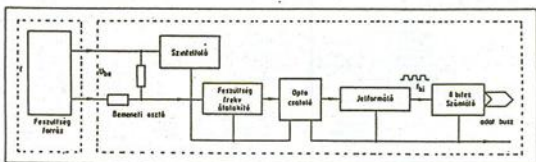


2. ábra



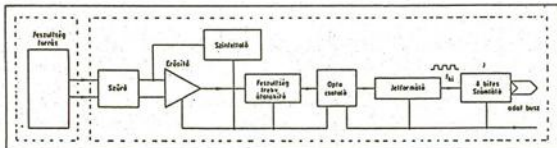
3. ábra

A szűrés- adó jelkezelő elektronika blokkskéme. (Az ábrán csak egy jeladó jele van feltüntetve)



4. ábra

Nagyjeldű feszültségérzékeny csatornák blokkvázlata



5. ábra

Kisjeldű feszültségérzékeny csatornák blokkvázlata

Az adatgyűjtő egység fogadja az illesztő-átalakító által előfeldolgozott jeleket. Itt helyezkedik el a fedélzeti rendszer mikroprocesszora, amely a teljes adatgyűjtési és kódolási folyamatot vezérli a fixen tárolt program alapján. A szelszin jeladók (bedöntés, bőlíntás, irány) jeleinek feldolgozását a processzor egy belső makróprogram alapján végzi. Az analóg jeleket a vezérlésnek megfelelően kétféle (turbó, illetve normál) üzemmódban dolgozhatja fel.

Az egyszeri parancsjeleket a mikroprocesszor analizálja, így lehetővé válik az esetleges rövididejű zavarjelek kiszűrése. A mikroprocesszor a kódolás során a mért adatok-

ből blokkokat képez, az adatokat megfelelő blokkelválasztó kódokkal látja el, az adatátvitel és tárolás hibátlanságának ellenőrzésére paritásbiteket is generál. A bekapcsolást követően speciális blokkokat állít elő, amely a kiértékeléshez szükséges adatokat tartalmazza (repülőgép oldalszáma, a repülőgép típusa és egyéb jellemzők).

A memória kazetta az adatgyűjtőhöz csatlakozik. A kazettában félvezető memóriárámkörök tárolják az adatgyűjtő által előállított adatblokkokat. A kazetta a turbó üzemmódok számától függően 37-63 perc közötti időtartama repülési adatok rögzítésére alkalmas. A memória kazettán lévő kapcsolóval választhatunk normál, vagy ciklus tárolás lehetőségei közül. A kazetta áramköri megoldása lehetővé teszi a kazetta leválasztását az adatgyűjtőről anélkül, hogy a tárolt adatokban bármilyen károsodás lépjen fel. A memória kazetta tápfeszültség-ellátásáról cink-ezüst akkumulátor gondoskodik, amikor a kazetta nem csatlakozik az adatgyűjtőhöz, illetve a beolvasó egységhez, vagy ha a rendszer kikapcsolt állapotban van. Az akkumulátor töltés nélkül is kb. 1 hónapig képes tápfeszültséggel ellátni a memóriát. Az adatgyűjtés, illetve beolvasás közben a kazettába épített töltőáramkör tölti az akkumulátort.

A ROBAR RENDSZER FÖLDI ELEMEI

A repülőszerkezet leszállását követően a memória kazettát az adatgyűjtő egységről leválasztva a beolvasó készüléken keresztül a számítógéphez kell csatlakoztatni átírás, kiértékelés és archiválás céljából. A beolvasó egység egy speciális illesztő kártyán keresztül az IBM-AT kompatibilis számítógéphez csatlakozik. A memória kazetta csatlakoztatása és a számítógép billentyűzetéről adott utasítást követően a számítógép lekérdezi az adattároló kazetta memóriájában rögzítetteket és saját memóriájában tárolja azokat. A beolvasás során ellenőrzi a blokkok kezdetét és végét jelző jelkombi-

nációkat, valamint a paritásbiteket. Hiba esetén megkísérli a hibátlan blokkok azonosítását. A további jelfeldolgozási idő csökkentése és a tárolt adatmennyiség csökkentése céljából a számítógép az adatmennyiséget a feltétlenül szükséges mennyiségre rövidíti. A beolvasást követően a számítógép ellenőrzi a memória kazettát, törli annak tartalmát, így a kazetta azonnal kész az újabb felhasználásra. A repülési információk átvitele a számítógépbe 30 mp-en belül elvégezhető.

Az adatok átírását követően a számítógép színes képernyőjén grafikus formában megjelennek az analóg paraméterek jellegzőrbbéi, és az egyszeri parancsok vonalas ábrázolása.

A kiértékelés megkezdhető a repülőgéphez vezető információinak hiányában is. A megjelenített információ alapján közvetlenül megállapítható a rögzített paraméterek jeladóinak állapota.

A ROBAR rendszer segítségével a robotpilóta műszaki állapotán kívül objektív információt kapunk többek között az irányászóg, a navigációs, valamint az RSZBN közelnavigációs rendszerekről is.

A hibabehatárolást nagyban elősegítik a következők:

- pontosan meghatározható milyen üzemmódon volt a rendellenesség;
- a repülőgéphez vezető mikor avatkozott be a kormányzásba;
- a kormánygépek vezérelt állapotban voltak-e;
- a robotpilóta az üzemmódnak megfelelően, a vezérlési törvények szerint vezérelte-e a repülőgépet;
- az üzemmód létrejöttének feltételei adottak voltak e.

A ROBAR rendszer csapatpróbája során a rögzített adatok segítségével - a felhasználhatóság kiszélesítésére - elké-

szül egy olyan program, amely segítségével a teljes repülési feladat modellezhető. Ennek lényege, hogy objektív információ legyen a repülőgépvezető tevékenységéről és az átmeneti folyamatokban fellépő lengő mozgások (X, Z tengely körül) lefolyásáról. Ezek segítségével megállapítható, hogy mely áttételi viszonyszám utánszabályozása szükséges a robotpilóta tökéletes működéséhez.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ez az új számítógépes adatgyűjtő és kiértékelő rendszer lehetővé teszi a repülőgépek meghibásodásainak analizálását. A rendszer nagymértékben csökkenti a hibabehatárolás idejét, valamint az esetleges szükségtelen munkák, ellenőrzések elvégzését. A ROBAR rendszer kezeléséhez és a program felhasználásához egyszerű, alapfokú számítástechnikai ismeretek szükségesek. Az viszont, hogy a rögzített paraméterek alapján helyes következtetéseket vonjanak le a repülőgép műszaki állapotáról vagy a repülőgépvezető tevékenységéről, magas szintű elméleti és gyakorlati ismereteket feltételez az alkalmazótól.

Mindezek mellett hangsúlyozandó, hogy az új rendszer csak segédeszköz, amely megkönnyíti, de nem helyettesíti a képzett szakemberek munkáját.

A repülőgépek műszaki állapotának ellenőrzése továbbra is nagy szakértelmet és felelősséget igényel a teljes kiszolgáló műszaki személyzettől.

Felhasznált irodalom:

1. SZIROM földi kiértékelő rendszer műszaki leírása és kezelési szakutasítása
MN REF-ség, 1989.
2. ROBAR rendszer általános leírása
KFKI. AVIATRONIC KFT., 1990.
3. Hollósi - Nádai - Dr. Tóth: Fedélzeti elektronikus adat-rögzítő és számítógépes kiértékelő rendszer, 1990.
4. Eder István: Vadászipülőgépek automatikus vezérlőrendszerei, HM 1981.

Sándor Endre tanszékvezető, főiskolai docens

KOMPLEX POTENCIÁL

A komplex függvények alkalmasak kétdimenziós vektorterek szemléltetésére. Ezen vektorterek vektorai ugyanis felfoghatók, mint komplex számok, hisz minden komplex számhoz egyértelműen rendelhető egy helyvektor és viszont.

Igy a

$$\vec{W} = X(x; y) \vec{I} + Y(x; y) \vec{J} \quad (1)$$

($\vec{I}$ és $\vec{J}$ egységvektorok)

vektortér vektorai jellemezhetők a

$$W = W(z) = X(x; y) + j Y(x; y) \quad (2)$$

(ahol: $j^2 = -1$)

komplex számokkal. Ez azt is jelenti, hogy az (1) alatti vektortér leírására használhatjuk a (2) alatti komplex változós függvényt. Ennélfogva a komplex függvények alkalmasak például síkbeli elektrosztatikus, illetve síkbeli (kétdimenziós) áramlási terek illusztrálására is. Az említett terek bizonyos jellemzőinek vizsgálatára a "műszaki élet" a komplex potenciált használja.

Jelen cikkben mindkét térre vonatkozóan mutatunk gyakorlati alkalmazásokat.

A komplex potenciál matematikai megalapozásához támaszkodnunk kell az alábbi tételre, melynek bizonyítása lényegében azonos egy közönséges differenciálegyenlet egzakt voltát kimondó tétel bizonyításával.

TÉTEL:

Legyenek a $P(x,y)$ és $Q(x,y)$ függvények az (x,y) sík valamely egyszeresen összefüggő D tartományban az egyes változók szerint legalább kétszer parciálisan deriválhatóak. A

$$P(x,y) dx + Q(x,y) dy \quad (3)$$

kifejezés akkor és csak is akkor teljes differenciál, ha

$$\frac{\partial P(x,y)}{\partial y} = \frac{\partial Q(x,y)}{\partial x}. \quad (4)$$

BIZONYÍTÁS:

Lényegében azt kell megmutatnunk, hogy van olyan $R(x,y)$ függvény a D tartományon, melynek differenciálja éppen a (3) alatti kifejezés, azaz hogy

$$\frac{\partial R(x,y)}{\partial x} = P(x,y) \text{ és } \frac{\partial R(x,y)}{\partial y} = Q(x,y).$$

a./ Szükségesség:

Ha a (3) alatti kifejezés teljes differenciál, akkor fennáll a (4) alatti összefüggés. A feltétel miatt ekkor létezik olyan $R(x,y)$ függvény, melyre

$$R'_x = P(x,y) \quad \text{és} \quad R'_y = Q(x,y).$$

Képezzük az alábbi deriváltakat:

$$\frac{\partial R'_x}{\partial y} = \frac{\partial^2 R}{\partial x \partial y} = \frac{\partial P(x,y)}{\partial y},$$

$$\frac{\partial R'_y}{\partial x} = \frac{\partial^2 R}{\partial y \partial x} = \frac{\partial Q(x,y)}{\partial x}.$$

Mint hogy a tett feltevések miatt az $R(x; y)$ függvény
 vegyes másodrendű parciális deriváltjai megegyeznek, ezért

$$\frac{\partial P(x; y)}{\partial y} = \frac{\partial Q(x; y)}{\partial x},$$

vagyis fennáll a (4) alatti összefüggés.

b. / Elégességesség:

Ha a (4) alatti összefüggés fennáll, akkor létezik
 olyan $R(x; y)$ függvény, melynek teljes differenciálja a (3)
 alatti kifejezés.

Állításunkra konstruktív bizonyítást adunk: megkonstru-
 aljuk az $R(x; y)$ függvényt. Tekintsük azt az $R(x; y)$ függ-
 vényt, melyre

$$P(x; y) = \frac{\partial R(x; y)}{\partial x}. \quad (5)$$

Ilyen a tett feltevések miatt biztosan létezik, ekkor

$$R(x; y) = \int_{x_0}^x P(t; y) dt + G(y). \quad (6)$$

Mivel az $R(x; y)$ függvénytől azt kívánjuk, hogy

$$\frac{\partial R(x; y)}{\partial y} = Q(x; y) \quad (7)$$

fennálljon, ezért deriváljuk y szerint a (6) alatti
 egyenlőséget.

$$\frac{\partial R(x; y)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \int_{x_0}^x P(t; y) dt + G'(y),$$

s a változók függetlensége miatt

$$\frac{\partial R(x; y)}{\partial y} = \int_{x_0}^x \frac{\partial P(t; y)}{\partial y} dt + G'(y).$$

Felhasználva most a (4) alatti feltételt, kapjuk

$$\begin{aligned} \frac{\partial R(x; y)}{\partial y} &= \int_{x_0}^x \frac{\partial Q(t; y)}{\partial y} dt + G'(y) = Q(x; y) - Q(x_0; y) + \\ &+ G'(y). \end{aligned}$$

Figyelembe véve a (7) alatti követelményt:

$$Q(x; y) = Q(x; y) - Q(x_0; y) + G'(y),$$

melyből

$$G'(y) = Q(x_0; y),$$

s így

$$G(y) = \int_{y_0}^y Q(x_0; t) dt.$$

A kapott eredményt a (6) alatti egyenletbe helyettesítve, az

$$R(x; y) = \int_{x_0}^x P(t; y) dt + \int_{y_0}^y Q(x_0; t) dt$$

függvény épp a kívánt tulajdonsággal rendelkezik, vagyis

$$\begin{aligned} dR(x; y) &= \frac{\partial R(x; y)}{\partial x} dx + \frac{\partial R(x; y)}{\partial y} dy = \\ &= P(x; y) dx + Q(x; y) dy. \end{aligned}$$

Ezzel a tétel állítását bebizonyítottuk. Térjünk rá ezek után a komplex potenciál ismertetésére. Ennek lényege, hogy az örvény- és forrásmentes vektortérhez egy olyan komplex függvényt - komplex potenciált - rendelünk, melynek segítségével a vektorteret jellemző valamennyi mennyiség kifejezhető.

Tárgyalásunk során külön kell választanunk, hogy a szóbanforgó vektortér erőteret, vagy áramlási teret reprezentál-e. Ez a szétválasztás lényegében csak formai különbséget jelent, hisz a konstrukció logikája mindkét tér esetében azonos. A komplex potenciál megkonstruálásának szigorú logikai rendszerét erőterre vonatkozóan mutatjuk be. Áramlási tér esetében pedig csak hivatkozunk korábbi eredményeinkre.

A kettéválasztás alapvető oka a potenciálfüggvény előjelben különböző értelmezése. Ugyanis, ha $\vec{v}(\vec{r})$ vektortér erőter, akkor ennek skalárpotenciálján (ha létezik) azt az $U(\vec{r})$ skalár-vektor függvényt értjük, melyre

$$\vec{v}(\vec{r}) = -\text{grad } U(\vec{r}). \quad (8)$$

Ha $\vec{v}(\vec{r})$ áramlási tér, akkor ennek skalárpotenciálján, ha van azt a $\phi(\vec{r})$ skalár-vektor függvényt értjük, melyre

$$\vec{v}(\vec{r}) = \text{grad } \phi(\vec{r}). \quad (9)$$

Komplex potenciál értelmezése erőterben

Tekintsük a

$$\vec{v}(\vec{r}) = v_1(x,y) \vec{i} + v_2(x,y) \vec{j} \quad (10)$$

kétdimenziós erőteret, s legyen az ezt leíró komplex függvény

$$v(z) = v_1(x;y) + j v_2(x;y) \quad (j^2 = -1). \quad (11)$$

Mint ismeretes a tér örvényességét és forrásosságát kifejező térjellemzők - a rotáció, illetve a divergencia - a következő módon adhatók meg:

$$\text{rot } \vec{v}(\vec{r}) = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_1 & v_2 & 0 \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial v_2}{\partial x} - \frac{\partial v_1}{\partial y} \right) \vec{k}$$

amely az irány egyértelmősége miatt a $v(z)$ komplex függvénnyel is kifejezhető:

$$\text{rot } v(z) = \frac{\partial v_2}{\partial x} - \frac{\partial v_1}{\partial y}, \quad (12)$$

illetve

$$\text{div } \vec{v}(\vec{r}) = \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y},$$

azaz

$$\text{div } v(z) = \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y}, \quad (13)$$

Legyen a (10) alatti vektortér a sík valamely egyszere-
sen összefüggő D tartományában örvény-, illetve forrásmentes,
s létezzenek a $v_1(x;y)$ és $v_2(x;y)$ másodrendű parciális de-
riváltjai.

Az örvénymentesség miatt

$\text{rot } \vec{v}(\vec{r}) \equiv \vec{0}$, melyből a (12) alatti felhasználásával

$$\frac{\partial v_2(x;y)}{\partial x} - \frac{\partial v_1(x;y)}{\partial y} = 0$$

s így

$$\frac{\partial v_2(x; y)}{\partial x} = \frac{\partial v_1(x; y)}{\partial y}.$$

A kimondott tételünk értelmében ekkor létezik olyan $U=U(x; y)$ függvény, melynek teljes differenciálja

$$dU = v_1(x; y) dx + v_2(x; y) dy = v_1 dx + v_2 dy.$$

Ebből következik, hogy

$$v_1 = - \frac{\partial U(x; y)}{\partial x} \quad \text{és} \quad v_2 = - \frac{\partial U(x; y)}{\partial y}. \quad (14)$$

A forrásmentesség miatt $\operatorname{div} \vec{v}(\vec{r}) = 0$, azaz a (11) alapján

$$\frac{\partial v_1(x; y)}{\partial x} + \frac{\partial v_2(x; y)}{\partial y} = 0, \quad \text{melyből}$$

$$\frac{\partial v_1(x; y)}{\partial x} = - \frac{\partial v_2(x; y)}{\partial y}. \quad (15)$$

Ismét felhasználva a kimondott tételt, létezik olyan $F = F(x; y)$ függvény, melynek teljes differenciálja

$$dF = - v_2(x; y) dx + v_1(x; y) dy = - v_2 dx + v_1 dy,$$

s ekkor

$$v_2 = - \frac{\partial F(x; y)}{\partial x} \quad \text{illetve} \quad v_1 = \frac{\partial F(x; y)}{\partial y}. \quad (16)$$

A (14) és (16) allatti összefüggéseket felhasználva az alábbi egyenlőségek adódnak:

$$\frac{\partial U(x;y)}{\partial y} = \frac{\partial F(x;y)}{\partial x} \quad \text{és} \quad \frac{\partial U(x;y)}{\partial x} = - \frac{\partial F(x;y)}{\partial y}, \quad (17)$$

azaz a szóbanforgó $F(x;y)$ és $U(x;y)$ függvényekre érvényesek a Cauchy - Riemann differenciálegyenletek.

Megmutatjuk, hogy ugyanekkor harmonikusak is. Képezzük ugyanis a (14) alatti egyenlőségekből kiindulva az alábbi deriváltakat:

$$\frac{\partial v_1}{\partial x} = - \frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial x^2}, \quad \text{illetve} \quad \frac{\partial v_2}{\partial y} = - \frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial y^2}.$$

A (15) alatti egyenlőség alapján következik, hogy

$$- \frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial y^2},$$

így

$$\frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U(x;y)}{\partial y^2} = 0,$$

mely egyenlőség épp az $U(x;y)$ harmonikus voltát fejezi ki.

A (16) alatti egyenlőségek megfelelő deriváltjait képezve és felhasználva a (17) alatti összefüggést - a fenti analógiájára - adódik.

$$\frac{\partial^2 F(x;y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F(x;y)}{\partial y^2} = 0$$

vagyis $F(x;y)$ is harmonikus függvény.

Mint hogy az $U(x;y)$ és $F(x;y)$ függvények a sík kiszerelt D tartományában harmonikusak, s őket a Cauchy - Riemann differenciálegyenletek kapcsolják össze, ezért e függvények egy komplex függvény valós és képzetes részének tekinthetők.

létezik tehát a D tartományon egy olyan $W = W(z)$ komplex függvény, melyre

$$W(z) = F(x; y) + j U(x; y) \quad (j^2 = -1). \quad (18)$$

Az ilyen módon megkonstruált $W(z)$ komplex változós függvényt a $\vec{v}(\vec{r})$ erőter komplex potenciáljának nevezzük.

A $\vec{v}(\vec{r})$ erőter és a hozzá tartozó $W(z)$ komplex potenciálja között igen fontos összefüggés van. Mivel $W(z)$ reguláris, így képezhető a deriváltja

$$\begin{aligned} \frac{dW(z)}{dz} = W'(z) &= \frac{\partial F(x; y)}{\partial x} + j \frac{\partial U(x; y)}{\partial x} = \\ &= \frac{\partial F(x; y)}{\partial x} - j \frac{\partial F(x; y)}{\partial y} \end{aligned}$$

(a (17) alatti felhasználásával), melyből a (18) alatti szerint

$$W'(z) = -v_2 - j v_1$$

adódik, s így

$$|W'(z)| = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} = |\vec{v}(\vec{r})|. \quad (19)$$

A komplex potenciál deriváltjának abszolút értéke tehát megegyezik a vektortér erősségével. Másrészt a

$$W'(z) = -v_2 - j v_1 = j^2 v_2 - j v_1 = -j (v_1 - j v_2)$$

miatt

$$W'(z) = -j \overline{W(z)}.$$

Mindkét oldalt j -vel szorozva:

$$jW'(z) = \overline{v(z)}, \text{ s átírva a konjugáltakra } -j \overline{W'(z)} = v(z), (20)$$

vagyis a komplex potenciál deriváltja konjugáltjának (-1) -szerese magát a vektorteret adja.

Tekintsük át a (18) alatti előállításban szereplő $F(x; y)$ és $U(x; y)$ függvények szintvonalait. Ezeknek egyenlete $F(x; y) = c_1$, illetve $U(x; y) = c_2$ implicit alakban adott egyváltozós függvények, ahol c_1 és $c_2 \in \mathbb{R}$. Képezzük ezen függvények deriváltját - felhasználva az implicit alakban adott függvény deriválási szabályát.

Az $F(x; y) = c_1$ függvényre vonatkozóan kapjuk

$$\frac{dy}{dx} = y' = - \frac{F'_x(x; y)}{F'_y(x; y)}.$$

Felhasználva a (16) alatti egyenlőségeket

$$y' = \frac{v_2}{v_1}, \quad (21)$$

vagyis az $F(x; y)$ függvény szintvonalaihoz húzott érintő egyenesek iránya minden pontban megegyezik a $\vec{v}(\vec{r})$ erőter irányával, hisz az iránytangensek megegyeznek.

$$\text{Az } U(x; y) \text{ függvényre vonatkozóan } \frac{dy}{dx} = y' = - \frac{U'_x(x; y)}{U'_y(x; y)},$$

melyből a (14) alatti egyenlőségek felhasználásával

$$y' = - \frac{v_1}{v_2}. \quad (22)$$

adódik.

A (21) és (22) alatti összefüggések azt mutatják, hogy a komplex potenciált megadó harmonikus függvények szintvonalai egymásra merőlegesek (ortogonális trajektoriak).

Míthogy

$$- \text{grad } U(x; y) = - \frac{\partial U(x; y)}{\partial x} \vec{i} - \frac{\partial U(x; y)}{\partial y} \vec{j},$$

s így a (14) alatti összefüggések felhasználásával

$$- \text{grad } U(x; y) = v_1 \vec{i} + v_2 \vec{j} = \vec{v}(\vec{r}),$$

ezért a potenciáltér (8) alatti értelmezése alapján az $U(x; y)$ függvényt potenciál-függvénynek nevezzük.

Mint láttuk az $F(x; y)$ függvény szintvonalaihoz húzott érintőegyeneseek iránya a $\vec{v}(\vec{r})$ vektorok, azaz az erővektorok irányával egyezik meg, ezért az $F(x; y)$ függvényt erőfüggvénynek nevezzük.

Elektrosztatikai alkalmazás

Helyezzünk el a kétdimenziós vektortér origójában egy q nagyságú pontszerű töltést. E töltés által létesített elektromos erőter térerősségvektora

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{2qx}{x^2+y^2} \vec{i} + \frac{2qy}{x^2+y^2} \vec{j}.$$

Határozzuk meg a komplex potenciált, a potenciálfüggvényt, az erőfüggvényt, valamint az ekvipotenciális görbék és az erővonalak egyenletét!

Írjuk fel a térerősség-vektorokat komplex értelmezéssel

$$E(z) = \frac{2qx}{x^2+y^2} + j \frac{2qy}{x^2+y^2}.$$

A $W(z) = F(x;y) + j U(x;y)$ komplex potenciál a (20) alatti összefüggés alapján határozható meg, mely szerint

$$-j \overline{W'(z)} = E(z),$$

ahol $W(z)$ éppen a keresett komplex potenciál. Egyenletünket j -vel szorozva $W'(z) = j E(z)$, azaz

$$W'(z) = - \frac{2qy}{x^2+y^2} + j \frac{2qx}{x^2+y^2}, \quad \text{és így}$$

$$W'(z) = - \frac{2qy}{x^2+y^2} - j \frac{2qx}{x^2+y^2}.$$

Míthogy

$$W'(z) = \frac{\partial F(x;y)}{\partial x} + j \frac{\partial U(x;y)}{\partial x}, \quad \text{illetve}$$

$$W'(z) = \frac{\partial U(x;y)}{\partial y} - j \frac{\partial F(x;y)}{\partial y} \quad \text{ezért fenn kell állniuk a}$$

következő egyenleteknek:

$$a. / \frac{\partial F(x;y)}{\partial x} = - \frac{2qy}{x^2+y^2},$$

$$c. / \frac{\partial U(x;y)}{\partial y} = - \frac{2qx}{x^2+y^2},$$

$$b. / \frac{\partial U(x;y)}{\partial x} = - \frac{2qx}{x^2+y^2},$$

$$d. / \frac{\partial F(x;y)}{\partial y} = - \frac{2qy}{x^2+y^2}.$$

A komplex potenciált előállító, keresett $U(x;y)$ és $F(x;y)$ függvények a fenti parciális-differenciálegyenlet-rendszerből határozhatók meg.

Az a./-ből adódik

$$F(x; y) = - \int \frac{2qy}{x^2 + y^2} dx = - \frac{2q}{y} \int \frac{dx}{\left(\frac{x}{y}\right)^2 + 1} = 2q \operatorname{arctg} \frac{x}{y} + G(y).$$

Mint hogy $\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha = 1$, így $\operatorname{arctg} \frac{x}{y} = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$, vagyis

$$F(x; y) = 2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + G(y)$$

A $G(y)$ a d./ alatti feltételből határozható meg.

$$\frac{\partial F(x; y)}{\partial y} = 2q \frac{1}{\left(\frac{y}{x}\right)^2 + 1} \frac{1}{x} + G'(y) = \frac{2qx}{y^2 + x^2} + G'(y), \text{ s így}$$

$$\frac{2qx}{x^2 + y^2} = \frac{2qx}{y^2 + x^2} + G'(y), \text{ melyből } G'(y) \equiv 0.$$

Az erőfüggvény tehát $F(x; y) = 2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + C$, illetve C -t 0-nak választva

$$F(x; y) = 2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x}.$$

Az erővonalak pedig az $F(x; y) = K$ összefüggés alapján

$$2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x} = K,$$

melyből

$$\operatorname{arctg} \frac{y}{x} = \frac{K}{2q},$$

s így

$$\frac{y}{x} = \operatorname{tg} \frac{K}{2q}.$$

Bevezetve a $\operatorname{tg} \frac{K}{2q} = K_1$ jelölést, az erővonalak egyenlete $y = K_1 x$, azaz az origón átmenő egyenletek.

A b./-ből adódik

$$U(x; y) = - \int \frac{2qx}{x^2 + y^2} dx = -q \ln(x^2 + y^2) + H(y)$$

A $H(y)$ -t a c./ alapján határozzuk meg.

$$\frac{\partial U(x; y)}{\partial y} = -q \frac{1}{x^2 + y^2} 2y + H'(y), \text{ s így a c./ miatt}$$

$$- \frac{2qy}{x^2 + y^2} = - \frac{2qy}{x^2 + y^2} + H'(y)$$

melyből $H'(y) = 0$, vagyis $H(y) = C$.

A potenciálfüggvényt tehát $U(x; y) = -q \ln(x^2 + y^2) + C$, illetve C -t 0 -nak választva

$$U(x; y) = -q \ln(x^2 + y^2).$$

Az ekvipotenciális vonalak az $U(x; y) = C$ összefüggésből határozhatók meg, s így

$$q \ln \frac{1}{x^2 + y^2} = C, \text{ melyből}$$

$$\frac{1}{x^2 + y^2} = e^{\frac{C}{q}}.$$

Bevezetve az $e^{\frac{C}{q}} = K$ jelölést $x^2 + y^2 = K$ adódik.

Az ekvipotenciális vonalak tehát origó középpontú körök. A komplex potenciál pedig

$$W(z) = 2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + j q \ln \frac{1}{x^2 + y^2},$$

illetve a nyert formulát $f(z)$ alakra hozva

$$\begin{aligned} W(z) &= 2q \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + 2jq \ln \frac{1}{|z|} = 2qj \left(\ln \frac{1}{|z|} - j \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \right) = \\ &= 2qj \ln \frac{1}{z}. \end{aligned}$$

Komplex potenciál értelmezése áramlási térben

Legyen kétdimenziós

$$\vec{v}(\vec{r}) = v_1(x; y) \vec{i} + v_2(x; y) \vec{j}$$

vektortér forrás- és örvénymentes áramlási tér, s az ezt leíró komplex függvény

$$v(z) = v_1(x; y) + j v_2(x; y) \quad (j^2 = -1).$$

Ha az áramlási tér valamely egyszeresen összefüggő D tartományában léteznek a $v_1(x; y)$ és $v_2(x; y)$ függvények másodrendű parciális deriváltjai, akkor - a forrás- és örvénymentesség miatt (lásd erőtér) - fennállnak az alábbiak:

$$\frac{\partial v_2(x; y)}{\partial x} - \frac{\partial v_1(x; y)}{\partial y} = 0, \quad (23)$$

illetve

$$\frac{\partial v_1(x; y)}{\partial x} + \frac{\partial v_2(x; y)}{\partial y} = 0. \quad (24)$$

Ekkor a bizonyított tételünk miatt létezik olyan $\varphi(x; y)$, illetve $\psi(x; y)$ függvény, melyekre a (23) alapján

$$d\varphi(x;y) = v_1(x;y) dx + v_2(x;y) dy$$

és a (24) alapján

$$d\psi(x;y) = -v_2(x;y) dx + v_1(x;y) dy.$$

Ezekből következik, hogy

$$v_1(x;y) = \frac{\partial \varphi(x;y)}{\partial x} \quad \text{és} \quad v_2(x;y) = \frac{\partial \varphi(x;y)}{\partial y}, \quad (25)$$

illetve

$$v_2(x;y) = -\frac{\partial \psi(x;y)}{\partial x} \quad \text{és} \quad v_1(x;y) = \frac{\partial \psi(x;y)}{\partial y}. \quad (26)$$

Mint hogy a $\varphi(x;y)$ és $\psi(x;y)$ függvényekre érvényesek a Cauchy - Riemann differenciálegyenletek, s ugyanakkor harmonikusak is (lásd az előtér esetét!) ezért ezek egy komplex függvény valós és képzetes részének tekinthetők. Létezik tehát a D tartományon egy olyan $W(z)$ komplex függvény, melyre

$$W(z) = \varphi(x;y) + j \psi(x;y). \quad (27)$$

Az ilyen módon megkonstruált $W(z)$ komplex változós függvényt a $\vec{v}(\vec{r})$ áramlási tér komplex potenciáljának nevezzük. Ennek valós részét - a $\varphi(x;y)$ függvényt - potenciál-függvénynek nevezzük. Ugyanis

$$\text{grad } \varphi(x;y) = \frac{\partial \varphi(x;y)}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi(x;y)}{\partial y} \vec{j},$$

s így a (25) alapján

$$\text{grad } \varphi(x;y) = v_1(x;y) \vec{i} + v_2(x;y) \vec{j} = \vec{v}(\vec{r}),$$

vagyis a $\varphi(x; y)$ függvény a $\vec{v}(\vec{r})$ vektortér potenciáletterét szolgáltatja.

Mivel a $\varphi(x; y) = c_1$ és $\psi(x; y) = c_2$ szintvonalak egymás ortogonális trajektóriái (lásd erőter esetét!), ezért a $\psi(x; y)$ függvényt áramfüggvénynek nevezzük.

A komplex potenciál segítségével a síkbeli áramlást jellemző valamennyi mennyiség kifejezhető.

A (27) alatti előállítás alapján

$$W'(z) = \frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial x} + j \frac{\partial \psi(x; y)}{\partial x},$$

melyből a (25), illetve a (26) szereplő megfelelő egyenlőségek felhasználásával

$$W'(z) = v_1(x; y) - j v_2(x; y),$$

amiből az áramlás sebességvektora

$$v(z) = \overline{W'(z)}. \quad (28)$$

A sebesség nagysága pedig

$$|v(z)| = \sqrt{v_1^2(x; y) + v_2^2(x; y)} = |W'(z)|.$$

Alkalmazás

Határozzuk meg a párhuzamos síkáramlás potenciál- és áramfüggvényét, valamint a komplex potenciálját!

Párhuzamos síkáramlás esetén a sebességvektor állandó, azaz a vektor mindkét komponense állandó. A sebességvektor tehát

$$\bar{v}(\bar{r}) = v_1 \bar{i} + v_2 \bar{j}$$

alakban írható, ahol v_1 és v_2 konstans. Áttérve a komplex előállításra:

$$\bar{v}(\bar{r}) \rightarrow v(z) = v_1 + j v_2 (j^2 = -1).$$

A keresett komplex potenciál a (28) alapján határozható meg. Írhatjuk

$$\bar{w}(\bar{z}) = v_1 + v_2 j, \text{ melyből}$$

$$w'(z) = v_1 - v_2 j.$$

A $w(z)$ deriválhatóságából következik, hogy

$$w'(z) = \frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial x} + j \frac{\partial \psi(x; y)}{\partial x},$$

illetve

$$w'(z) = \frac{\partial \psi(x; y)}{\partial y} - j \frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial y}.$$

Igy a $\varphi(x; y)$ és $\psi(x; y)$ függvények meghatározására az alábbi parciális-differenciálegyenletek adódnak.

$$a. / \quad \frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial x} = v_1,$$

$$c. / \quad \frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial y} = v_2,$$

$$b. / \quad \frac{\partial \psi(x; y)}{\partial x} = -v_2,$$

$$d. / \quad \frac{\partial \psi(x; y)}{\partial y} = v_1.$$

Az a. / alapján

$$\varphi(x; y) = \int v_1 dx = v_1 x + g(y).$$

A c. / felhasználásával

$$\frac{\partial \varphi(x; y)}{\partial y} = g'(y) = v_2, \text{ s így}$$

$$g(y) = v_2 y + C_1.$$

A potenciálfüggvény tehát

$$\varphi(x; y) = v_1 x + v_2 y + C_1.$$

A b. / alattiból

$$\psi(x; y) = - \int v_2 dx = -v_2 x + \ln(y).$$

A d. / felhasználásával

$$\frac{\partial \psi(x; y)}{\partial y} = \ln'(y) = v_1, \text{ s így}$$

$$\ln(y) = v_1 y + C_2.$$

Az áramfüggvény tehát

$$\psi(x; y) = -v_2 x + v_1 y + C_2.$$

A keresett komplex potenciál pedig - a konstansok 0-nak választásával:

$$W(z) = \varphi(x; y) + j \psi(x; y) = v_1 x + v_2 y + j(-v_2 x + v_1 y) =$$

$$= v_1 x + v_2 y - j v_2 x + j v_1 y = x(v_1 - j v_2) + j y(v_1 - j v_2) = \bar{v} z.$$

FELHASZNALT IRODALOM:

- 1./ Fuksz - Sabat: Komplex változós függvények és néhány alkalmazásuk.
- 2./ Dr. Gáspár Gyula: Komplex függvénytan.
- 3./ Gruber - Blahó: Folyadékok mechanikája.
- 4./ Obadovics J. Gyula: Matematikai zsebkönyv.
- 5./ Műszaki hő- és áramlástan (egyetemi jegyzet).
- 6./ Fenyő - Frey: Matematika villamosmérnököknek.
- 7./ Sándor E. - Dr. Pokorádi L.: Konformis leképezések és alkalmazásuk az aerodinamikában
Tudományos Képzési Közlemények, MH
SZRTF Szolnok, 1991/2. 18-39.o.

Jaksa Tibor százados - Somogyi Gyula hka.

A SZOLNOKI REPÜLŐTISZTI FŐISKOLA TESTNEVELES FELVÉTELI ELJÁRÁSÁNAK ELEMZÉSE

A Katonai Főiskolák 1990. évtől kezdve önállóan hajtják végre felvételi eljárásukat.

Tanszékünk azt a feladatot kapta, hogy dolgozzon ki egy rövid, 40-45 percben végrehajtható testnevelés felvételi eljárást. Ezen idő alatt 25-30 fő vizsgáztatását kell elvégezni, a feladat ismertetésétől a bemelegítésen keresztül a felvételi lebonyolításáig.

A hagyományostól eltérő, új módszert kellett kidolgoznunk, mely objektív módon biztosítja a legjobb jelöltek kiválasztását.

Fő feladatnak azt tartottuk, hogy eljárásunkkal a kondicionális képességek (erő, gyorsaság, állóképesség), a koordinációs képességek (mozgásérzékelés, egyensúlyérzékelés, szenzomotorikus koordináció) és a mozgáskészségek színvonalát tudjuk mérni.

Gondolatmenetünket a következő példa illusztrálhatja: véleményünk szerint a képzés szempontjából lényegesen hasznosabb, ha a felvételiző, 2000 méter lefutása után pontosan tud, mondjuk 30 méterre célba dobni, mint pihent állapotban 60 méteres távolságra.

Ertelmezésünk szerint a kondicionális képességeket külön-külön meghatározva nem minden esetben adnak pontos képet a jelentkezők aktuális fizikai állapotáról. Számunkra sokkal fontosabb az, hogy a mozgáskészség színvonalát mérjük a kondicionális képességeken keresztül és ezáltal a jelentkezőkről komplexebb képet kapjunk.

A következőkben ismertetésre kerülő munkánkban ezen összefüggéseket kívánjuk bebizonyítani.

I. A KOMPLEX FELMÉRÉS LÉNYEGE:

Egy meghatározott - a továbbiakban részletesen ismertetésre kerülő - módon berendezett pályán, erős élettani terhelés közben mérjük a jelentkezők kondicionális (erő, gyorsaság, állóképesség) és koordinációs képességeit, mozgáshelyzet, valamint egyensúly érzékelését, illetve a képzéshez szükséges, testneveléssel kapcsolatos technikai tudását.

A komplex testnevelési felvételi pálya jellemzője, hogy viszonylag hosszú ideig tartó állóképességi teljesítmény közben (9-11 perc), erős megterhelést jelentő erőgyakorlatokat, egyensúlygyakorlatokat és kézigránát célbadobást kell végrehajtani.

Az egyes feladatok ilyen módon történő végrehajtása emeli az állóképességi teljesítmény határfokát, illetve a futás feladatokkal való megszakítása más jellegű erő kifejtést, hullámzó terhelést, változatosságot eredményez. Azért, hogy az állóképességi terhelés jellemzően megmaradjon a folyamatos futást csak néhányszor és rövid időre szakítottuk meg.

Feltételezésünk szerint a komplex felvételi pálya - mivel a kondicionális és koordinációs képességeket, valamint a mozgáskészségeket kölcsönös összefüggésükben és egymásra hatásukban vizsgálja - megbízhatóan, objektíven méri a jelentkezők aktuális fizikai állapotát, továbbá alkalmas egy-két éves előrejelzésre a képzéssel fizikai megterheléseket illetően.

A felvételi pálya leírása:

Hossza: 2000 méter;

1. / rajt: 800 m futás (400 m-es körpályán);
2. / vándormászás mászóállványon (5 m-es mászókötélen fűggeszkezés vagy felmászás, ferde létrán való lejövetellel);
3. / 400 m futás;
4. / támlázás korláton (9 m-es távolságon);
5. / 800 m futás, célbaérkezés;
6. / a célbaérkezés után azonnal kézigránát célbadobás álló testhelyzetből 30 m-re, 4 m átmérőjű körbe, ahol 3 kísérletet értékelünk időjövairással (találatonként 5 mp-et vonunk le a futott időből).

A végrehajtás rendje:

A jelentkezők a főiskolára érkezéskor tájékoztatót kapnak a felvételi pályáról. A 20-25 fős csoport felmérését 35-40 perc alatt kell elvégezni.

Bemelegítés után, percenkénti indítással történik a feladat végrehajtása. A pályán az ellenőrzés 3 ponton történik a vándormászást, a támlázást, a kézigránát célbadobást követően. Az ellenőrzést végző tanároknál rajtszámlista, a jelentkezőkön rajtszám van, amik alapján - a feladat jellegének megfelelően - végrehajtható az értékelés.

II. A FELADATOK TARTALMA ES ÉRTEKELESE

Vándormászás:

A jelentkező a futópályáról letérve a mászóállványhoz fut és a kötélén felfűggeszkezik, ha nem tud akkor felmászik a kötélre, majd ferde létrán lejön.

Értékelés:

++ jel = szabályosan, dinamikusan függeszkedő;
+- jel = lassan, nehézkesen függeszkedő;
-- jel = mászókulcsolással mászó;
NMF = aki egyáltalán nem tud feljutni (nem megfelelő)

Támlázás korlátot:

A korlát végén támaszhelyzetbe feljutva kell kéztámasz-
szal előrehaladni (9 m távolságig). Az előzőekhez hasonlóan
történik a tanári értékelés:

++ jel = dinamikusan, megállás nélkül végighaladó;
+- jel = lassan, egyszer-kétszer megállva;
-- jel = szaggatott többszöri pihenéssel;
NMF = egyáltalán nem tud végighaladni.

Kézigránát célbadobás:

A célbaérkezés után azonnak a dobóhelyhez kell futni, 3
db gumi kézigránátot kell célbadobni. Értékelése a már is-
mertetett időjövőírással történik.

Értékelés:

jeles (5)	9 perc alatt
jó (4)	9 perc - 9 perc 30 mp. között
közepes (3)	9 perc 30 mp. - 10 perc között
elégséges (2)	10 perc - 10 perc 30 mp. között
elégtelen (1)	10 perc 30 mp. alatt

A pálya standardizálása:

A felvételi vizsgát megelőzően 185 fő adatai alapján a pályát standardizáltuk és az értékelést ez alapján állítottuk össze

A standard csoport összetétele:

32 fő 2. éves főiskolai hallgató (kontroll csoport),
106 fő 3. és 4. évfolyamos szakközépiskolai növendék,
47 fő 4. éves katonai kollégista, gimnáziumi tanuló.

A kísérlet ismertetése:

Elgondolásunk igazolására a felvételt nyert hallgatók egyéni adatait hasonlítottuk össze a felvételi pályán elért eredménnyel. Megvizsgáltuk a felvételt nyertek felvételi adatait is.

III. A MÉRÉSRE KERÜLŐ JELLEMZŐK

Antropometriai és élettani jellemzők:

1. / Testtömeg (Tt);
2. / Testmagasság (Tm);
3. / Alappulzus (Ap);
4. / Terheléses pulzus (Tp);
5. / Vérnyomás-alap (Vnya);
6. / Vérnyomás-terheléses (Vnyt);

Motoros jellemzők; egyéb:

7. / Felv. pálya időeredménye (Fp);

8. / Felv. jegy (Fj);
9. / Hozott jegy (Hj);
10. / Összetett erőgyakorlat (Öe);
11. / 12 perces futás (C-t);
12. / 12 perces úszás (C-ú);
13. / Függeszkedés (F);
14. / Futószalag-ergométeres terhelés (Ft);
15. / Kerékpár-ergométeres terhelés (Ke).

Kerékpár-ergometriás terhelés:

TERHELESI PROTOKOLL

90 W-os teljesítménykezdés után 2 percenként 25 W-tal emeltük a terhelést, 8-tól 12 percig folyamatos pulzus ellenőrzés mellett, ahol 170-es pulzusig terhelünk. A terhelés alatt is és után is vérnyomás értékeket mértünk.

Megjegyzés: a vérnyomás és pulzus értékek mérését a futószalag-ergometriás vizsgálat során is elvégeztük.

Az összetett erőgyakorlat leírása:

A feladatot 1 percig kell végezni úgy, hogy az első 30 mp-ben hanyattfekvésből felülést hajtanak végre, majd a vizsgálatot végző személy jelzésére fekvőtámaszba átfordulva, 30 mp-ig karhajlítás-nyújtást hajtanak végre.

Futószalag terhelés:

A feladat végrehajtása előtt orvosi ellenőrzés mellett alap EKG, - RR, - PP értékek felvételére került sor, majd az alábbi protokollt alkalmaztuk:

BRUCE-féle futószalag terhelés

Idő emelk. szög. seb.	3 p.	6 p.	9 p.	12 p.	15 p.	18 p.
seb. ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$)	3	4	6	7	8	10
meredekség (%)	10	12	14	16	18	20
V O ₂ igény	17	25	34	44	-	-
RR	80	100	120	140	160	180

Várható max. RR: 187/p

IV. ADATFELDOLGOZÁS MATEMATIKAI STATISZTIKAI MÓDSZERE

- A mért adatok átlagszámítása;
- Szórásszámítás;
- Minta-feldolgozás osztályhatárolással;
- Korreláció számítás.

Várható következtetések összehasonlítási módszerek:

- A felvételt nyertek és az elutasítottak felvételi pályán produkált teljesítményének összehasonlítása.
- A felvételt nyert hallgatók induló szintjének regisztrálás.
- A felvételt nyert hallgatók képességbeli fejlettségi szintje az alapadat felvétele után.
- A kapott eredmények összehasonlítása más publikációk eredményeivel.
- A felvételi pálya és a külön mért kondicionális paraméterek korrelációs elemzése.

6. A futószalag ergometriás terhelés edzettségi standartjainak összehasonlítása más fizikális paraméterekkel.
7. A felvételi eljárás egyszerűségének és az adekvát teljesítmény mérésének igazolása.

Az eredmények tárgyalása:

Az 1. számú táblázat tartalmazza az általunk mért adatokat, értékeket. Összehasonlításképpen feltüntetettük a korábban mért és a KLKF által publikált adatokat (1. ábra). Az állageredmények nagy eltéréseket nem mutatnak, a szórás értékeknél azonban már tapasztalhatók ilyenek.

A középiskolából hozott jegy és a felvételi pálya osztályzata között nagy a különbség, mind az átlagot, mind a szórást figyelembe véve. Véleményünk szerint a középiskolából hozott testnevelési jegyek pozitívan javítják a hozott pontszámot. Ha a felvételi pályát és más fizikai paramétereket hasonlítunk össze (2. számú korrelációs táblázat), akkor az előbbi feltevésünk igazolódik.

Erdekességképpen a felvételt nem nyertek adatait is feldogoztuk (22 fő). A felvételi pályán az elutasítottak 10 perc 38 mp-et, a felvételt nyertek 10 perc 36 mp-et teljesítettek. Tehát az eltérés nem számottevő, ebből arra következtetünk, hogy a felvételt nyertek ugyanolyan mintából kerültek ki, mint az elutasítottak.

Adatok elemzése osztályba sorolással: (2.számú ábra)

Osztályközök N=30;22				Gyakoriság %-ban			
felv.j.	hozott j.	felv.pálya	felv. elut.	felv.j.	hozott j.	felv.pálya	felv. elut.
2	2	544	520	33 %	3 %	30 %	22 %
3	3	644	580	23 %	9 %	50 %	27 %
4	4	744	640	21 %	53 %	13 %	9 %
5	5	844	700	23 %	35 %	3 %	31 %
		940	760			4 %	11 %
$\bar{x}=598$		$\bar{x}=599$		100 %	100 %	100 %	100 %

A felvettek és az elutasítottak közötti eltérés azt mutatja, hogy a felvételt nyerteknél a testnevelés volt a domináns, hiszen 5 fő nyert úgy felvételt, hogy mi azt nem javasoltuk. Viszont az eredmények %-os megoszlását megnézve azt mondhatjuk, hogy felvételi eljárásunk adekvát. Ennek tükrében megállapíthatjuk, hogy a válogatás során a legjobbak kerültek felvételre.

Adatok elemzése osztályba sorolással: (3.számú ábra)

Osztályközök N=30				Gyakoriság %-ban			
felv.p. (sec.)	Cooper t. (m)	húzódb. (db)	függ. (sec)	felv.p.	Cooper t.	húzódb. függ.	
544	2250	5	4	30 %	6,6 %	23 %	3 %
644	2450	10	8	50 %	6,4 %	33 %	56 %
744	2650	15	12	13 %	26 %	31 %	13 %
844	2850	20	16	3 %	48 %	10 %	3 %
944	3205	24	0	4 %	13 %	3 %	25 %
$\bar{x}=598$	$\bar{x}=2752,5$	$\bar{x}=9,77$	$\bar{x}=6,81$	100 %	100 %	100 %	100 %

A jobb értelmezés érdekében két erő jellegű és egy állóképességi adatot hasonlítottunk össze a felvételi pályán elért eredményekkel. Az átlageredmények és a %-os megoszlás is a felvételi pálya realitását és állításunk igazolását

mutatja.

Tapasztalati korrelációs táblázat értékelése:
(2 sz. táblázat)

Szignifikancia szintek: N=30 fő

P	0,05	,2732
P	0,1	,2306
P	0,02	,3218
P	0,001	,6039

Az egyes paramétereket egymásra gyakorolt hatását korrelációs összefüggéssel elemeztük.

Elsőként - ami számunkra a legfontosabb volt -, a felvételi pályát vizsgáltuk meg.

Erős szignifikáns kapcsolatot találtunk a kapott érdemjeggyel (.8124), míg negatívan korrelált a hozott jeggyel (-.5904). Továbbá erős kapcsolatot találtunk a terheléses systolés vérnyomással, összetett erővel, a 12 perces futással (igen erős), a futószalagergometriás terheléssel, és a nyújtón túrtánó húzódzkodás paramétereivel.

Erős negatív kapcsolato található a testömeggel, ami önmagát magyarázza.

Nagyon érdekes viszont, hogy a függeszkedéssel szinte semmi kapcsolatot nem találtunk. Ez annak tulajdonítható, hogy az értékelésre került adatszám 25 %-kal kevesebb volt, hiszen pontosan ennyien nem tudtak függeszkedni.

Mindettől függetlenül bizonyítható, hogy a felvételi eljárásunk komplexen méri az aktuális fizikai állapotot.

Az edzettségi szint tökéletesebb meghatározására laboratóriumi körülmények között végeztünk fittségi vizsgálatot. A csoport egyik felénél kerékpár-ergometriás, a másik felénél futószalag-ergometriás eljárással.

Ez a korrelációs tapasztalat is azt bizonyítja, hogy jó úton járunk, ugyanis a futószalag- és kerékpár-ergometriás terhelés, valamint a felvételi pályán tapasztalt adatok között erős szignifikáns kapcsolat van.

Sem hazai, sem nemzetközi szakirodalomban nem találkoztunk hasonló vizsgálattal, mely a kerékpár- és futószalag-ergometriás eljárás összehasonlítását mutatná. E témakör kutatása tanszékünk távolabbi céljai között szerepel.

V. ÖSSZEFOGLALÁS:

1./ Korábbi kutatásaink is azt igazolják, hogy főiskolánkra jelentkezők fizikai jellemzői a korcsoportos országos átlagnak felelnek meg, sőt sajnos egyes esetekben annál is alacsonyabbak.

2./ A főiskolánkra felvételt nyertek és az elutasítottak felvételi eredményei átlagban megegyeznek, azonban standard szórásuk már jelentős eltéréseket mutat. A felvételt nyerteknél nem a fizikai állapot a domináns.

3./ Még mindig felvételt nyernek olyanok, akik nagy valószínűséggel lemorzsolódnak.

4./ Felvételi eljárásunk korszerű, egyszerűségével gyorsan végrehajtható, jól ellenőrizhető és könnyen értékelhető.

5./ Az edzettségi szintet erős élettani terhelés közepette komplex módon méri.

6./ Mind a hagyományos teljesítménymérés, mind a laboratóriumi mérések azt igazolják, hogy ez a pálya azt méri, amit mi szeretnénk. A "Gauss"-féle megoszlása az érdemjegyekkel is igen erősen korrelál, ami az értékelés objektív voltát bizonyítja.

VI. TOVÁBBI CÉLKITÜZÉSEINK

1./ Számítógépes adatbankban kívánjuk tárolni az összes adatot, majd négy éven keresztül - évenkénti kontrollal - nyomon követjük a csoportokat. E módszerrel kiképzési rendszerünk hatékonyságát is ellenőrizhetjük.

2./ Korrekten szeretnénk igazolni, hogy az általunk prognosztizált teljesítőképesség a képzés éve alatt milyen teljesítményszintekkel fejezhető ki. A képzés követelményeinek való fizikai megfelelés így már a felvételi eljárással eldönthető.

3./ Olyan elméleti jellegű kutatást akarunk elvégezni, amely választ ad az alábbi kérdésekre:

- milyen terhelési protokoll felelne meg legjobban a saját populációkra, a kerékpár- és futószalag-ergometriás vizsgálatot illetően?

- azok a terheléses élettani mutatók, amelyeket eddig hagyományosan mértünk, megfelelnek-e a laboratóriumi méréseknek?

- az erő és gyorsaság paraméterei hogyan mérhetők adekvánsan a kerékpár- és futószalag-ergometriás vizsgálatok segítségével?

- az említett két képességnél milyen szinten határozha-

tők meg a pulzus, vérnyomás, oxigén-felhasználás, az izom-
kontrakció impulzus és frekvencia értékei?

IRODALOMJEGYZEK:

- 1./ Nádori L.: Sportképességek
Sport, Budapest 1988.
- 2./ Frenkl Róbert: Sportorvostan
Sport, Budapest 1984.
- 3./ Jaksa Tibor: Szomatodiagnosztika az iskolai testnevelés-
ben
BME könyvtár, Budapest 1992.
- 4./ Jaksa Tibor: A fáradás hatása a szenzomotoros koordiná-
cióra és az erőre
TE.könyvtár, Budapest 1987.
- 5./ Zaicorckij AV.: Sportképességek prognosztizálása
Fiziceszkaja kulture V. skolja TFKI
Szakfordítás 1974/4. szám.
- 6./ Csinádi - Szakasits - Domszloi: Adatok a testgyakorla-
tok mozgásélettani tanulmányozásához
(Kézirat) TE. könyvtár 1971.
- 7./ Frenkl R.: Sportélettan 163-172 old. Sport
Budapest, 1983.
- 8./ Nádori L.: Az edzés elmélete és módszertana
400-500 old. Sport, Budapest 1981.
- 9./ Nádori L.: Az elfáradás sajátosságai terheléseknél
ergonómia 3.sz., Budapest 1969.

- 10./ Nádori L.: Adalékok a mozgáskoordináció kialakításának elméleti megalapozásához
TF Közlemények 1972/4. 107-122.old. Bp.
- 11./ Nádori L.: A mozgáskoordináció információs forrásai
TF Közlemények 72/II-III. 53-63.old. Bp.
- 12./ Nagy Gy. - Bathori - Makszim: Mérési és számítási módszerek a testnevelésben
Budapest Tankönyvkiadó, 1986.
- 13./ Nagy Gy.: Mérési és számítási módszerek a sportban
(Kézirat) Bp. Tankönyvkiadó 1983.
- 14./ Köhler H. - Wurster H.: Az állóképesség fejlesztése a sportoktatásban (válogatott cikkek a világ sportszakirodalmából) 1980. 67-82.old.
- 15./ Nádori L.: A kondicionális képességek összefüggése
(Testnevelés és Sporttudomány 1980/3.szám
Sport, Budapest.

1. sz. táblázat

PAR./ELEMCSOP. ELEMSZÁM	Atlag	szorás	Atlag	szorás	Atlag	szorás	Atlag	szorás	Atlag	szorás
T. TORPÓ (H)	70.53	8.25	70.64	11.43	70.13	9.92	70.43	9.87		
T. MAGASBAG (H)	177.13	7.22	178.41	6.20	179.40	6.06	178.31	6.49		
ALAPP. (NEM.)	75.00	13.93	76.86	9.25	75.20	7.50	75.02	10.25		
TERM.F. (NEM.)	179.73	10.12	176.35	19.87			175.04	15.00		
NY.SVS. (NEM.)	122.63	8.61			108.40	13.80	115.82	11.21		
NY.DIAS. (NEM.)	79.50	6.24			75.70	7.70	76.60	6.87		
T.SVS. (NEM.)	167.33	14.27					167.33	14.27		
T.DIAS. (NEM.)	68.17	5.18					68.17	5.18		
FELNITTEK (SEC)	598.07	92.02					598.07	92.02		
NEM FELN. (SEC)	599.13	88.21					599.13	88.21		
FELN. JEDY	3.13	1.36					3.13	1.36		
HOLDIT JEDY	4.40	0.66					1.47	0.22		
B952. ENG (DB)	50.40	7.20					50.40	7.20		
12 P. FUTAS (H)	2752.90	214.00	2728.00	285.00	2739.00	248.40	2739.83	247.80		
12 P. GÉZAS (H)	456.83	122.23					456.83	122.23		
FUGGESZ. (SEC)	6.81	3.56	7.11	2.98	9.90	3.10	5.57	3.21		
F. SZALAG (SEC)	696.08	35.91					696.08	35.91		
K. ENDSOM. (WATT)	165.00	8.65					165.00	8.65		
NOI. NYUJ. (DB)	9.77	6.03	8.46	4.25	10.10	4.70	9.44	4.99		
FOSSER INDEX	1.21 (kiszorosa)	0.31					1.21 (kiszorosa)	0.31		

2. sz.táblázat

*****Felv.p. Felv.j. Hozott j.össz.erő Húzódk. Cooper f.

Felv.p.	*****					
Felv.j.	0.8124	*****				
Hozott j.	-0.5904	-0.4139	*****			
össz.erő	0.2811	0.3026	-0.1576	*****		
Húzódk.	0.5351	0.5992	0.4570	0.6033	*****	
Cooper f.	0.6140	0.6451	-0.3236	0.3171	-0.6233	*****
Cooper ú.	0.1172	0.2973	-0.0016	0.1498	-0.4040	0.4632
Függesz.	0.1426	0.0009	0.0618	0.1393	0.2178	0.1393
Testtöm.	-0.5792	0.3867	0.4846	0.2376	-0.6049	-0.4651
Testmag.	0.3643	0.0871	0.4245	-0.4763	-0.4503	0.1487
Alappulz.	-0.3662	0.4732	0.0411	0.0842	0.2968	0.3866
Sys/alap	-0.1949	0.1977	0.1016	0.0471	0.1520	0.2697
Dias/alap	0.2140	0.1081	0.2094	0.2109	0.0767	0.0371
Sys/terh	0.2272	0.1817	0.1584	0.2973	0.3226	0.2250
Dias/terh	0.0638	0.2171	0.0971	0.2147	0.0169	0.0545
Ter.pulz.	0.2131	0.0141	0.2444	0.1073	0.1422	0.0867
Ker.erg.	0.1394	0.0618	0.2256	0.0776	0.0821	0.1802
F.szalag	0.3238	0.2652	0.3275	0.2457	0.3734	0.3461

*****Cooper ú.Függesz. Testtöm. Testmag. Alappulz.Sys/alap

Cooper ú.	*****					
Függesz.	0.2200	*****				
Testtöm.	0.0199	-0.3414	*****			
Testmag.	0.0997	0.2834	0.7195	*****		
Alappulz.	0.3554	0.0968	0.2590	0.2158	*****	
Sys/alap	0.0199	0.1402	0.1811	0.0512	0.1982	*****
Dias/alap	0.2244	0.0381	0.0402	0.1291	0.2063	0.4497
Sys/terh	0.1382	0.0002	-0.1109	-0.2715	0.1968	0.2227
Dias/terh	0.1324	0.1001	-0.1140	0.1455	0.1825	0.0555
Ter.pulz.	0.0634	0.3636	0.1673	0.1596	2.2913	0.0340
Ker.erg.	0.0136	0.0026	0.0309	0.0436	0.0652	0.2884
F.szalag	0.2222	0.0829	0.1550	0.1733	0.0402	0.2307

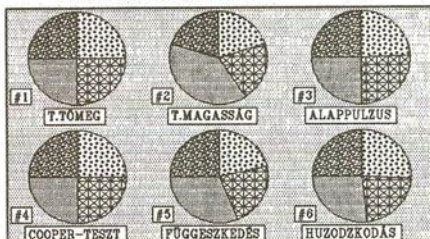
*****Dias/alapSys/terh Dias/terhier.pulz.ker.erg. F.szalag

Dias/alap	*****					
Sys/terh	0.0693	*****				
Dias/terh	0.0903	0.0647	*****			
Ter.pulz.	0.0708	0.2337	-0.4222	*****		
Ker.erg.	0.1181	0.1746	-0.3305	-0.4965	*****	
F.szalag	0.1695	0.0309	-0.3187	-0.4162	0.8929	*****

1. ábra

PARAMÉTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

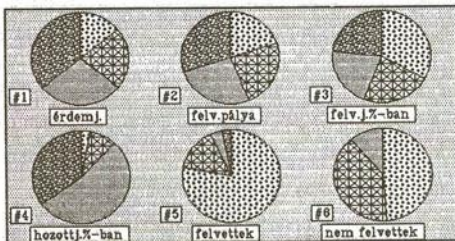
#	1	2	3	4	5	6
T.TÖMEG	25	20	25	21	20	22
T.MAGASSÁG	25	20	25	21	20	22
ALAPPULZUS	25	20	25	21	20	22
COOPER-TEST	25	20	25	21	20	22
FÜGGESZKEDES	25	20	25	21	20	22
HUZODZKODÁS	25	20	25	21	20	22



SZRTF L.EVF.
 SZRTF VÉG.EVF.
 KLKF
 ÁTLAGOK

2. ábra

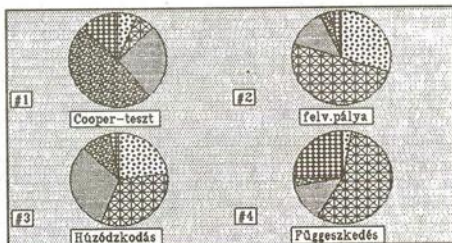
#	1	2	3	4	5	6
érdemj.	14	20	33	3	78	49
felv.pálya	21	23	23	9	15	44
felv.j%-ban	29	27	21	53	4	11
hozottj%-ban	38	39	23	25	3	0



2-es;10.20 alatt
 3-as;12.00-ig
 4-es;13.40-ig
 5-ös;15.20-ig

3. ábra

#	1	2	3	4
7	30	23	3	%
8	50	33	56	%
26	13	31	13	%
48	3	10	3	%
13	4	3	25	%



8.4g; 2250m; 54k; 4mp. 10.44g; 2450m; 104k; 8mp. 12.21g; 2650m; 154k; 12mp. 13.81g; 2850m; 204k; 16mp. 14.44g; 3050m; 244k; 8mp.

Jaksa Tibor százados
Englert István hka. főiskolai tanársegéd

FIATAL REPÜLŐGÉPVEZETŐ HAJÓZÓ ÁLLOMÁNY
ANTROPOMETRIAI-ELETTANI
ES KONDITIONÁLIS ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

A hazai repülőgép- és helikoptervezető képzés eddig szovjet vadászgépekre, szovjet metodika alapján folyt. A tervezett típusváltoztatás és az esetleges itthon történetű képzés lehetősége hívta fel figyelmünket arra, hogy ezzel a témával foglalkozzunk. A vezető nyugati hadseregek kiképzési rendszerét tanulmányozva rájöttünk arra, hogy a szokásos struktúrában már nem lehet gondolkodni. (Pl.: eddig azt tartottuk, hogy jelentős állóképességi munkával a szükséges fizikai állapot garantálható. Az amerikai hadsereg pilótáinál ezzel szemben az optimális keringési-légzési szint mellett az erő fejlesztését kezelik kiemelten. A vázizomzat mellett a zsigerek tartóizmait, bőnyéit teszik alkalmassá a nagyfokú igénybevételek elvégzésére. Ezen túlmenően a vesztibuláris rendszer alkalmazkodását tartják még rendkívül fontosnak, amelyet megfelelő tréninggel fejleszteni lehet).

Főiskolánkon, a közelmúltban a Szovjetunióban, valamint a Cseh és Szlovák Köztársaságban végzett pilóták egyéves utóképzésére került sor. Ezt az időt használtuk fel arra, hogy egy 25 paraméteres mérésen keresztül megbízható képet kapjunk frissen végzett vadászpilótáinkról.

I. A KISÉRLET FŐ CÉLJA

- A fiatal vadászpilótáink képességszint vizsgálata az általunk választott paraméterek segítségével.
- A ROVKI klinikai jellegű, komplex egészségügyi vizsgálatának a fizikai képességekben megjelenő szintjének

regisztrálása.

- A kísérleti és kontrollesoport adatainak összehasonlítása.

II. VÁRHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

- A fizikai képességeken belül a kondicionálisak nem mutatnak jelentős eltérést az "átlagemberek" értékeihez képest.
- A koordinációs és pszichomotoros képességek területén az átlagnál jobb eredményeket produkálnak.
- A testnevelés eszközeivel ezek a képességek szinten tarthatók és fejleszthetők. Ezek az alábbiak:

- + szenzomotorikus koordináció;
- + egyensúlyérzék;
- + vesztibuláris rendszer alkalmazkodó képessége;
- + pszichomotoros funkciók;
- + reakciógyorsaság;
- + döntési képesség.

III. VIZSGALATI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

Vizsgálati személyek:

- Kontrollesoport: - heti 2 óra testnevelés (N = 12 fő)
- Kísérleti csoport: - heti 2 óra testnevelésen kívül szabad időben végzett külön edzésprogram. Lásd 1-2. sz.melléklet (N = 15 fő)

A vizsgálat időtartama: egy év, két adatfelvétellel.

Adatok felvétele: 1. adatfelvétel - 1990. október 15-30.

A mérési módszerek hibalehetőségének kiűszűbűlése

- feladatok és a felmérések végrehajtásánál azonos körülményeket biztosítottunk;
- napszak, időjárás, pálya és az eszközök állapota minden felméréskor azonosak voltak;
- a felmért állományról egy kérdőív felhasználásával szereztünk kiindulási adatokat;
- a csoportokat azonos módon motiváltuk.

IV. MÉRÉSI ELJÁRÁSOK

MÉRÉSI JELLEMZŐ	JELÖLÉS	MÉRÉSI PONT
1. Testtömeg	TT	dkg
2. Testmagasság	TM	0,5 cm
3. Haskerület	HK	0,5 cm
4. Mellkerület maximális belégzéskor	MKbe	0,5 cm
5. Mellkerület maximális kilégzéskor	MKki	0,5 cm
6. Mellkerület nyugalmi	MKny	0,5 cm
7. Alappulzus	Ap	db/p.
8. Terhelés utáni pulzus	Tp	db/p.
9. Jobbkéz szorítóerő	Jke	N
10. Balkéz szorítóerő	Bke	N
11. Systolés vérnyomás nyugalmi	NYsys	Hgmm
12. Diastole vérnyomás nyugalmi	NYdiast	Hgmm
13. Systolés vérnyomás terh.	Tsys	Hgmm
14. Diastole vérnyomás terh.	Tdiast	Hgmm
15. Korlátlan karhajlítás-nyújtás	KH	db
16. Függeszekedés 5 m-es kötélén	F	0,01 mp.
17. Nyújtón húzódkodás	NYH	db
18. Egyszerű reakcióidő	RI	msec.

19. Diszjunktív reakcióidő	DRI	msec.
20. Helyből távolugrás	HT	0,01 m
21. Cooper-teszt	C-t	m
22. 15x20 m folyamatos futás	GYA	0,01 mp.
23. Vitálkapacitás	VK	l
24. Tájékozódási képesség	TK	sec.
25. Figyelem-vizsgálat	FV	sec

V. ADATFELDOLGOZÁS MATEMATIKAI-STATISZTIKAI MÓDSZEREI

A. / Módszerek megnevezése:

- mért adatok átlagszámítása ($\bar{x}$);
- az egyes mérések közötti %-os eltérés ($x-y$);
- egymintás "t" próba (t);
- korreláció számítás (r);
- szórás (s);
- átlag szórása ($s_{\bar{x}}$);
- variációs együttható (v);
- megbízhatóság intervallum, szignifikancia számítás.

B. / Az alapadatok felvételénél az ültőzet és a mérési eljárások:

1. / TT - a mérleget a mérés előtt ellenőrizni kell!
- Ültőzet: fűrdőnadrág.
2. / TM - a mérésnél követeljük meg az egyenes testtartást, sarkak a talajon. A magasságmérő vízszintes lapját felülről a fejtetőre kell csúsztatni, majd leolvasni az értéket.
- Ültőzet: fűrdőnadrág.
3. / HK - a mérést mérőszalaggal végezzük, az értéket a köldök magasságában kell leolvasni.
- Ültőzet: sportnadrág.

4. / MKbe - a két mellbimbó és a lapockák magasságában mérjük vászron mérőszalaggal.
- Öltözet: sportnadrág.
5. / MKki - lásd a 4. pont!
6. / MKny - lásd a 4. pont!
7. / AP - a mérésben résztvevők a mérés előtt legalább egy órával erős fizikai terhelést ne végezzenek. A mérést egy percen keresztül nyugalmi helyzetben a bal csuklón végezzük.
- Öltözet: sportnadrág.
8. / VNy - a vérnyomás mérését fekvő helyzetben, bal felkaron és három mérőponton végezzük.
- Öltözet: sportnadrág.
9. / VK - Eutest spirométeren mérjük.
10. / KK - kiindulópozíció a korlát végén mellő támaszban. Karhajlítással ereszkedés a lehető legmélyebb hajlított támaszba, majd pillanatnyi megállás után nyújtás kiindulópozícióba.
- Öltözet: sportöltözet.
11. / F - kiindulópozíció: állópozícióban fogás a kötélre a lehető legmagasabb ponton. "Fő!" vezényszóra függőereszkedés az 5 m-es magasságban elhelyezett jelre. A jelet tetszőleges kézzel érinteni kell.
- Öltözet: sportöltözet.
12. / NYH - kiindulópozíció: lefűgges, alsófogás. Pillanatnyi nyugalmi helyzetből indított húzózkodást kell végrehajtani úgy, hogy az áll felettől érintse a

nyújtóvasat. A test vagy láb lendítése nem megengedett, kiindulóhelyzetben a könyöknek nyújtva kell lenni.

- Öltözet: sportöltözet.

13./ HT - az elugróvonal mögött vállszéles terpeszben hajlított állásból páros lábról kell elrugaszkodni. A karok előre lendítése megengedett. A távolság mérése az elugróvonalhoz közelebb eső nyomtól az elugróvonalig történjen. 3 kísérlet közül a legjobb eredményt kell figyelembe venni.

- Öltözet: sportöltözet.

14./ C-t - végrehajtása az atlétikai szabályok szerint történik.

- Öltözet: sportöltözet.

15./ GYA - 15x20 m-es futás, 20 méterenként 180 fokos irányváltással.

- Öltözet: sportöltözet.

16./ RI - műszeres vizsgálat. A műszert a BME-től kaptuk.

DRI - tanszékünk által összeállított kísérlet. Feladat: betűk vagy számok párosításakor egy megadott bilyentyűt kell minél rövidebb idő alatt lenyomni.

17./ TK - a rajttól 15 m-re a medence aljára elhelyezett céltárgyat kell megérinteni úgy, hogy a rajttól a távolságot víz alatt úszva kell megtenni.

- Öltözet: úszónadrág.

18./ FV - a kísérleti személyeknek (ksz) meghatározott hangingerekhez megadott feladatokat kell végrehajtani. Az 50 cm magasban lévő rajtkövön, folyamatos szökdelésből kell vízbeugrást végrehajtani úgy, hogy a talp kb. 30 cm-nél magasabbra ne ke-

rüljön a szögdelések közben.

a./ sipjelre: talpasugrás előre 360 fokos fordulattal balra;

b./ tapsra: talpasugrás előre 360 fokos fordulattal jobbra;

c./ "Rajt" vezényszóra: fejesugrás előre.

A jel elhangzása és a víz érintése közötti időt mértük kézi méréssel.

VI. AZ EREDMÉNYEK ELEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELESE

Az adatokat az előző fejezetekben ismertetett statisztikai módszerekkel dolgoztuk fel. Az 1.sz. táblázat tartalmazza a mért jellemzők átlagait, standard szórását és relatív szórását. A három statisztikai próba jól tükrözi a két csoport közötti különbséget, és a százalékos eltérést is.

A kísérleti és kontrolcsoport alapadatai azt mutatják, hogy a kísérleti csoportnál az erő jellegű indulószint magasabb volt. A Cooper-tesztnél és az élettani adatoknál nem találtunk számottevő eltérést, a pszichológiai vizsgálatoknál viszont a kontrolcsoport indulószintje volt a magasabb.

A kísérleti csoport önmagához képest szinte minden paraméterben jelentősen javult. Testtömege csökkent, élettani értékeik javultak, állóképességi szintjük növekedett, a legnagyobb fejlődést az erőjellegű adatoknál tapasztaltuk. Amennyiben a szórások %-os varianciáját is megvizsgáljuk, akkor még plasztikusabban érzékelhető az egyének adatainak megoszlása.

Nagy eltéréseket találtunk a diastolés vérnyomásnál,

alappulzusnál, a kéz dinamikus erejénél, korláton karhajlítás-nyújtásnál, nyújtón húzódkodásnál, valamint a függeszkedésnél (41 %, 55 %). Nagyon magas volt a függeszkedni nem tudók száma. Ugyanigy nagy volt a pszichikus paraméterek szórása is. Ezek az eltérések mind a kísérleti mind a kontrollcsoportnál tapasztalhatók.

A két csoport közötti fejlődési szignifikancia szinteket két mintás "t" próbával, a csoporton belüli változások törvényszerűségeit egymintás "t" próbával elemeztük.

Az önkontrollos módszeren keresztül vizsgáljuk a csoportok közötti átlagok változását, már akkor kitűnik, hogy a plusz munkát végzők jobban fejlődtek, mint a hagyományos testnevelési képzésben részesülők. (Pl.: Az entropometriai adatoknál és az erőjellegű adatoknál szinte azonos volt a fejlődés, az állóképességnél, a vitálkapacitásnál, a reakcióidőnél és a diszjunktiv reakcióidőnél a kísérleti csoport fejlődése nagyobb volt, mint a kontrollcsoporté.)

A gyorsasági állóképességnél nem tapasztaltunk számottevő fejlődést, sőt egyénenkénti lebontásban vizsgálva a kísérleti személyeket, visszaesést is regisztrálhattunk.

VII. AZ ADATOK "t" PRÓBAS ELEMZÉSE

(2. számú táblázat)

A táblázat egyik része tartalmazza az adatok egy mintás "t"-próba statisztikai elemzését (önkontrollos módszerrel), a táblázat másik része a kísérleti és kontrollcsoport két mintás "t"-próba vizsgálatát.

Az önkontrollos módszerrel arra voltunk kíváncsiak, hogy a csoportoknál bekövetkezett változások mértéke törvényszerű volt-e. Erős szignifikáns kapcsolatot egy paraméternél, a fi-gyelem vizsgálatnál találtunk. Ebből arra következtetünk,

hogy a második adatfelvételkor már egy ismert műveletet mérünk, hisz tanórákon is élvezettel gyakorolták a csoportok.

Sok paraméternél tendencia jellegű kapcsolatot fedeztünk fel, ezek szintén említésre méltóak.

A kísérleti csoportnál az erőjellegű adatok önmagukhoz mérten szignifikánsan fejlődtek, ugyanez a kontrollcsoportról már nem mondható el. A 15x20 m-es futásnál a kontrollcsoport szignifikáns fejlődést mutatott. A kísérleti csoportnál annak ellenére, hogy nagyobb százalékban állóképességi munkát végeztek az erőjellegű adatok önmagukhoz képest jobban fejlődtek. Ez annak tudható be, hogy a fizikai képességek életkornak megfelelő szintje (24 év) az átlagnál alacsonyabb. Pl.: a Cooper-teszt átlageredménye 2438,5 m. Ezt támasztja alá a RÖVKI terheléses vizsgálata is, ahol a kerékpár ergometria terhelési protokollt nem lehetett végrehajtani, mert az állomány 50 %-ánál a 150-es pulzusérték mellett abba kellett hagyni a terhelést. Erre a tényre mindkét csoport átlagon aluli edzettségi szintje ad magyarázatot.

Már az állóképességi munka is bizonyos mértékű fejlődést eredményezett a képességek egymásra gyakorolt hatásának függvényében.

A két adatfelvétel között eltelt időszakban szinte minden paraméter szignifikánsan változott. A korreláció egytizedes és kétszázados szintek között oszlik meg.

A képzés csoportokra gyakorolt hatását két mintás "t"-próbával vizsgáltuk. Az egy mintás "t"-próba korrelációs vizsgálata után már előre sejtettük, hogy a két csoport eredményeinek hatása között nehéz lesz törvényszerűségeket találni.

Ha az egy mintás "t"-próba korrelációs szintjeit vizs-

gáljuk, akkor majdnem minden paraméternél szignifikáns fejlődés tapasztalható. Az alacsony kapcsolati szintek ellenére is kimondható, hogy a kísérleti csoport önmagához képest is és a kontrollcsoporthoz képest is fejlődött a plusz munka következtében.

Igen erős szignifikáns fejlődést találtunk a korláton, a nyújtón, 15x20 m-es futásnál és a vitálkapacitásnál. Tehát szintén az erőjellegű adatok fejlődése mutatható ki. A vitálkapacitás szignifikáns növekedése az állóképességi munka eredményének tudható be. Ezzel ellentétben a Cooper futás eredményei minimálisan fejlődtek. Olyan alacsony volt az edzettségi szintjük, hogy mindennemű fizikai munka a képességek komplex fejlődésében mutatkozott meg. A testtömeg és a haskerület csökkenésében tendencia jellegű kapcsolat mutatható ki a kontrollcsoport eredményeihez képest.

A két mintás "t"-próbával igazolódott az, hogy már kis-mértékű testgyakorlás is jelentős hatást fejthet ki a képességekre az által, hogy egy konkrét, célirányos képességfejlesztés a többi képességfajtaára együttesen és arányosan fejti ki hatását.

VIII. ÖSSZEFOGLALÁS

1./ A fizikai paramétereket tekintve az általunk vizsgált két csoport az átlagot megközelítő, vagy az alatti szinteket produkált.

2./ Az élettani és pszichomotoros paraméterek az átlagnál jobbak mindkét csoportnál.

3./ A tematikában meghatározott mozgásanyag önmagában is kivált némi eredményjavulást, azonban a kívánt hatást csak rendszeres edzőmunka hozhatja meg.

4./ Az alacsony kondicionáltsági szint miatt nem kaptunk megnyugtató magyarázatot arra, hogy az általunk összeállított mozgásanyag mely képességfajta fejlődésére gyakorolt hatást. Ez további kutatásaink tárgya lesz.

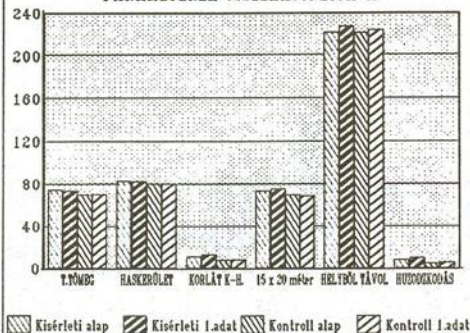
5./ Aggodalommal tölt el bennünket, hogy a frissen végzett hajózóink edzettségi állapota átlagon aluli. Az új géptípusokon való repüléshez ezen javítani kell.

6./ A ROVKI vizsgálatai is azt bizonyítják, hogy az újonnan végzett pilóták kondicionális állapota gyengébb a már jóval idősebb, de aktív hajózó állományénál.

7./ Amennyiben főiskolánkon vadászpilóták képzésére kerül sor, akkor nagyon meg kell fontolnunk a tematikába beépítendő mozgásanyag összetételét. Tanszékünk e képzés színvonalas végrehajtására felkészült, ennek tárgyi, anyagi feltételei adottak.

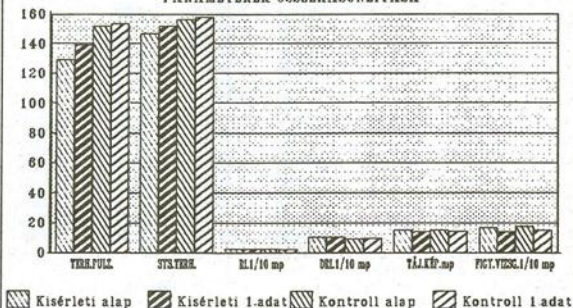
Hajózók adatai 1.

PARAMÉTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA



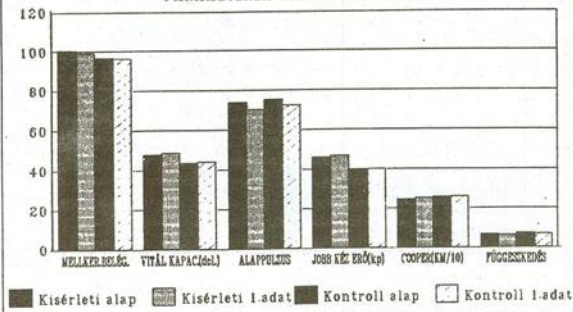
Hajózók adatai 2.

PARAMÉTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA



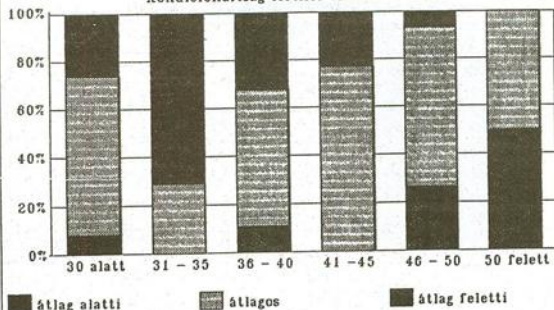
Hajózók adatai 3.

PARAMÉTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA



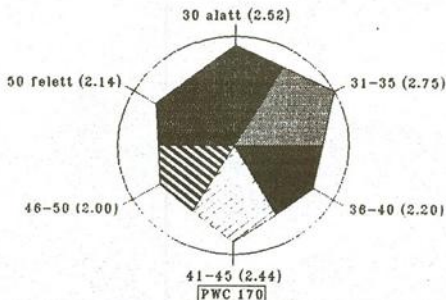
Hajózók adatai 4.

Kondicionáltság életkor szerint %-ban

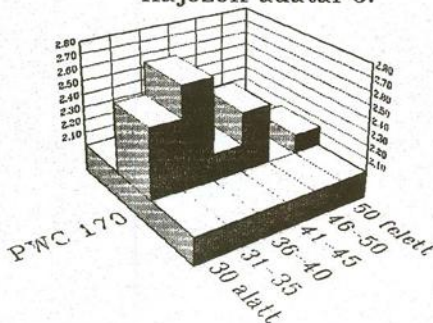


Hajózók adatai 5.

PWC 170 (TT/KG) életkor szerinti átlagai



Hajózók adatai 5.



PWC 170 (TT/KG) életkor szerinti átlagai

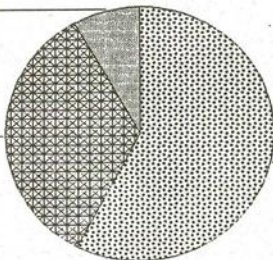
Hajózók adatai 6.

Kondicionáltság %-ban Átlag = 2.47 W/kg

Átlag alatt (8.1%)

Átlag felett (34.3%)

Átlag (57.7%)

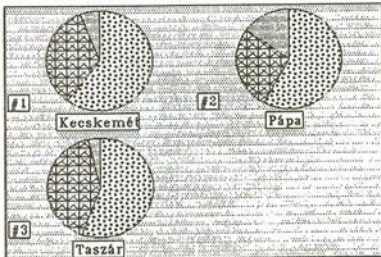


Vadászrepülők PWC 170-tesztje

Hajózók adatai 7.

Kondicionáltság helyőrségei szerint (%-ban)

	1	2	3
Átlag felett	60	58	55%
Átlag	34	27	41%
Átlag alatt	6	15	4%



Átlag

Átlag felett

Átlag alatt

1. számú táblázat

CSOPORTOK		*Kísérleti csoport *					
STATISZTIKA pr.	átlag	STD	Sx2				
PARAMÉTEREK	alapad. 1.felv.	alapad. 1.felv.	alapad. 1.felv.				
Testtömeg	74.24	73.58	4.59	4.90	6.18	6.66	
Testmagasság	177.77	177.73	3.14	3.14	1.77	1.77	
Haskerület	83.00	82.15	3.64	3.79	4.38	1.50	
Mellker.nyug.	90.92	90.15	4.50	4.40	4.95	4.88	
Mellker.belég.	100.46	99.08	3.99	4.21	3.97	4.25	
Mellker.kilég.	90.08	89.23	4.21	4.74	4.68	5.31	
Alappulzus	73.62	70.15	9.48	6.49	12.88	9.25	
Terheléses pulz	129.62	138.85	15.09	12.53	11.64	9.20	
J.kéz szor.erő	451.26	454.28	69.79	74.15	15.47	16.32	
B.kéz szor.erő	410.55	412.02	68.67	74.61	16.73	18.11	
SYS.ny.	127.69	125.38	7.95	9.29	6.22	7.41	
Diast.ny.	74.46	75.77	7.77	8.28	10.44	10.53	
SYS.ter.	146.15	151.54	8.58	12.77	5.87	8.43	
Diast.ter.	75.77	74.23	5.83	7.56	7.70	10.18	
Korlát k-ny	10.92	13.62	4.81	5.98	44.05	43.93	
Nyújtón húz.	8.31	10.08	2.46	2.89	29.63	28.73	
Reakció idő	266.92	242.46	59.37	37.92	22.24	15.64	
Diszj.RI.	1021.85	1021.62	122.56	192.63	11.59	18.80	
Cooper-t	2438.50	2523.00	146.63	132.46	5.81	5.25	
Gyors.állókép.	73.54	74.77	3.03	9.42	4.12	12.60	
Függészkedés	6.62	6.25	2.75	2.52	41.46	40.24	
Helyből távolug	221.15	226.85	21.35	21.68	9.88	9.56	
Vital kap.	4.78	4.89	0.49	0.55	10.30	11.15	
Tájékoz.kép.	15.18	14.15	1.50	1.45	9.91	10.22	
Figyelem vizs.	1.66	1.42	0.46	0.44	27.89	30.92	

CSOPORTOK		*Kontrolli csoport *					
STATISZTIKA pr.	átlag	STD	Sx2				
Testtömeg	69.92	70.08	5.93	7.15	10.07	10.20	
Testmagasság	176.17	176.13	5.23	5.24	2.97	2.97	
Haskerület	79.92	80.08	3.93	4.65	4.91	5.80	
Mellker.nyug.	89.33	89.34	5.63	5.08	6.30	5.68	
Mellker.belég.	96.42	96.15	5.87	5.78	6.08	6.00	
Mellker.kilég.	87.58	87.95	4.84	4.66	5.52	5.31	
Alappulzus	75.00	72.33	9.25	5.34	12.33	7.33	
Terheléses pulz	151.67	152.83	25.95	17.99	17.11	11.77	
J.kéz szor.erő	378.50	384.22	75.46	70.49	19.92	18.35	
B.kéz szor.erő	376.87	362.97	69.30	64.33	18.39	17.72	
SYS.ny.	128.42	122.50	6.16	7.50	4.79	6.12	
Diast.ny.	76.17	75.83	5.70	7.31	7.48	9.64	
SYS.ter.	155.83	157.50	15.12	15.61	9.70	9.91	
Diast.ter.	75.83	75.42	6.07	6.03	8.00	10.64	
Korlát k-ny	7.83	8.33	3.36	3.47	42.92	41.87	
Nyújtón húz.	5.33	5.83	2.62	2.67	45.21	45.80	
Reakció idő	246.92	228.58	33.50	35.50	13.57	15.53	
Diszj.RI.	916.83	975.12	257.72	211.70	26.11	21.71	
Cooper-t	2550.00	2583.40	226.38	264.05	8.88	10.22	
Gyors.állókép.	69.50	68.08	4.27	4.13	6.15	6.07	
Függészkedés	7.19	6.95	3.96	3.75	55.30	53.89	
Helyből távolug	220.08	223.58	11.62	13.12	5.26	5.87	
Vital kap.	4.36	4.39	0.59	0.68	13.52	15.51	
Tájékoz.kép.	15.23	14.29	1.62	1.23	10.63	8.60	
Figyelem vizs.	1.76	1.53	0.44	0.42	25.28	27.47	

T PRÓBA TÁBLAZAT*		EGY MINTAS t-PRÓBA				*KÉT MINTAS t-PRÓBA*			
STATISZTIKA pr. *		KORRELÁCIÓ		* SZIGNIFIKANCIA		*KORRELAC. SZIGNIF.*			
PARAMÉTEREK		*kísérleti kontroll*		*kísérleti kontroll*					
Testtömeg	*	1.26	1.13	*P	0.2	P	0.2	*	1.53 P 0.1 *
Testmagasság	*	0.27	0.30	*P	0.4	P	0.4	*	0.97 P 0.4 *
Háskerület	*	1.57	1.21	*P	0.1	P	0.1	*	1.32 P 0.1 *
Mellker.nyug.	*	1.21	0.31	*P	0.2	P	0.4	*	0.52 P 0.4 *
Mellker.belég.	*	1.41	2.24	*P	0.2	P	0.02	*	1.49 P 0.2 *
Mellker.kiléq.	*	1.91	0.89	*P	0.1	P	0.4	*	1.12 P 0.2 *
Alappulzus	*	1.07	1.30	*P	0.3	P	0.2	*	1.19 P 0.2 *
Terheléss pulz.	*	0.95	0.70	*P	0.4	P	0.4	*	2.28 P 0.02 *
J.kéz szor.erő	*	0.82	0.62	*P	0.4	P	0.4	*	2.35 P 0.02 *
B.kéz szor.erő	*	1.00	0.81	*P	0.3	P	0.3	*	1.63 P 0.2 *
SYS.ny.	*	1.28	1.54	*P	0.2	P	0.1	*	0.86 P 0.4 *
Diast.ny.	*	0.28	1.19	*P	0.4	P	0.2	*	0.02 P 0.00 *
SYS.ter.	*	1.24	0.78	*P	0.2	P	0.3	*	1.07 P 0.3 *
Diast.ter.	*	1.84	1.43	*P	0.1	P	0.1	*	0.41 P 0.4 *
Korlát k-ny	*	1.40	0.89	*P	0.3	P	0.3	*	2.67 P 0.02 *
Nyújtón húz.	*	1.07	0.65	*P	0.3	P	0.3	*	3.40 P 0.01 *
Reakció idő	*	1.41	1.26	*P	0.2	P	0.2	*	1.00 P 0.3 *
Diszj.RI.	*	1.30	0.95	*P	0.2	P	0.3	*	0.61 P 0.4 *
Cooper-t	*	1.94	1.09	*P	0.1	P	0.2	*	0.72 P 0.4 *
Gyors.állókép.	*	0.49	1.52	*P	0.4	P	0.02	*	2.41 P 0.02 *
Függesszkedés	*	1.18	0.63	*P	0.1	P	0.3	*	0.52 P 0.4 *
Helyből távolug.	*	1.40	0.83	*P	0.2	P	0.2	*	0.97 P 0.3 *
Vital kap.	*	1.60	1.96	*P	0.1	P	0.1	*	2.91 P 0.02 *
Tájékoz.kép.	*	1.88	1.54	*P	0.1	P	0.1	*	0.27 P 0.00 *
Figyelen vizs.	*	2.59	1.84	*P	0.02	P	0.1	*	0.68 P 0.4 *

A TANSZÉKI TUD.KUTATÁSBAN RÉSZTVEVŐ 29071.
CSOPORT MOZGÁSBAN

HÓNAP	NAP	IDŐPONT	TÁRGYA	HELYE
február	4.	2.óra	atlétika	atl.pálya
		3.óra	kosárlabda	tornaterem
	6.	6.óra	úszás	uszoda
	7.	3.óra	atlétika	atl.pálya
	8.	3.óra	kosárlabda	tornaterem
	12.	1.óra	kosárlabda	tornaterem
		2.óra	úszás	uszoda
	13.	5.óra	atlétika	atl.pálya
		6.óra	kosárlabda	tornaterem
	14.	7.óra	úszás	uszoda
	18.	3.óra	atlétika	atl.pálya
	20.	7.óra	kosárlabda	tornaterem
	21.	7.óra	úszás	uszoda
	25.	3.óra	kosárlabda	tornaterem
	27.	5.óra	atlétika	atl.pálya
		6.óra	kosárlabda	tornaterem
	28.	7.óra	úszás	uszoda
március	5.	7.óra	úszás	uszoda
	7.	1.óra	kosárlabda	tornaterem
		2.óra	atlétika	atl.pálya
	11.	7.óra	atlétika	atl.pálya
	14.	1.óra	atlétika	atl.pálya
		2.óra	úszás	uszoda
	19.	7.óra	atlétika	atl.pálya

20.	1. óra	kosárlabda	tornaterem
	2. óra	atlétika	atl.pálya
25.	7. óra	atlétika	atl.pálya

Megjegyzés: A 7. óra szabad időben végrehajtott testnevelési foglalkozás, időtartama: 13.00 - 14.00.

Április 02-től 26-ig (4 hét) önedzés formájában kérjük az alábbi edzéseket végrehajtani heti két alkalommal. Törekedjenek az órai intenzitásnak megfelelően végezni a gyakorlatokat (esetenként alkalmazzanak önálló pulzusmérést is, határértéke: 160/perc).

Ez az önálló munka próbára teszi akaratunkat, ragyogó önkontrollt ad és ezt a későbbi saját edzőmunkájukban felhasználhatják.

2. számú melléklet

VEGREHAJTANDÓ MOZGASANYAG

ATLÉTIKA: - hetente egyszer, saját időbeosztással.

- 1 - 20 perc egyenletes iramú futás, általános hatású gimnasztika.
- 2 - 6 perces könnyű futás + 6x2 perc (2 perc erős, 2 perc könnyű) futás + 6 perc levezető futás.
Összesen: 24 perc.
- 3 - 20 perc egyenletes iramú futás, általános hatású gimnasztika.
- 4 - 6 perces könnyű futás + 6x2 perc (2 perc erős, 2 perc könnyű) futás + 6 perc levezető futás.
Összesen: 30 perc.

ÚSZÁS: - keddi vagy csütörtöki napokon 13.00 - 15.30-ig

- 1 - 10 perces "száraz" bemelegítés után 30 perc folyamatos úszás.
- 2 - 10 perces "száraz" bemelegítés után 12x100 m úszás 10 mp-es pihendőkkel (6x100 gyors, 6x100 mell felváltva).
- 3 - 1000 m fartlek úszás 1 hossz erős, 2 hossz könnyű tempóban (30 hossz).
- 4 - 10 perces "száraz" bemelegítés után 30 perc folyamatos úszás közepes tempóban.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. / Gerald F. Fletcher: Circulation (1990: 81: 396-398)
Terheléses vizsgálatok standardja.
2. / Frenkl Robert: Sportorvostan. Sport Bp. 1984.
3. / Jaksa Tibor: A fáradás hatása a szenzomotoros koordinációra és az erőre.
TE. könyvtár Bp. 1987.
4. / Jaksa Tibor: Szomatodiagnosztika az iskolai testnevelésben, BME Bp. 1992.
5. / Zaicorckij. AV.: Sportképességek prognosztizálása.
Fiziceszkaja kultüre V. Skolja TFKI
Szakfordítás 1974/4. szám.
6. / Csinádi-Szakasits-Domoszlói: Adatok a testgyakorlatok mozgásélettani tanulmányozásához (kézirat)
TE. Könyvtár 1971.
7. / Frenkl Róbert: Sportélettan 163-172. old. Sport
Bp. 1983.
8. / Nádori L.: Az edzés elmélete és módszertana
400-500. o. Sport, Bp. 1981.
9. / Nádori L.: Az elfáradás sajátosságai terheléseknél.
Ergonómia 3. sz. 1969.
10. / Nádori L.: Adalékok a mozgáskoordináció kialakításának elméleti megalapozásához.
Bp. TF Közlemények 1972/4. 107-122. old.

- 11./ Nádori L.: A mozgáskoordináció információs forrásai
Bp. TF Közlemények, 72/II-III. 53-63.o.
- 12./ Nagy Gy.-Bathori-Makszim: Mérési és számítási módszerek
a testnevelésben.
TK. Bp. 1986.
- 13./ Nagy Gy.: Mérési és számítási módszerek a sportban.
(kézirat)
TK. Bp. 1983.
- 14./ Köhler H.-Wurster H.: Az állóképesség fejlesztése a
sportoktatásban (válogatott cikkek a világ
sportszakirodalmából 1980) 67-82.o.
- 15./ Nádori L.: A kondicionális képességek összefüggése
(Testnevelés és sporttudomány 1980/3.sz.)
Sport, Bp.
- 16./ Courd D.-Martin VP.: Memorix.
MEDICINA Bp. 1991.
- 17./ Galla Emil: Repülőorvostan.
Zrínyi Kiadó, Bp. 1956.

AZ ISKOLA ÉS A CSALÁD KÖLCÖNKHATÁSAI A
SZOCIÁLI ZÁCI ÓBAN

Amikor egy társadalom értékrendjéhez, az anómia jelen-
ségéhez, a devianciához közeledünk - mégpedig az új nemzedé-
kekre ható legfontosabb erők felől -, mindig felmerül a csa-
lád és az iskola közötti kapcsolatok problémája. Ez többnyi-
re annak tételezése, hogy szükség van egyfajta egységre:
egységes értékrendre, összehangolt nevelésre, biztonságot
adó és stabilitást szavatoló egyeztetésre. A fenti - integ-
rációs - követelményt főként a vallásos erkölcstanok támasz-
tanak, amikor a nevelést az emberi élet értelmével hozzák
összefüggésbe.

Ismételten egységet próbáltak kikényszeríteni a szülők-
től, a nevelőktől, a gyermekektől egyes "modern" nevelés-po-
litikai ideológiák, amelyeknek számos változatát teremtette
meg Dél-, Közép- és Kelet-Európa XX. századi történelme. Kö-
zös karakterüket jelentette, hogy elsősorban evilági érté-
kekből (pl. egy faj, nemzet vagy az emberiség jövőjére uta-
ló), "tudományosan megalapozott" elvekből vezették le a szo-
cializációs intézmények egységének - centralizált irányítá-
sának és kontrolljának - szükségességét.

Társadalomtörténeti és szociológiai elemzéssel jól ki-
mutatható, hogy miként volt hivatott szolgálni ez az egység
az uralmi rendszereket, s milyen torzításokat eredményezett
mind a személyiségben, mind pedig a társadalmasodás folyama-
tában. Megrajzolhatók tehát azok az uralmi funkciók, melye-
ket az "egység" jegyében tölthetnek be az egyedül kívánatos-
nak mondott szocializációs minták a családban, a kortárs-
csoportokban, s főként az iskolában.

Teoretikusan célszerű az értékrendek egységéről szóló funkcionalista elméletekből (mint amilyen pl. Durkheimé, Malinowskié vagy Parsonsé) kiindulni. Ezek az elméletek alapállapotnak azt tekintik, amikor "normál helyzetben" mindig fennáll az egység. Egy-egy kultúra reprodukciója, a tudások és a magatartásminták átörökítése, a társadalmak integrációja, továbbá a személyiség épsége csak úgy lehetséges, ha az intézmények összehangoltan működnek, az egyének elfogadják az uralkodó értékrendet. E felfogásban a devianciák is funkcionálisak: "A bűn ... elválaszthatatlan a társadalmi lét alapvető körülményeitől, de épp ezáltal hasznos is, mert azok a körülmények, amelyekkel a bűn összefügg, nélkülözhetetlenek az erkölcs és a jog normális fejlődése szempontjából",¹

A funkcionalizmus szemszögéből a társadalmi válságot az anómia jelzi: amikor megbomlik az értékrend egysége, s emiatt az egyének nem tudhatják, hogy tulajdonképpen mi a jó és a rossz, mi az elsődleges és mi a másodlagos, miben higgyenek, mire törekedjenek. Ekkor megszűnik a harmónia, egyfelől a céljá lehető értékek, másfelől a rendelkezésre álló eszközök között, bizonytalanná válik a jövő. A szabályozatlanság ilyen helyzeteiben a szocializációs intézmények megrendülnek, mert tagjaik magatartása kiszámíthatatlanná válik. Ugyanakkor az egyének nem tudnak igazodni egy "standard-elváráshoz" és mintához, mivel életviláguk legfőbb szociális keretei, az intézmények nem tudnak ilyet nyújtani. A válságok és a változások nyomán újabb kultúrának és a társadalmi integráció újabb módjának, így az értékrend újabb egységének kell kialakulnia, hiszen csakis ez eredményezheti a szocializáció normális menetét.

Ez a nézőpont igen elterjedt a modern szociológiában. Ugyanakkor ezen elméletek nem számolnak a következő összefüggésekkel:²

1. Szociális kreativitás: A szocializáció nem pusztán alkalmazkodás, szabály- és mintakövetés, szereptanulás, stb., hanem az egyén maga is teremti a társadalmat és intézményeit;

2. Torzulások: A szocializációs torzulások nem mindig a "beilleszkedés zavarai" fakadnak, hanem a beilleszkedés kényszereiből és szorosságából, konformizmusából is (az egyénnek nincs kellő autonómiája, nem szabad távolságot tartania szerepeitől);

3. Intézmények és integrációs minőségek: Különbséget kell tenni a szociális integrációk eltérő minőségei között: az autonómia követelményei nélkül a beilleszkedés és az integráció követelményei nem elégségesek ahhoz, hogy megkülönböztethessük a "túl szervezett" (kényszeren alapuló és kizárólag tekintélyelv alapján szervezett) intézményeket az önállóságon és választáson alapuló integrációktól. Mindkét minőségű közösségek lehetnek összehangoltak és kohézivak, de bennük eltérő a tagok együttműködésének és konfliktusainak jellege. Amíg az előbbieken tudomásul kell venni a mások által rögzített értékeket, kötelező magatartásnormákat, szankciókat, addig az utóbbiak inkább az öngazgatáson alapulnak, s tagjaik kommunikatív módon járulhatnak hozzá az elfogadandó és számonkérő cselekvési szabályok, minták meghatározásaihoz.

Mindezt figyelembe véve a szocializációs intézmények olyan keretek, melyek folyamatosan módosulnak, változásuk olyan kooperációt kíván, melyek feltételezik az alkalmazkodást (de nem a kényszer-konformizmust!); egységük és kohéziójuk tehát többféle minőségű lehet.

Az egység és változékonyság, az integráció eltérő, de nem mindig összeférhetetlen követelményei abból is fakadnak, hogy egyidejűleg több dimenzióban fejlődik az egyén tudása,

magatartása, személyisége és társadalmisága. A szocializáció nemcsak normatív tanulást jelent, hanem kognitív és kommunikatív folyamatokat is; nemcsak magatartásszabályok elsajátítását, hanem képességek, beállítódások, vélemények megismerését, szerepek elsajátítását.

Ezen fejlődési folyamatok többnyire önkéntelenül folynak, úgy, hogy a résztvevők nehezen tudnak számot adni róluk, de annál határozottabban alakítják az embereket és kölcsönviszonyaikat.

A felhozott kritikai érvek lényegét tekintve a szimbolikus interakcionalizmus szempontjai alapján fogalmazhatók meg. Az interakcionalizmus legfőbb jellegzetessége az, hogy a résztvevők nézőpontjából kísérli meg érzékelni és elemezni a szocializációt. Tehát cselekvő és kooperatív szubjektumnak tekinti az egyéneket, akik "csinálják" társas világukat. A szemlélet erénye, hogy keletkezésükben értelmezi az interakciók szabályosságait, a társadalmat pedig az emberek együttműködéseinek és konfliktusain keresztül mutatja be.

Az interakcionista elemzések ugyanakkor öntörvényűnek láttatják a cselekvések és együttműködések világát. Nem számolnak azokkal az erőkkal és viszonyokkal, amelyek előkészítették az interakciókat, az előfeltevések tárgyait és módját.

A formális szervezetekben történő szocializáció elemzésénél különösen "letten érhető" az interakcionalizmus szempontjainak szűkössége. Ha például összevetjük a családi és az iskolai életet, azonnal előbukkannak azok a különbségek, amelyek a kétfajta intézmény társadalmi funkcióiból fakadnak. A szociológia joggal hivatkozik ennek kapcsán a "funkcionális differenciáció" jelenségére: az iskolák a modernizáció során különültek el a magánháztartástól, s szakosodtak az oktatás, a képzés bizonyos szakaszaira és módjaira, vál-

tak a kulturális közélet, az egyház, majd az állam intézményeivé. Ezzel szemben a család nem "szakosodott", hanem a magánszféra centruma lett. Az iskolák szervezetek, amelyek életében fontosak a formális-informális státuszok, csoportok közötti különbségek, a családok viszont magánháztartási keretben, a vérségi és házassági kapcsolatok alapján szerveződnek. A szocializáció - főként a gyermekkori szocializáció - szempontjából elsődlegesek a családi kapcsolatok, és másodlagosak az iskolai szerepek, teljesítmények. Az iskolában is fontos a szociális kreativitás, itt is folyik önkéntelen tanulás, szükséges tehát az iskola kapcsán is figyelembe venni a társas valóság folyamatait és szimbólikus eredményeit.³

Az iskolai funkciók társadalmi megítélését mérte fel a Tömegkommunikációs Kutatóközpont 1986 júliusában, 1.000 fős országos reprezentatív mintán. A kutatás megkérdezettjei 7 megnevezett funkció közül az iskola legfontosabb feladatainak a tudásközvetítést, a viselkedésalakítást és a személyiségfejlesztést jelölte meg.

Az iskolafunkciók megítélését az alábbiak jellemezték:⁴

1. "Komplex" iskolafelfogás: A megkérdezettek 26 %-át jellemezte. Ez az értelmezés egyaránt az iskola feladatának tekinti az ismeretek átadását, a viselkedés "nevelését" és a személyiség fejlesztését. Képviselői szignifikánsan nagyobb arányban fordulnak elő a felsőfokú iskolázottságúak, az értelmiségiek és a vezetőállásúak, illetve a férfiak körében.

2. "Viselkedés-domináns" felfogás: A megkérdezettek szintén 26 %-át jellemezte. Ez az értelmezés a kollektíve adott viselkedésnormák elsajátíttatását kívánja meg az iskolától, s ehhez viszonyítva csak alárendelt szerepet tulajdonít az iskola ismeretadó és személyiségfejlesztő funkciójának. E vélemény típus leggyakoribb előfordulása az alapisko-

lázottságú, fizikai dolgozók körében, illetve a nők és az 50 év felettiek rétegében volt.

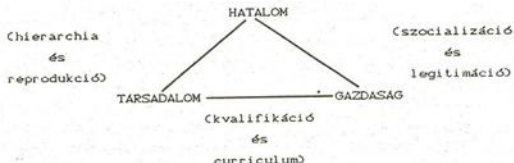
3. "Tudás-orientált" iskolafelfogás: A megkérdezettek 24 %-át jellemezte. Számukra az iskola döntő feladata az "általános" és a szakmai tudás (alapjainak) átadása, az érdeklődés és a hivatásszeretet kialakítása. Ez a típus elsősorban a középfokú iskolázottsággal rendelkezők és a szakmunkások körében volt megtalálható.

4. "Személyiség-orientált" iskolafelfogás: A megkérdezettek 12 %-át jellemezte. Hívei az iskola elsődleges feladatának elsősorban az önismeret, az élethelyzetekben adott reális döntés képességének kialakítását tartotta. Társadalmilag ez a típus főként a közép- és felsőfokú végzettséggel rendelkező értelmiségi és szellemi foglalkozásúak körében volt kimutatható, illetve a 30 évnél fiatalabbak társadalmi csoportjában.

5. "Viselkedés-orientált" iskolafelfogás: A megkérdezettek 7 %-át jellemezte. Ezen értelmezés szerint az iskola kizárólagos feladata a viselkedés kollektívan előírt szabályainak, a státusz-elismerésnek és az engedelmességnek a megtartása. E felfogás vállalóinak zöme az alacsony iskolázottságú, 50 évesnél idősebb korosztályú társadalmi csoportokban volt kimutatható.

Megállapítható, hogy az iskola funkcióinak megítélése erősen rétegspecifikus. Az iskola viselkedésalakító szerepét hangsúlyozók körében szignifikánsabban kevesebb azon személyek száma, akik a műveltséget tudásban mérik; a műveltséget tudásban (is) elgondoló műveltségértelmezés tudásátadó és személyiségfejlesztő iskolaelképzelésekkel jár együtt.

Az iskola szerepére vonatkozó szociológiai elméletek az alábbi modellel szemléltetik a problémát:



A hatalom szabja meg azokat az értékeket és egyéb szocializációs tartalmakat, amelyeket az iskolának át kell adnia, és amely értékekkel való azonosulás nemcsak a szocializáció sikerét, de a hatalom legitimitását is megadja.

A gazdaság az iskolától a munkahely-struktúrának megfelelő kvalifikációk kialakítását kívánja meg, hogy nemcsak jól, hanem a befektetés-veszteséget is optimalizálva működhessen. E szocializációs-kvalifikációs tevékenység eredményeképpen az iskola reprodukálja a hierarchikus társadalmi struktúrát.

Visszatérve a szocializációs intézmények kölcsönhatására, ezen intézmények közötti "munkamegosztás" folyamata irreverzibilis, s ez egybevág a gyermekkori fejlődés irányával. Ebből fakad az óvoda "univerzális" jellege, szemben a középiskolai tanárok szakosodásával. Az intézményes nevelés kezdetén a pedagógus még a "teljes egyén"-nel foglalkozik. Minél magasabb szintű az oktatás, annál idősebb egyénekre irányul, akiknek annál inkább szakpedagógusokkal van dolguk.

Ezzel párhuzamosan alakult ki az iskolai követelmények családi "sorsa" is. Egyrészt azért, mivel a szülők - az idő haladtával - egyre kevésbé követhetik a mind speciálisabb tananyagot. Másrészt azért, mert a gyermek önállóodásával a szülők is mind kevésbé érzik szükségesnek ezt. Nemcsak azt

várják el az iskolától, hogy tanítsa a gyermeküket, hanem azt is, hogy nélküle tegye azt. A legtöbb szülő nem akar beleszólni, hogy mit, hogyan és miért tanítsanak a tanárok, hiszen az az "ő dolguk".

A szülők háritását az iskola azzal egészíti ki, hogy csak szélsőséges helyzetekben igényel beleszólást a gyermek családi életébe. "Hatóságilag" kell vállalnia a veszélyeztetett gyerekek védelmét, de egyébként tiszteletben kell tartania a szülők jogait.

Igy alakul ki a nevelési kompetenciák "kétirányú háritása", amelynek konzekvenciái már csak egy újabb tanulmány keretében elemezhetők.

Sokféle tényezőtől és körülménytől függ tehát, hogy egy-egy munkahely, szabadidős közösség vagy lakóhelyi kapcsolat is nélkülözhetetlenné válhat, de gyermekkorban a családot, a kortárs-csoportot és az iskolát tekinthetjük a legfontosabbnak. Itt munkálnak a leghatékonyabban a személyesség erői, melyek értelmező módon definiálják és szelektálják a makro-rendszerek személytelen hatásait is.

Ezt igazolja a tömegkommunikáció hatása is. Az egyirányú és tömeges információnyújtás, a szórakoztatás, a propaganda és a reklám az egész világon hat az emberek szükségleteinek és tudásának alakulására. Szociológiai felmérésekből azt is tudjuk, hogy a tömegkommunikáció befolyását a gyermek körében is döntő mértékben határozza meg a személyes kommunikáció. Az iskolatársakkal, családtagokkal, pedagógusokkal folytatott kommunikáció "sodrában" dolgozzák fel az egyének a tömegkommunikációs tartalmakat, s ez a közeg "struktúrálja" hatékonnyá a médiumok üzeneteit.⁵

JEGYZETEK

1. E. Durkheim: A társadalmi tények magyarázatához
Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1978. 90. oldal
2. Lásd.: Somlai Péter: Kölcsönhatások az elsődleges szocializáció intézményei között
(Elméleti és kutatómódszertani megfontolások)
In.: Kiilleszkedési zavarok
(Kutatási összefoglaló)
ELTE Szociológiai Intézet, Bp., 1989. 3-19. old.
3. Szabó László Tamás: A "rejtett tanterv"
Magvető, Budapest 1988.
4. Heleszta Sándor: A műveltség és az iskolai funkciók társadalmi megítélése
In.: Eletmód-Művelődés-Gazdaság I.
TIT, Budapest 1988. 114-115. oldal
5. Lásd erről: Angelusz Róbert: Kommunikáló társadalom
Gondolat Kiadó, 1983.

MINIMUM-PROGRAM A MAGYAR REPÜLÉS JÖVŐJEERT

1991. december 18-án a Budapesti Műszaki Egyetemen megtartásra került az I. Országos Repülésügyi Konferencia a magyar katonai és polgári repülés képviselőinek (kb. 190 fő) részvételével. Az ORK szervezője a Magyar Nemzeti Repülő Alap volt. Előkészítésében az alábbi szervezetek képviselői vettek részt:

- Gépipari Tudományos Egyesület;
- Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium Légügyi Főosztálya;
- Légiforgalmi és Repülőtéri Igazgatóság;
- Magyar Hadtudományi Társaság Repüléstudományi Szekciós
- Magyar Honvédség Haditechnikai Intézet;
- Magyar Repülő Szövetség;
- Magyar Veterán Repülők Egyesülete;
- Pestvidéki Gépgyár.

Két szervezet nem képviseltette magát semmilyen szinten:

- MALEV;
- Repülőgépes Szolgálat.

A konferencia jelentőségét az adja, hogy ez volt az első alkalom hazánkban, amikor a meglévő problémákat együtt vizsgálta a magyar repülő társadalom döntő többsége. Megállapítást nyert, hogy napjainkban nincs "gazdája" a magyar repülésnek. A HM, a KHVM, az FM és a BM az a négy tárca, amelyhez jelenleg az egyes szervezetek tartoznak. Egyik tárca sem vállalhatja fel valamennyi szervezet problémáinak megoldását, mivel ez nem is a feladata, viszont a katonai és a polgári repülés meglévő -és egyre súlyosbodó- gondjait csak együttesen vizsgálva lehet megoldani. Eppen ezért szük-

ség van egy tárcáktól független, szakmailag elkötelezett, megfelelő döntési jogkörrel és anyagi háttérrel rendelkező Légügyi Hivatalra.

A Légügyi Hivatal felépítését az ICAO (Nemzetközi Polgári Repülésügyi Szervezet) ajánlása részletezi, ennek megfelelően hazánkban a magyar repülés jövőbeni összehangolt működésének és fejlesztésének biztosításán kívül érvényesítené a Közös Európai Légügyi Hivatal előírásait is. Célszerű lenne, ha:

- a Légügyi Hivatal is - az ez év januárjától működő Hadiipari Hivatalhoz hasonlóan - a Kormány irányítása alá tartozna;

- az LH és a HH megfelelő szintű és mélységű kapcsolatot tartana egymással.

A Légügyi Hivatal Elnökét pályázat útján kellene kiválasztani, melynek elbírálására az előkészítő konferencia résztvevői összetételüknél fogva alkalmasak lehetnek.

Hazánkban a Légügyi Hivatalhoz kell majd az összes repüléssel kapcsolatos szálnak befutnia. Összehangolt intézkedések a magyar repülés jövője érdekében másként nem hozhatók.

Ismerve Magyarország jelenlegi gazdasági állapotát, valamint a magyar repülés helyzetét, az alábbi lépéseket lehet (és kell!) megtennünk:

- új, a feladatokhoz meghatározott Repülésügyi (Légügyi) Törvény elfogadása 1992. I. félévében;
- légiirányítási rendszerünk illesztése a Nyugat-Európában meglévő rendszerhez;

- a katonai és a polgári légiirányítás összehangolása;
- a repüléstervezés és koordináció korszerűsítése;
- a jelenlegi repülőtechnika Üzemeltetésének és javításának összehangolása;
- a beszerzendő repülőeszközök perspektivikus típussorának célszerű kialakítása;
- a repülő szakemberképzés, továbbképzés megalapozása egy bázisintézmény kialakításával (Magyar Repülő Akadémia).

Ha nem akarjuk, hogy megismétlődjön a '70-es évek repülési katasztrófa sorozata, akkor minimum-programként szükség van a fentiek mielőbbi megvalósítására.

Girnt Vilmos alezredes főiskolai docens
Zsitnyár Erzsébet kpa.főiskolai adjunktus

T Á J E K O Z T A T Ó

a III. Országos Környezettudományi
Diákkonferencián való részvételről

1992. május 29-31. között Szegeden a Juhász Gyula Tanárképző Főiskolán rendezték meg a III. Országos Környezettudományi Diákkonferenciát.

A Rio de Janeiró-i világkonferencia magyarországi felkészülési programját koordináló Nemzeti Bizottság javaslatára a Művelődési és Köznevelési Minisztérium - a felsőoktatásban és a környezeti tudatformálásban érdekeit többi intézmény, szervezet és mozgalom támogatásával - meghirdette a III. Országos Környezettudományi Diákkonferenciát. A konferenciára a környezettudományok (a természet-, a társadalom-, az agrár-, a műszaki-, az orvos- és egyéb tudományok) területén az 1990-91. és 1991-92. tanévben készült írásos pályaművekkel (TDK-dolgozat, évfolyamdolgozat, szakdolgozat) lehetett jelentkezni, melyek a szerzők kutatómunkájának eredményeit kellett tükrözzék, témájukkal kapcsolódva az időszaki környezet- és természetvédelmi problémák megoldásához.

A meghirdetett határidőre az ország különböző felsőoktatási intézményeiből 110 pályamunka érkezett be. Ezek között a honvédség felsőoktatási intézményeit sajnálatosan mindössze egy alkotás, Radnóti Zoltán, a Szolnoki Repülőtiszt Főiskola 1. éves hallgatójának pályázata képviselte.

A konferencia nyolc szekcióban (környezetegészségügy, környezeti kémia, környezeti nevelés, ipari és kommunális

hulladékgazdálkodás, környezetvédelem a mezőgazdaságban és az erdőgazdaságban, környezet, társadalom, közgazdaság, ökológia, levegőszennyezés, közlekedés, zajártalmak, vízgazdálkodás, vezzszennyezetttség) tanácskozott, így lehetőséget biztosított a környezettudománnyal foglalkozó diákok és oktatók széleskörű eszmecseréjére.

A szervező bizottság szakmai előzsűrizés után döntött a pályázat végleges elfogadásáról, a konferencián történő előadás lehetőségéről. A pályázók ismertették tanulmányuk célját, tartalmát, majd a résztvevők és a zsűri kérdéseikkel, hozzászólásaikkal gazdagították azokat, így lehetőség nyílt a különböző módszerek, ismeretek, tapasztalatok bemutatására, megvilágítására. Az előadások elhangzása után a zsűri ajánlásokat fogalmazott meg a pályamunkák továbbfejlesztésére és hasznosítására.

A következőkben röviden ismertetjük a főiskoláról benyújtott pályamű lényegi összefoglalóját.

Címe: Repülőgépek, helikopterek üzemeltetése során fellépő zajártalmak csökkentésének lehetősége

A tanulmány a repülőtechnika üzemeltetése során fellépő zajártalmakat és azok csökkentésének lehetőségeit kutatja.

A bevezetőben foglalkozik a nálunk fejlettebb országok környezetvédelmének törvényi szabályozásával, és ezek szervezési és szervezeti megvalósításával, majd kiemeli a zaj legfontosabb jellemzőit, különösen, amelyeknek mérése laboratóriumi és üzemeltetési körülmények között lehetséges volt.

A következő fejezetekben a helikopter majd a repülőgép zajforrásainak bemutatása és jellemzése található, majd a zajcsökkentés lehetőségeinek bemutatása következik.

A hallgató tanulmányai és a felhasznált irodalom alapján az alábbi következtetésre jutott:

Magyarországon a jelenleg alkalmazott zajcsökkentési eljárások és szervezési intézkedések nem elégítik ki maradéktalanul korunk igényeit és a jelenleg érvényben lévő szabvány által előírt zajértékek sem tarthatók be mindig.

A repülőterek környékén a lakosság zaj elleni védelmének leghatékonyabb módszere a zaj terjedésének gátló elemekkel történő megakadályozása, illetve a zajforrás és a védendő létesítmények közötti távolság növelése (ez utóbbi nem mindig oldható meg).

A hajtómű-ellenőrzések zajhatása (mely elérheti a 140 dB-t is) csökkenthető:

- erdősávval,
- különböző zajárnyékoló töltésmegoldásokkal,
- zajárnyékoló falakkal,
- zajárnyékoló épületekkel,
- a kiszolgáló állomány védelmére korszerű, egyéni, hatásos zajvédő eszközök alkalmazásával,
- német példa alapján a sugárhajtóművek zajvédő csarnokban történő próbajáratásával,
- zajvédelmi zóna kialakításával, ahol a zónába eső épületek zaj elleni szigetelését a katonai költségvetésből finanszírozzák.

A repüléssel kapcsolatos egyéb zajhatások csökkenthetők:

- korszerűbb repülőgépek üzemeltetésével.

- a repülő alapkiképzés, továbbképzés külföldön, ritkán lakott területen történő végrehajtásával,
- a kiképzés segítése, a repülési órák számának csökkentése korszerű szimulátorok alkalmazásával,
- a repülések számának korlátozása vasár- és Ünneppokon és az esti órákban,
- sugárhajtású repülőgépekkel TILOS legyen a 450 m alatti repülés májustól októberig, más időszakban se lépje túl a 30 percet a repülési idő.

Az egyéb károsító anyag kibocsájtásának csökkentése érdekében:

- a repülőtereken rendszeresen ellenőrizték a káros anyag kibocsájtást és ezek hatását a környezetre,
- szennyezőanyag kibocsájtást repülési szimulátorok segítségével állítsák be a legkedvezőbbre,
- alkalmazzanak környezetbarát Uzemanyagokat,
- a helikopterekhez, gépjárművekhez, aggregátorokhoz azbetmentes tengelykapcsoló-tárcsákat, féktétleteket fejlesszenek ki,
- ahol lehetséges, káros anyagtól mentes korróziógátló szereket, alapozó- és lakkfestéseket alkalmazzanak,
- a higany-cink elemeket környezetbarát akkumulátorokkal helyettesítsék.

Radnóti hallgató előadását katonaruhában, jól érthetően, síkfilmekkel illusztrálva, szakszerű kifejezéseket használva, a részére biztosított 10 perc időtartamban tartotta meg.

A zsűri elnöke (Környezetvédelmi Minisztérium osztályvezetője) örömet fejezte ki, hogy a Magyar Honvédségtől is volt pályázó. A téma választását szerencsésnek és egyre idősebbnek találta.

A zsűri értékelése alapján Radnóti hallgató a Búvár szerkesztőség különdiját kapta és kérték, folytassa tovább ezt az egyre inkább aktuális környezetvédelmi témát, végezzon mind több mérést.

Konzulensei

Girnt Vilmos alezredes főiskolai docens
és

Zsitnyár Erzsébet hka. főiskolai adjunktus
voltak.

Félegyházi Török Imre őrnagy
Béler Gyula nyá. alezredes

A MAGYAR HONVEDSÉG
SZOLNOKI REPÜLŐTISZTI FŐISKOLA TÖRTÉNETE
1940-1991
I. rész

*"Ha készülünk, nem fogunk megdadtatni,
Ha nem készülünk megdadtatunk.
A gyengének békéje kegyelemtől függ.
Az erős békéje biztosítéktól önmagában
hordja".*

(Kossuth Lajos)

NEVADÓNK SZOLNOK

A főiskolát Jász-Nagykun-Szolnok megyében, Közép-Európa legnagyobb alföldjét észak-déli irányban kettéosztó Tisza és Zagyva folyók találkozásánál fekvő megyeszékhelyen, Szolnok városában hozták létre.

A város nevének értelmezéséről, eredetéről többféle vélemény ismert. A jelenleg legelfogadottabb álláspont szerint Szolnok város egy XI. századi magyar előkelőség, Szaunik nevét őrizte meg számunkra. Szaunik, Szolnok megye első ispánja volt, aki feltételezhetően azonos az 1046-ban a Vata-féle pogánylázadás idején Gellért püspökkel együtt meggyilkolt Szolnok ispánnal.

A város Magyarország egyik legrégebbi települése. Az 1075-ből való garamszentbenedeki adománylevél tesz először említést "Zounuk"-ról - így a város ma már több mint 900 éves. A történelem folyamán a birtoklása kedvező stratégiai pozíciót jelentett, így érthető, hogy a hadak útján 14-szer

pusztult el, de mindannyiszor újjáépítették.

Szolnok város kedvező földrajzi adottságai következtében természetes vízi, közúti és vasúti csomópont, az Alföld középső részének centruma. Lakosainak száma 80 ezer, de vonzáskörzete jóval meghaladja a 100 ezer főt.

A gazdaság szerkezete igazodott a természeti lehetőségekhez. Fontos közúti, vasúti átkelőhely és évezredes víziút találkozása. A Tisza folyót kísérő széles árterületek itt kissé összeszűkülnek, ezt a körülményt kihasználva már a rómaiak korában itt vezetett az egyik legfontosabb útvonal Pannónia és Dácia között. Az Árpádkorban itt haladt át a híres Só-út.

A római kori kereskedelmi központ szerepét Szolnok örökölte. Noha mezőváros volt, jelentőségét nem a földművelés adta, hanem mindig kereskedelme és ipara révén volt fontos, s ezek tartották életben városi jogát. A múlt század közepén indult iparosítási hullám azonban csak az ötvenes évek közepén teljesedett ki. Ennek eredményeképpen fontos ipari létesítmények épültek, melyek közül a legfontosabbak a Tiszamenti Vegyiművek, a Szolnoki Papírgyár, a korszerűsített MAV Üzem, a Szolnoki Cukorgyár.

A város kulturális élete igen gazdag. Legnevezetesebb kulturális intézménye a XVIII. században elpusztult vár helyén a századforduló idején épült Szolnoki Művésztelep. Itt olyan neves művészek alkottak, mint Aba-Novák Vilmos, Chiovini Ferenc, Fényes Adolf, Koszta József, Bernáth Aurél.

A színházi életének is tekintélyes hagyományai vannak, melyek egészen a múlt század elejéig nyúlnak vissza. Az első előadásokat Egressy Béni vándortársulata tartotta. A Thália hajlékát csak jóval később, 1911-ben építették. A Szigligeti Színház önálló társulata 1932-ben jött létre. A színházat az

évek során több tehetséges szakember - Keres Emil, Berényi Gábor, Székely Gábor, Kerényi Imre - vezette. Impozáns épületével a város jeles látványosságai közül is kiemelkedik.

A tudományos és művelődési alkotóműhely szerepét is betöltő Damjanich Múzeum számos értékes régészeti lelettel és népművészeti anyaggal rendelkezik. Önálló működését csak 1948-ban kezdte meg. Kiállítócsarnoka a Galéria - a volt Zsinagóga - a város értékes, szép épülete.

A város szülötte a radikális költő és nyelvújító Verseyh Ferenc, akinek emlékét méltóan őrzi a Megyei Könyvtár és az országos hírnévvel rendelkező gimnázium. A város 160 éves gimnáziuma mellett meg kell említeni az 1911-ben épült Szolnoki Közgazdasági Szakközépiskolát és 1927-es alapításával a Szolnoki Gépipari Szakközépiskolát. Neveléstörténeti értékkel bír, hogy a tekintélyes múltú Verseyh Ferenc Függetlenség Gimnázium mellett 1930-ban hívták életre a Szolnoki Leánygimnáziumot - ma Varga Katalin Gimnázium -, amely a nőnevelés első középfokú intézménye volt a megyében.

A város felsőoktatási intézményei a Szolnoki Repülő-tisztai Főiskola mellett az alig több mint egy évtizedes múlttal rendelkező Kereskedelmi és Vendéglátóipari Főiskola és az 1990-ben indult Külkereskedelmi Főiskola kihelyezett szolnoki tagozatai.

A város kulturális életében meghatározó szerepet tölt be vonzó programjaival és reprezentatív épületével a Városi Művelődési Központ.

Szolnokon - a város hányatott történelmi sorsa és természeti adottságai miatt kevés műemlék maradt fenn. Ezek közül a legjelentősebb az 1724-1757 között épült barokk stílusú Ferences templom és rendház, a szintén barokk Mórícz szobor, a Xavéri Szent Ferenc kápolna, a Nepomuki Szent János

szobor és az 1824-ben épült Vártemplom. Említést érdemel még a Polgármesteri Hivatal és a Megyei Önkormányzati Testület eklektikus épülete, a felújított Technika Háza, valamint a milléri Vízügyi Múzeum.

Az ipari és műszaki emlékek közül ki kell emelni az egykori indóház épületét, amely az 1847-ben megnyitott Pest-Szolnok vasútvonal végállomása volt.

A város kedvező adottságai következtében kiválóan alkalmas pihenésre, szórakozásra. A Tisza és a Zagyva közelsége miatt a vízisportok kedvelőinek és a horgászat szerelmeinek fellegvára. A Tisza bal partján fekvő Tiszaligetben gyógy-strandfürdő, camping és Udülőtábor várja erdős, parkosított környezetben a sportolni, pihenni vágyókat.

Szolnok város és a repülés kapcsolata, összetartozása sem a véletlen műve, hisz már a múlt század végén, majd azt követően is több jeles aviatikával foglalkozó szakember itt kísérletezett repülőeszközök létrehozásával és fejlesztésével, majd a repülőtér megépítésével e kapcsolat elszakíthatatlanná vált.

A teljesség igénye nélkül az írásos anyagok és visszaemlékezések között kutatva szólnunk kell Ludwig Ede (született Szolnok, 1870.) mechanikus munkásságáról, aki 1896-ban helikopter-modellt épített és azt bemutatta Párizsban, ahol a szakemberek körében nagy sikert aratott. Már e modellkísérleten is több - ma is használatos megoldást mutatott be, illetve alkalmazott. Ugyancsak meg kell említeni a kísérletezés és a repülőgépipítés úttörőjeként ismert Székelyhidi László MAV főgépész munkásságát, aki 1909-1910-ben folytatótt ilyen irányú tevékenységet.

Szandaszőlősen utcanév is őrzi Vittmann Győző (született Szolnok, 1889.) mérnök emlékét, aki 23 évesen 1912-ben

a Magyar Repülőgépgyár RT műszaki igazgatója és berepülő pilótája volt. 1915. május 09-én egy katonai repülőgép bemutatása során lezuhant és életét vesztette. Sorsa jól példázza azt a szeretetet és erőfeszítést, amely a repülés iránt vonzotta és sok társával együtt hozzájárult a magyar repülés megerősítéséhez.

Ha vázlatosan is, de szólnunk kell a sportrepülés szolnoki hagyományairól. A feljegyzések tanúsága szerint az 1920-as évek közepén Kindovics Mihály őrmester és testvére nagyméretű repülőgép alakú sárkányokat építettek és ezekkel folytattak repülőiskisérleteket. 1933-ban megalakult és ma is működik a sportrepülő szervezet. A területen kiemelkedőt alkottak Lovas István főoktató, Molnár István, Paul Thissandier diplomás oktató, aki a sportrepülőter parancsnoka volt és a második világháború idején a szolnoki katonai repülőteren teljesített szolgálatot.

Szolnok város és a katonai repülőter első írásos anyagát a helyi "Nemzeti jövőnk" című újság 1939. július 12-i számában megjelent tudósítás tartalmazza: "A hónap végén a modern szolnoki katonai repülőter építése megkezdődik." E nagyszabású építkezés, mely a Magyar Királyi Kormány egy milliárd pengős fegyverkezési programjának részeként került megvalósításra, valóban megindult és több fázisban - a háborús károkat is helyrehozva - csak 1944 közepére fejeződött be. A több mint ötven év alatt mind az építésében, mind pedig a használatában magyar, német és szovjet repülőik osztoztak.

A háború során olyan ismert személyiségek teljesítettek itt szolgálatot, mint a tragikus sorsú Szőnyi Márton, a neves sportrepülő Pettendy János, akik 1940 nyarán elsőként érkeztek repülőszázadukkal Szolnokra. 1942 májusában ide került be és repülő-rajparancsnoki beosztásban teljesített szolgálatot Horthy István tartalékos főhadnagy, aki ekkor

már Magyarország kormányzóhelyettese. 1944 végén egy szovjet csatarepülő ezred tagjaként itt állomásozott - mint repülő-századparancsnok helyettes - T. Beregovoj százados, aki jelenleg űrhajós tábornok. Később, a háborút követően 1948-tól döntően a repülő kiképzésben volt és van szerepe jelenleg is a szolnoki katonai repülőtéren.

A KEZDET

1945. május 09-én Európában véget ért a II. világháború. Magyarország légierijének egy része Németországba települt, illetve menekült, másik része a szovjet légierő csapásai alatt a levegőben, vagy a földön megsemmisült. Sok repülőgépet, repülőtéri berendezést maguk a német fasiszta csapatok pusztítottak el és több mint ezer vagon repülőszakanyagot vasúton szállítottak ki az országból. A jövőbe tekintve világos volt, hogy a magyar hadsereg csak úgy válhat korszerűvé, ha létrehozza a saját technikai fegyvernemeit, köztük a légierőt.

Bizonyos anyagi-technikai alapot az adott, hogy a háború után a hadsereg kezében maradtak a volt légierő repülőterei, állandó építményei, a hangárok és raktárak, igaz ezek főleg az utóbbiak többsége romosan és kifosztva. A romos és félig kész repülőgépek, valamint az egyéb repülőszakanyagok megóvása össznemzeti ügy volt és a jövőbeni elképzelések realizálásához az igen szerény induló alapot biztosították.

A legnagyobb gondot a repülőszakemberek hiánya jelentette. Az új hadseregben - akkor még repülőfegyvernem nem lévén - megkezdődött a korábban más fegyvernemeknél szolgált repülőszakemberek összegyűjtése, hisz szakképzettségükre, tapasztalatukra nagy szükség volt.

Hazánkban 1945-1948-ig a hadsereg fejlesztése sem bel-, sem külpolitikai szempontból nem volt napirenden. Bár az

1947. február 10-én Párizsban aláírt magyar békeszerződés értelmében lehetőség nyílt egy korszerű hadsereg fegyvernemeinek megalapozására, közöttük a légierő szervezésének elindítására. Az ország gazdasági helyzete természetesen akkor nem tette lehetővé a teljes létszámú hadsereg gyors felállítását, különösen a technikai fegyvernemeket illetően. Elindult viszont a szervező munka, amely reális alapokon, a hadseregfejlesztés elfogadott általános irányelveire támaszkodva megkezdte a szükséges katonai szervezetek kialakítását, valamint a személyek kiválasztását, felkészítését.

1947. október 01-jével mátyásföldi repülőter állomáshellyel felállították az 1. Honvéd Önálló Repülőszázadot, a Honvéd Repülő Javító Műhelyt, valamint az 1. Honvéd Repülőter Gondnokságot. Így szervezetiileg is létrejöttek a repülőfegyvernem kifejlesztéséhez az alapok. Ezt követően több helyen Szolnok, Kecskemét, Börgönd, Tapolca és még más repülőtereken megalakultak a gondnokságok, melyek a hajózó al egységek létrehozása előtt az elhanyagolt, lerombolt repülőtereket hozták rendbe.

Előtérbe került a repülőszakemberek biztosítása, illetve képzése. Ezt egyrészt a régi hadsereg szakembereinek visszahívásával, illetve megtartásával oldották meg, akik közül többen 1947. október 01-jén a Honvéd Kossuth Akadémián kezdték meg felkészülésüket. Másrészt felmerült a repülő-műszaki kiképzőbázis létesítése, illetve fiatalok kiküldése a szovjet hadsereg repülő-műszaki iskoláira.

Az 1. Honvéd Önálló Repülőszázadot 1948 őszén 1. Honvéd Repülő Kiképző Osztállyá szervezték és alárendeltségében megalakították a 2. Honvéd Repülőter Gondnokságot, valamint az Ejtőernyős Kiképző Századot Szolnok települési hellyel. A bevonuló növendék csoport elméleti képzése 1949 januárjában beindult, majd február 28-án a gyakorló repülő kiképzés is megkezdődött.

1949. március 06-án Szolnokon a Kossuth téren, az 1849-es szolnoki csata 100. évfordulóján megtörtént a csapatzászló átadása, melyet Szolnok város szervezett dolgozói adtak az 1. Honvéd Repülő Kiképző Osztálynak. Végeredményben ez az egység volt a felállításra kerülő hajózó tiszti iskola magva, így e zászló vált az iskola első csapatzászlójává is.

Ezzel egyidőben Budaörsön megkezdte működését a repülő-tiszthelyettes utánképző tanfolyam a műszakiak utánpótlása céljából.

A repülő-fegyvernem irányítására 1948. december 01-jén HM közvetlenként megalakult a Repülő Szemléltetés. Repülő szemléltető Zalka András mérnök ezredesi nevezék ki, aki a Honvéd Vezérkar Főnök útján a Légierő Parancsnoka funkcióját látta el. Lényegében ezt a dátumot tekinthetjük a honvédségünk légiereje megalakulásának is.

AZ ISKOLÁNK MEGALAKULÁSÁTÓL AZ 1956-OS FELSZÁMOLÁSIG

1949. október 01-jén megalakult a Honvéd Killián György Repülő Hajózó Tiszti Iskola Szolnokon és ugyanerre a dátumra tehető a Honvéd Vasvári Pál Repülő Szakkiképző Tiszti Iskola megalakulása is Budaörsön. A szolnoki intézmény parancsnoka Huba László százados, a budaörsi Rajnai Béla főhadnagy lett.

A fegyvernem sajátosságából és az elhelyezési nehézségekből adódóan külön kellett választani a hajózók és műszaki kiszolgálók képzését. Ezzel megkezdődött egy nagy tömegű és új követelményeket támasztó repülőtiszti képzés.

A hajózó tiszti iskolára alapvetően három helyről került be az állomány. Mindenekelőtt a Honvéd Repülő Kiképző Osztály mintegy 120 fő növendéke, a Kossuth Akadémia végzős

évfolyama, valamint az 1949 május - augusztus között a kecskeméti repülős kiképző tábor résztvevői.

A tisztképzés mindkét iskolán 1950-ig egyéves, 1950-52. között kétéves, 1953-tól hároméves kurzusokban történt.

Az iskolák állományának sok nehézséggel kellett megküdenie. Mindenekelőtt az addig alkalmazott német-olasz módszer szerinti felkészítést felváltotta a szovjet típusú képzés, melyben még nem voltak részünkről tapasztalatok. Ez rendkívüli nehézséget jelentett az oktatók számára, nem beszélve a repülőgéptípusok változásairól. Igen sok gondot jelentettek az anyagi- ellátási nehézségek, amelyek nyomászóan hatottak az iskolák állományára.

A két intézmény eredményes tevékenységét bizonyítja, hogy a kiképzési év végén új szellemű, kiképzett repülősökkel harci alakulatokat állítottak fel.

Ebben az időben a szolnoki hajózáiskolán a fő repülőgéptípus a vadász JAK-9 (Vércse) és a csata IL-10 (Párduc) kétkormányos változata volt. Ezek mellett még megtalálhatók voltak az UT-2 (Galamb), a ZLIN-381 Bucker-Bestman (Fecske) és az ARADO-96B (Holló) típusok is.

A kiképzésre bevonult növendékeket az elméleti zászlóalj fogadta. A kiképzési osztály és a szakágaknak megfelelő tanszékek végezték az elméleti felkészítést, amelyet záróvizsga követett. Az ejtőernyős ugrások végrehajtása után kezdtek meg a növendékek az alaptípusokon a kiképzésüket az iskolaszázad, majd az iskolaezred kötelékében. A sikeres gyakorlati vizsga után az iskola vegyes ezredéhez, majd később a vadász-, csata-, illetve a bombázó ezredhez kerültek, ahol megkezdtek átképzésüket harci típusra.

Az iskola fejlődésében jelentős állomás volt az első LI-2 (Teve) repülőgépek szolgálatba állítása, valamint a JAK-11 (Ölyv) és a JAK-18 (Fűrj) típusok megjelenése. Ez utóbbi két típus alkalmazása a kiképzésben minőségi fejlődésnek számított, hisz a kor legfejlettebb repülőgépei közé tartoztak. A JAK-11 egyben átmenetet is képezett a harci típus felé.

Az 1950-53-as években mindkét iskolára nagy tömegben kerültek beiskolázásra repülőgépvezető, megfigyelő, valamint repülő-műszaki növendékek. Ezt a feszített Utemő hadsereg-fejlesztés igényei indokolták, amely az akkori nemzetközi - és belpolitikai légkörben természetesnek hatott. A beiskolázási szint alacsony és a kibocsátott tisztekkel szembeni magas követelmények esetenként 40-50 %-os lemorzsolódási arányt eredményeztek. A hajózó tiszti iskolán a nagy növendéki létszám a viszonylag kevés iskola - és gyakorlógép, valamint a huzamosabb időn át tartó kedvezőtlen időjárás miatt a kiképzés elhúzódt. Ennek hatására a kibocsátások (avatások) ideje megnövekedett, így az iskolán érezhetően nőtt a feszültség, a kedvezőtlen légkör.

1951. április 15-én új csapatzászlót kapott az intézmény. A Csepeli Rákosi Művek által adományozott zászló már teljes mértékben tükrözte az új hatalom jelképeit. E szimbólum tulajdonképpen az iskola 1956-os felszámolásáig töltötte be szerepét.

1951. júliusában a leváltott Huba Lászlót a tragikus sorsú Kablai Lajos őrnagy váltotta fel a parancsnoki posztón.

1954-ben az iskola kiképzési rendszerében minőségi újrást jelentett a MIG-15 (Sas) típusú vadászgép oktatásának megkezdése. Megalakult a Lőkhajtásos Vadász Átképző Ezred, melynek hallgatói - már hadnagyi rendfokozattal - először

kezdték meg a hároméves kiképzést. A repülőgép-állományuk UTI MIG-15, MIG-15, JAK-18, JAK-11 és PO-2 típusú gépekből állt. Számszerűleg ez kedvező volt, azonban a repülőgépek minőségét tekintve már nem volt ilyen jó a helyzet. A gépeket a csapatoktól kapták, ahol megkezdődött a MIG-15 BIS és a MIG-17 PF típusok szolgálatba állítása.

1955 elején megszűnt a csatarepülő kiképzés és feloszlott a csatarepülő ezred, melynek növendékei átképzésre kerültek vadászipülőnek.

1955 szeptemberében az iskola kibocsátotta az első MIG-15 típusra kiképzett hallgatók csoportját. E végzett állományból kikerült kiképző tisztekkel kezdték meg az oktatást 1956 tavaszán. Az esztendő indulásakor remény volt arra, hogy a feszített ütemű kiképzés lemaradását behozzák. A kiképzés megfelelő ütemben folyt, a repülőgép állomány feltöltésére és a feloszlott csatarepülő egységek állományának fogadására intézkedés történt. Valamennyi kiképző egységnél a növendékek zöme nyár végére teljesítette a vizsgákhoz szükséges feladatokat.

Az őszi kiképzést megszakították az októberben kitört forradalom eseményei. Az iskola 1956. novembere után beszüntette működését, mellyel lezárult egy heroikus küzdelem esetenként túlfeszített időszak.

A Honvéd Vasvári Pál Repülő Szakkiképző Tiszti Iskola a testvérintézménnyel egyidőben kezdte meg tevékenységét. Az első növendékeket az iskolára a különböző fegyvernemekről helyezték át és kezdték meg átképzésüket. Ez azt is jelentette, hogy nem volt semmiféle előképzettségük, így az iskola nehézségeit növelte az alapos, mindenre kiterjedő elméleti felkészültség megteremtése. Csak az általános ismeretek elsajátítása (aerodinamika, motorelmélet, elektrotechnika, stb.) után tértek át a speciális tantárgyak (ismeretek) ok-

tatására. Ez a szakág szerinti megoszlás alapján a következő volt: motor- és sárkányszerelők, fegyver-, bomba, különleges berendezés (rádió-, műszer-, oxigén) szakemberei.

Az iskola repülőgép állománya kezdetben az IL-10 és a JAK-9-ből állt, majd 1950 közepétől ARADÓ-98 és IL-2 gépekkel gyarapodott. A motortípusokból már bővebb volt a választék: VK-108, -107, AM-38, -42, AS-62-IR, AS-10-C volt.

1950 októberében bocsátotta ki az intézmény az első végzős növendékeket, akik csapatokhoz kerülve biztosították azt a műszaki háttérrel, amely nélkül a repülés el sem képzelhető.

A következő évfolyamot már valamelyest jobb körülmények várták. A kiképzés két ágon folyt: egyéves mechanikusi (tiszthelyettesi) és kétéves rajtechnikusi (tiszti) tagozaton. Emellett 1951-ben mintegy 35 fő csoport, akik az iskolán végeztek és felavatott tisztek voltak a Killiánon repülő kiképzésben részesültek - UT-2 és IL-10 gépeken - és repülőgépvezetőknek minősítették át őket.

Az iskola parancsnoki beosztásában is változás történt: Rajnai Béla őrnagyot Vági Andor őrnagy váltotta fel.

Később - a csapatok igényei alapján - a műszaki-szakmai képzés háromirányúvá vált. Meg kellett teremteni a felső-szintű század, egyes esetekben ezredmérnöki feladatok ellátására alkalmas személyek kiválasztását, képzését. A technikus szintnek megfelelő kétéves tagozat mindvégig eleget tudott tenni e követelményeknek, ugyanakkor az iskolán már felavatott, gyakorlati tapasztalatokkal rendelkező tiszthelyettesek egyéves századmérnöki képzést is kaptak. A másik az egyéves mechanikus képzés volt, akik itt végeztek a napi üzemelés biztonságáért voltak felelősek. Ugyanekkor indult a szakmai képzésnek egy harmadik ága a segédszerelő képzés. Ez

utóbbi nem az iskolán, hanem a csapatoknál folyt, a tényleges állományból válogatva. Közülük többen továbbszolgáloként, a szerelő-mechanikusi szakmát választották élethivatásul.

A MIG-15 típus megjelenése itt is határkő volt az iskola életében. A kiválogatott növendékek gyorsított kiképzés keretében kerültek kibocsátásra.

1954-ben nem volt beiskolázás, "csak" az iskolán lévő növendékillománnyal folyt a kiképzés.

A Honvéd Vasvári Pál Repülő Szakkiképző Tiszti Iskola 1956. augusztus 25-én a hároméves képzésben részesülők, 30-án pedig a kétéves képzésben résztvevők vizsgáival végleg lezárta működését.

AZ ÚJJÁSZERVEZÉS IDŐSZAKA 1957-1961.

A főiskola jogelődjéi sorába kell emelni az 1957. április 15-én Kecskeméten megalakult Repülő Kiképző Központ állományát. A tiszti iskolák megszűnése és újraindítása között eltelt négy esztendőben az Egyesített Tiszti Iskola keretében folyt a tisztképzés. A repülő-hajózó és repülő-műszaki képzés gyakorlati részét e kecskeméti intézmény valósította meg. Ennek magvát a helyi vadászrepülő ezred képezte, melynek állománya a hajózártiszti iskola szakembereivel egészült ki. Az első parancsnok Vörösmarti Béla őrnagy volt. Mivel a repülőtiszti iskolák felszámolása 1957 közepére befejeződött, így az utolsó éves növendékeket Kecskemétre vonták össze, ahol a kiképzésük befejezése után 1957 októberében tisztté avatásuk megtörtént. Az RKK keretében folyt még a repülő kiképzés a budaörsi - nyáron a tapolcai repülőtéren is, ahol a JAK-18-as alap kiképző század kötelékében képezték

a Rákóczi Katonai Középiskola, az Egyesített Tiszti Iskola növendékeit.

Ebben az időben a repülőgép állomány a már ismert típusokból tevődött össze, majd a típusválaszték bővült a MIG-17 PF sugárhajtású, bonyolult időjárási viszonyok között üzemeltethető fedélzeti lokátorral ellátott repülőgépekkel.

1959 őszén új parancsnokot kapott az RKK Mezőfi István alezredes személyében, aki 1980. június 17-én éjszakai repülés közben katasztrófát szenvedett. Utódja Brassói Tivadar őrnagy lett, akinek a kinevezése tulajdonképpen a következő időszak személyi előkészítését is magában foglalta.

1980-ban még egy minőségi változás történt. Egy csoport MIG-19 PM típusra kapott átképzést és ekkor repült először magyar repülőgépvezető hangsebesség felett.

E négyéves intervallum jó eredményeket hozott. Nemcsak az állományt őrizte meg a Repülő Kiképző Központ, hanem új, jól képzett repülőtisztakat is nevelt, igaz nem olyan tömegben mint jogelődje, de minőségében magasabb fokon.

(Folytatás a következő számban!)

Kiss Lajos mk. százados - Óvári Gyula mk. őrnagy

HASZNÁLHATÓ REPÜLŐGÉP A MIG-29-ES?

(tematikussá összeállítás a nemzetközi szakajtóból)

BEVEZETŐ

A címben feltett kérdésre a válasz kétségtelenül: IGEN. Hogy melyik hadseregben, mikor, mire és mennyire hatékonyan az természetesen egy külön problémakör. Az alábbi összeállításunknak semmiképpen nem célja, hogy korteskedjünk a fenti típus mellett, avagy bizonygassuk, hogy honvédségünk számára az eljövendő repülőgép-beszerzések során ez az üdvözlendő, ideális új vadászgép. Amit viszont be szeretnénk mutatni az egy politika-megfontolásokat (is!) figyelembe vevő, (de nem elfogultságtól vezérelt!) pragmatikus, tényleges védelmi, műszaki és gazdaságossági szempontokat figyelembe vevő szemléletmód. Megszívlelendő lehet ez három szempontból is:

- Összeállításunk olyan országok katonai-szakmai körének gondolataiba enged bepillantást, amelyek állami és katonai vezetése biztosan nem vádolható baloldalisággal, vagy túlzott szovjet (orosz) szimpátiával, emellett saját hadseregük haditechnikája is kimagasló (Anglia, Németország, Dél-afrikai Köztársaság);

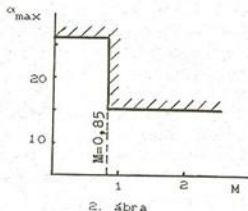
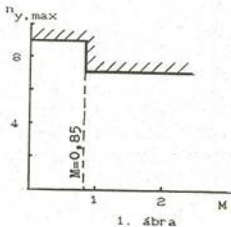
- hazánkban az utóbbi két-három évben - még szakmai körökben is - többször találkozhatunk olyan megnyilvánulásokkal, melyek döbbenetesen konstatálják, akár a legkorszerűbb szovjet légi jármű esetében is, hogy - hogyan is képes az egyáltalán a levegőben maradni. Minden bizonnyal ez egyeseknél az elmúlt negyven év felülről megkövetelt, kincstári optimizmusának egy részében (meg-) érthető dacreakciója (míg másoknál sokkal prózaibb megfontolás vezérelte megnyilvánulás!). E szemlélet objektivitást mellőző, káros mivoltához

azonban semmiképpen nem férhet kétség. Főként azért nem, mert alapvető védelmi, milliárdos nagyságrendű gazdasági kérdésről van szó, így az elfogult, megalapozatlan véleménynyilvánítás legalább annyira káros lehet, mint a korábbi évtizedek derűsen bárgyú, — egzakt harcászati — műszaki jellemzőktől sem zavart — saját technikánkba vetett "lőretlen" hite;

— kedvezőtlen számunkra, hogy meglehetősen hézagosak ismereteink e több, mint tíz éve hadrendbe állított — Ausztria kivételével valamennyi szomszédos országban rendszerben lévő — repülőgép szerkezeti kialakításáról, harcászati lehetőségeiről.

A MIG-29 "FULCRUM"

A '80-as évek elején megjelent kéthajtóműves, szuperszónikus elfogóvadászt a MIG-23-as leváltására, közepes- és kis-távolságú légi harc megvívására fejlesztették ki. Az évtized második felében a gép — mindenek előtt a Szovjetunióban végbement politikai nyitás és gazdasági kényszer hatására — a gyártó ország részéről, katonai gépek esetén szokatlan publicitást, reklámot kapott. Utóbbit főként a hadiipari lobby támogatta, hiszen a széthulló és drasztikusan csökkenő létszámú szovjet-, valamint utódhadseregek megrendeléseinek elmaradása számottevő foglalkoztatási gondot is sejtetett.



Az igen nagy túlterhelésre (1. ábra) és α_{krit} -ra (2. ábra) tervezett, kiváló manőver-jellemzőkkel bíró gép - a tömeg-tájékoztatásban bemutatott képek és videoanyagok tanulsága szerint - nem igazán korszerű, helyenként manufaktúrális technológiával készül.

Szerkezeti anyagait döntő többségében az ismert szovjet alumínium, titán és acélötvözetek alkotják. A másodlagos teherviselő rendszernél (szárnybelépőél, szívócsatorna belső borítás) alkalmazott kompozitanyagok az első szériáknál nem váltak be, így azokat fémre kellett visszacsereélni.

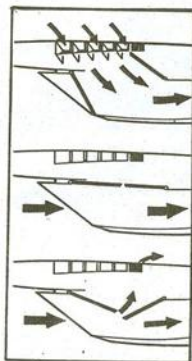
A sárkány

A gép teljesen fémépítésű, középszárnyas elrendezésű, két függőleges vezérsíkkal, kitérithető stabilizátorokkal rendelkezik. Utóbbiak kisebb sebesség repüléskor $\pm 5^\circ$ -os szögbe "villásva", elevon rendszerben a csűrőre is rásegítenek. A gép szimmetria síkjához képest 6° -kal kifelé döntött függőleges vezérsíkjain hagyományos, $\pm 25^\circ$ -ra kitérithető oldalkormányok vannak.

A két egykerekes főfutómű és a kétkerekes orrfutómű kiengedése, illetve behúzása 7-9 mp alatt, hidraulikusan történik. Az orrfutómű kormányozható, guruláskor $\pm 31^\circ$ -os, nekifutáskor $\pm 8^\circ$ -os tartományban. A futószárak hossza úgy van meghatározva, hogy a törzsnek és szárnynak már állóhelyzetben 12° -os állásszöveget biztosítson. A főfutó ballonok üzemi nyomása 12 bar.

A **törzs** a 4. generációs gépekre jellemző hátrafelé ellapuló hordozó felület. A célszerű aerodinamikai kimunkálás következtében a MIG-29-en keletkező felhajtóerő közel 50 %-a törzsen jön létre. Ennek eredményeként csökkent a szárny felületi terhelése is.

Teherviselő-rendszere félháj megoldású, melyben a koncentrált terheléseket hossztartók és megerősített törzskere-
tek veszik fel, illetve továbbítják. E konvencionális kiala-
kitást a gép igen kedvező kiszolgálási jellemzői indokolják,



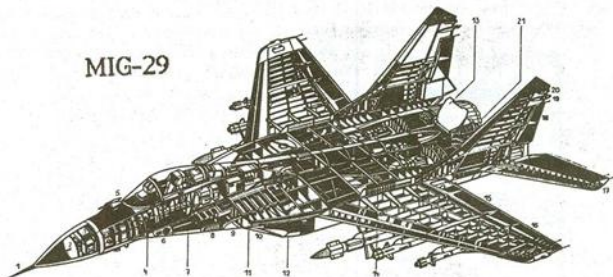
3. ábra

mivel a törzs gyakorlatilag nagy mé-
retű zárófedelekkal ellátott rekeszek
egymást követő sorozata. Így a bennük
elhelyezett berendezések, hajtóművek
egyszerűen, gyorsan, tábori körülmé-
nyek között is cserélhetők, javítha-
tók. A törzs belső tereinek legna-
gyobb térfogathányadát a két, kétára-
mú RD-33-as hajtómű, valamint azok
levegőellátását biztosító beömlőcsa-
tornák teszik ki. Utóbbiak érdekese-
sége, hogy a szárnyalatti elrendezés-
ükből adódó fokozott hajtómű sérülé-
si (idegen tárgy beszívási) veszély
miatt normál, axiális belépő kereszt-
metszetük $v < 200$ km/ó gurulási se-
bességig zárva marad. Helyette a le-
vegő beszívása nyitható zsaluzat se-
gítségével a szárny felső felületén
keresztül történik (3. ábra).

A törzsbe 8 baros nitrogén túlnyomás alatt, öt tartály-
ban helyezték el az össz tüzelőanyag-készlet 85 %-át, a se-
gédenergia-rendszereket, a műszer- és rádióberendezések döntő
többségét, valamint a repülőgépvezető fülkáját. Utóbbiban a
hajózó KD-36DM katapultülésen foglal helyet, amelynek segít-
ségével közel 100 %-os biztonsággal hajtható végre a gép
vérszelhagyása úgy a földön álló helyzetben, mint tetszőleges
repülési manőver közben.

A repülési sebesség, valamint a kigurulási úthossz csökkentésére törzsféklap, valamint fékernyő is van a gépen (4. ábra 13,21).

MIG-29



1-Pitotcső; 2-lokdíj antenna; 3-Dopler lokdíj; 4-műszer berendezések; 5-hőpelengátor (infra-érzékelő); 6-szárny és törzs csatlakozás; 7-8-gépdíj és rekesze; 9-a gépdíj löpörgő elvezető csatornája; 10-a bal hajtómű levegőbevezető csatornája; 11-levegőbevezető csatorna felszálló üzeműhöz; 12-a szívócsatorna belépő keresztmetszetét szabályozó, mozgatható panel (ld. 3. ábra is!); 13-törzsféklap; 14-határreteg elszívás; 15-fékszárny; 16-csűrőlapok; 17-kitérithető vízszintes stabilizátor; 18-oldalkormány; 19-radarbesugárzás érzékelő; 20-helyzetlámpa; 21-fékernyőkazetta.

4. ábra

A törzs alatt kialakított külső függesztési pont (kizárólag) egy darab 1500 literes póttartály rögzítésére alkalmas. Ez a 4300 literes belső tartály-térfogatot több mint 30 %-kal növeli, ugyanakkor blokkolja a fedélzeti gépdíj működését.

A **s z á r n y** kettős nyílazású, a törzzsel aerodinamikai egységet képez. A mellső szárnyrész gólikus kialakítású, közepes nyílazási szöge 73° , a hátsó, trapézalaprajzú, melynek nyílazási szöge 42° . A $\psi = -3^\circ$ -os V-beállítású, $\lambda = 3,39$ -es karcsúságú és $\eta = 4,15$ -ös trapézviszonyú szárnyon egyaránt $\delta = -20^\circ$ -ra kitérithető fékszárnyak és orrsegédszárnyak, valamint $\pm 20^\circ$ -os kitérithetőségű csőrökormányok vannak. (Kedvezőtlenül hat a manőverjellemzőkre, hogy a szárnymechanizáció, vagyis a profilgeometria "kézi" vezérlésű /1/).

A szárny teherviselő rendszere - a törzshöz hasonlóan - félhéjszerkezetű. A félszárnyak mellső és hátsó része egyaránt 5-5 ponton van a centropplanhoz rögzítve, melyből három a főtartók hajlítómerev bekötése. A szárny megosztó terhelését a borításról a főtartóra 16 borda továbbítja. Ezek fele megerősített, így nagy koncentrált terheléseket is felvehet. A belső rekeszekben a kormányok, a mechanizáció működtető rudazatai, vezetékei és berendezései, valamint üzemanyagtartályok találhatók.

A repülőgép valamennyi külső kormány szervének, mechanizációs eszközének mozgatása, a futók nyitása és kormányzása kétkörös, $p = 210$ bar üzemi nyomású **h i d r a u l i k a - r e d s z e r r ől** történik.

A fékezésre, fülkehermetizálásra, fékernyő nyitásra, valamint néhány berendezés hűtésére a kétkörös **l e v e g ő - r e d s z e r** szolgál.

A hajtómű

A MIG-29-es repülőgépen két db RD-33-as kétáramú, utánégetős gázturbinás sugárhajtómű van. Az utánégetőt keverőtérrel egészítették ki, a fűvécstűvet pedig Laval-rendszerű, szabályozható gázszűrő-sebességfokozóval (GSF) látták el. Más repülőgépekéhez hasonlóan az RD-33-ast is több üzemmód jellemezi. Ezek: Alapgáz (AG), Maximal (MD), Utazó (UD), Minimál forszázs (MF), Teljes forszázs (TF).

A hajtómű-részelemek jellemzői:

Kompresszor: axiális, kétforgórészes, kétáramú, 13 fokozatú, amiből 4 fokozat kisnyomású, 9 fokozat pedig nagynyomású. A levegőátteresztő-szelep a kisnyomású rész első fokozatánál van. Az álló - terelő lapátkoszorú és 2. fokozat a kisnyomású részből szabályozható.

Égőtér: egyenes áramlású gyűrűs-csőves, 24 db centrifugális elven működő kétfokozatú fűvécstűvel, két indító-gyújtó gyertyával. Az utánégetőkamra gyújtó kivezetéssel van ellátva.

Turbina: axiális, kétforgórészes nagy- és kisnyomású részekkel. A forgólapátkoszorúban és az álló - terelő lapátkoszorúban, valamint a tárcsáknál levegőhűtést alkalmaznak. A nagynyomású turbina munka- (forgó-)lapátjai főként a rések radiális irányban szabályozhatók.

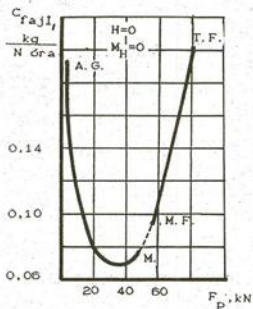
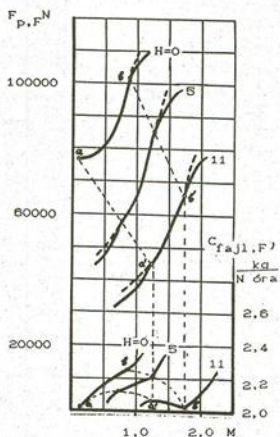
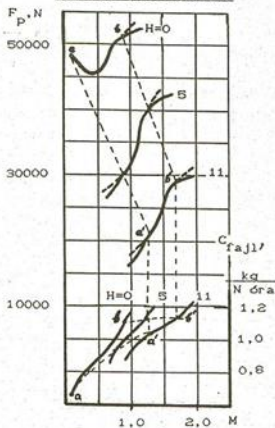
A hajtómű alapadatai: (egy hajtómű esetén)

1. Toldóerő: Teljes utánégetésen - 81,5 kN, Maximálison: - 49,39 kN;
2. Átáramló levegőmennyiség: $76,9 \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$;
3. Sűrítési viszony: $\Pi_{K,KNY}=3,05$; $\Pi_{K,NY}=7,04$; $\Pi_{K\Sigma} = 21,5$;
4. Kétáramúság foka: 0,47;
5. Indítási idő: $t \leq 50 \text{ sec}$;
6. Fajlagos tömeg: TF-nél - $0,013 \frac{\text{kg}}{\text{N}}$; Max.-nál - $0,023 \frac{\text{kg}}{\text{N}}$;
7. Gyorsítási idő: AG $\rightarrow$ Max: (4+1)sec; Max $\rightarrow$ TF: (2+1)sec;
8. Üzemanyag: RT; TSZ-1; T-1;
9. Olaj: KPM-10; 36/1; KUA;
10. Gáz hőmérséklet: $T_T^M = 1525/1660\text{K}$;
11. Hajtómű tömege: 1156 kg.

Fordulatszám jellemzők:

	$n_{k,kny}$	$n_{k,nyy}$	F_p	c_{fajl}	Megengedett Üzemidő
	[perc ⁻¹]	[perc ⁻¹]	[N]	$\left[\frac{\text{kg}}{\text{N} \cdot \text{s}}\right]$	[perc]
TF	11000	15500	81500	0,194	10
MF	11000	15500	65900	0,094	10
M	11000	15500	49390	0,073	10
U	-	-	-	0,07	nem közölt
AG	-	-	≤4600	-	15

Háttérjellegzők:



A hajtómű szabályozási rendszere:

A hajtómű mint a szabályozás tárgya elválaszthatatlan a két darab sík, hangsebességfeletti beömlőcsatornától, s a változtatható geometriájú fúvócsőből.

Szabályzó jellemzők:

- G_{Uz} - Üzemanyag mennyisége;
- A_{ki} - fúvócső kilépési keresztmetszete;
- A_L - a Laval csatorna "torok" keresztmetszete;
- φ_{KL} - szabályozható kompresszorlapátok beállítási szöge;
- $G_{Uz.f.}$ - az utánégetés tüzelőanyag-mennyisége;

Szabályozott jellemzők:

- n_{NNY} - nagynyomású kompresszor fordulatszám;
- n_{KNY} - kisnyomású kompresszor fordulatszám;
- p_L - a Laval csatorna "torok" nyomása;
- ΔK_y - kompresszor stabilitás tartaléka;
- η_K - kompresszor hatásfoka;
- G_{lev} - kompresszoron áthaladó levegő mennyisége;

A hajtómű szabályozási rendszerét egy elektromos és egy hidromechanikus egység együttesen alkotja. Adott hajtómű üzemmódon a szabályzó és szabályozott jellemzők kapcsolata a következő:

$$\begin{aligned} G_{Uz} &+ n_{NNYK} \\ A_{ki} &+ n_{KNYK} \\ A_L &+ p_L \\ \varphi_{KL} &+ (\Delta K_y, \eta_K, G_{lev}) \\ G_{Uzf} &+ T_F \text{ (forszázskompr. hőmérséklete)} \end{aligned}$$

Természetesen a szabályozási folyamatban lényeges szerepe van a különböző korlátozó feltételeknek. Így például a kompresszorház szilárdsága és a forgatónyomatéka miatt a kompresszor nyomása (p_K^*), a turbina mögötti gáz hőmérséklet (T_T^*) stb. nem haladhatja meg a $p_K = 3.48 \text{ MPa}$, $T_T = 1.600 \text{ K}$ értéket.

A hajtómű állapota a fedélzeti adatrögzítő berendezés, az ún. TESZTER UZL, illetve az ehhez kapcsolható többi diagnosztikai egység az (LUCS-71-KPA) segítségével értékelhető. Utóbbi a hajtóműről összesen 27 adatot szolgáltatott, ami elegendő információt nyújt a hajtómű állapot szerinti megítéléséhez.

Az alábbi táblázat segítségével néhány nyugati vadászpilóta repülőgép hajtóművének adatait vehetjük össze a MIG-29-esével:

Rep. gép	F-14, F-16	F-18A	F-16	SAABJ-37	MIG-29
Hajtómű	F-110GE-400	F-404-402	F-100	RM-8B	RD-33
m	0,85	0,34	0,71	0,3	0,47
F_{pF}, N	118000	72600	114000	127000	81500
F_p, N	76000	48000	68000	73500	49390
$C_{rajlf} \frac{kg}{N}$	0,25	0,2	0,212	0,2	0,194
$C_{rajlf} \frac{kg}{N}$	0,07	-	0,07	0,075	0,073
$\sigma_{hmdF} \frac{kg}{N}$	0,013	-	0,012	0,012	0,013
$\sigma_{hmd} \frac{kg}{N}$	-	0,013	-	0,018	0,023
π_K^*	32	25	25	22,1	21,5
$G_{lev} \frac{kg}{sec}$	111	63,5	102	90	76,9
T_T^*, K	1643	1645	1678	1600	1600
m_{hmd}, kg	1720	970	1386	1510	1156

A gép fedélzetén három számítógépből kialakított digitális számítógység végzi a fedélzeti rendszerek ellenőrzését, a navigációt, a célzást - rávezetést, illetve a fegyverrendszer működtetését. E hatékony és megbízható egység sem teszi azonban lehetővé a földi irányítástól való teljesen független tevékenységet, ami számottevően korlátozhatja a harci alkalmazhatóságot (ld. Öböl-háború!).

A fegyverzet vezérlését zavarvédett, rádiólokációs célzó berendezés és optikai elektronikus célzó-navigációs lokátor-egység együttesen hajtja végre. Az utóbbi lézeres távolságmérőt, hőpelengátort, valamint a repülőgépvezető sisakjára erősített optikai célzó- és rakétavezérlő berendezést egyesíti. A fedélzeti lokátor egyidejűleg 10 darab $3-4 \text{ m}^2$ -es határoss visszaverő felületű (vadászgép típusú!) célt - a kölcsönös repülési helyzet, a repülési magasság, stb. függvényében - 40-70 km-ről képes felderíteni és 30-60 km-ről befogni. Eközben kijelöli közülük a legveszélyesebbeket úgy, hogy egyet folyamatosan kísér is.

A hagyományos fedélzeti fegyverzetét egy percenként 1500 lövést meghaladó tűzgyorsaságú, 30 mm-es átméretű, egycsúvű gépágyú alkotja.

A két felszárnyon elhelyezett, összesen hat függesztési pontra, különböző kombinációban AA-8 infrafejes, AA-10-es félaktív, lokátorvezérlésű, AA-11 közelharcrakéta, levegő-föld osztályú lézer- és TV vezérlésű rakéták, blokkokban maximálisan 80 nem irányítható rakéta vagy 4 db 100-500 kg-os bomba függeszthető. Lehetőség van rádiótechnikai zavaró-, valamint különböző géppuskát és gépágyút tartalmazó konténerek rögzítésére is. A rakéták bármely repülési üzemmódon, a bombák süllyedésből, emelkedésből, vízszintes helyzetből és különböző manőverek közben is indíthatók.

A repülőgép aktiv védelméhez zavaróeszközök állnak rendelkezésre, melyek a mellő, hátsó és alsó légterben hamis célokat hoznak létre szükség szerinti gyakorisággal.

A műszaki kiszolgálás sajátosságai

Az előkészítés és ellenőrzés során a jelenleg használatos műszerek és földi ellenőrző berendezések szerepét döntő többségében a fedélzeti önellenőrző rendszer vette át. Az ellenőrzés eredménye megjelenik vizuálisan, de lyukkártyán is rögzítődik, miközben a teszter önmagát is kontrolálja. Meghibásodás esetén leállítja az ellenőrzési folyamatot, kijelzi a meghibásodott blokk helyét akár önmagában, akár a gépben van.

A harci előkészítés hatékonyságát javítja, hogy - megfelelő biztonsági rendszabályok betartása mellett - a fegyverekkel párhuzamosan sárkány-hajtóműves és szakágszerelők is dolgozhatnak a gépen.

A repülőgép főbb adatai:

GEOMETRIAI:

Fesztávolság:	14,83 m
Hossz:	17,32 m
Magasság:	4,73 m
KAH (szárny):	3,77 m
Szárnyfelület:	38,05 m ²
Csőrő felülete:	1,45 m ²
Fékszárny felülete:	2,84 m ²
Orrsegédszárny felülete:	2,35 m ²
Vízszintes vezérsíkok felülete:	7,18 m ²
Függőleges vezérsíkok felülete:	10,26 m ²
Szárny nyílazása	$\chi_{1,köz} = 73^{\circ}$ $\chi_2 = 42^{\circ}$

Vízszintes vezérsík nyílazás:
 Függőleges vezérsík nyílazás:
 Szárny viszonylagos vastagsága:

$$\begin{aligned} \chi_{VV} &= 50^\circ \\ \chi_{FV} &= 48^\circ \\ c &= 0,05 \end{aligned}$$

TÖMEG:

Üres tömeg:	10900 kg
Maximális felszálló:	18500 kg
Normál leszálló, kevesebb, mint:	14200 kg

SEBESÉG:

Maximális földközeli:	1500 km/ó
Maximális csúcsmagasságon:	2400 km/ó
Maximális emelkedési, földközeli:	254 m/s
Emelkedési:	260-280 km/ó
Talajfogási:	≈ 260 km/ó

HARCÁSZATI:

Hatótávolság: földközeli, $M = 0,5$ -nél	700 km
$H = 12$ km-en, $M = 0,8$ -nál	1400 km
póttartállyal	2100 km
Kifutási, nekifutási úthossz (utánégető nélkül)	600-750 m
Gyakorlati csúcsmagasság: $M < 1$ -nél	14,5 km
$M > 1$ -nél	17,5 km

MIG-29M, AZ EZREDFORDULÓ UTÁNI SZUPERVADÁSZGEP?

Az 1992-es év második felében szinte egyszerre értesülhetünk a hazai és nemzetközi szakajtóból az eredetihez képest módosított MIG-29M megjelenéséről. A viszonylag kevés rendelkezésre álló adat alapján is minőségi előrejelzésre lehet következtetni.

A sárkány formai kialakítása alig változott, a szárny és törzs kedvezőbb összekapcsolásával azonban újabb tüzelőanyag készontartályok kialakítására nyílt lehetőség. Ennek eredményeként a belső tartálytér fogat 4300 literről 5700 literre nőtt, ami az 1400 km-es hatótávolságot 2000 km-re módosította. A szárny alatt 6-ról 8-ra növekedett a külső függesztési pontok száma, ami több és szélesebb körben variálható rakéta- és bombafegyverzet szállítása mellett, két további 1150 literes póttartály rögzítését is lehetővé tette. Ezek, valamint a törzsalatti 1500 literes póttartály együttes alkalmazásával a maximális hatótávolság 2100 km-ről 3200 km-re növekedett.

Az új MIG-29M kormányvezérlő rendszerében a hagyományos botkormány működtette, vezérlő tolattyú - dugattyús, nem - visszaható, hidraulikus kormánygépeket felváltotta az elektromos vezetékeken távvezérelt, Fly-By-Wire-rendszer, melyet megfelelően korszerűsített számítógépekkel kapcsoltak össze. Ennek, valamint a sárkány aerodinamikai finomításnak következményeként az elérhető kritikus állásszög 24° -ról 30° -ra növekedett.

A gép módosított RD-33K hajtóművének tolóereje maximális utánégetéssel eléri a 86 kN-t, ami ugyancsak kedvezően befolyásolja a légi harc közbeni manőverjellemzőket. A megnövekedett tolóerő a hajtómű levegőfogyasztását **73** kg/mp-ről 82 kg/mp-re növelte.

A műszaki-harcászati jellemzők javítása mellett a konstruktőrök nagy gondot fordítottak a karbantartási, kiszolgálási mutatók javítására is. A sárkány üzemidejét az alkalmazási körülményektől függően 2500-4000 órára növelték úgy, hogy csak 1000 óránként szükséges karbantartó ellenőrzést végrehajtani. A megfelelő ön- és külső ellenőrző műszerek, berendezések alkalmazásával a repülés előtti vizsga ideje 30 perc, az ismételt felszállásra történő előkészítés

15-25 perc alatt hajtható végre. A teljes diagnosztikai program lefutásához 1,2 óra szükséges. A hajtómű-cserét 2,2 óra alatt 3 fő hajthatja végre.

Az egy gép műszaki kiszolgálásának óránkénti, átlagos létszámigénye 11,6 fő, ami rendkívül kedvező érték. (A jelenleg használatos MIG-29-nél ez 17,6, az F-16-nál 19,6, az F-15-nél 20,6, de a tervezett EFA vadászgépnél is csak alig valamivel kevesebbet, 8,7-et sikerült elérni).

James O. Jackson

EGY REPÜLŐGÉP, AMELYET "RITÁNAK" HÍVNAK

A fordítás a Time International 1991. november 25-ei száma 60-61. oldalán megjelent cikk alapján készült

Fordító: Kiss Lajos mk. százados

A szovjet MIG-29 a legmozgékonyabb vadászrepülőgép, melyet eddig építettek. Több szakember - mint olcsó alternatív nyugati vadászgép - NATO alkalmazhatóságát latolgatja.

A szovjet MIG-29-es adottságaira, képességeire, 1979-es első repülése óta a nyugati hírszerző szervezetek különös figyelmet fordítanak. Miután ez a repülőgép a '80-as évek közepén a Szovjetunió csúcs vadászgépe lett, a szakértők a különböző légi bemutatókon megfigyelhették annak szerepléseit s megállapíthatták, hogy igenis jó gépről van szó. Azt azonban, hogy mennyire, senki nem tudta teljes biztonsággal megmondani. Ezután jött a német egyesítés és a Luftwaffe hirtelen gazdája lett egy 24 darab MIG-29-esből álló századnak, melyet egykor a kelet-német légierő üzemeltetett. Ezzel a nyugati szakértőknek először vált lehetővé belerúgni a futóköpenybe, beindítani a "legegzotikusabb" szovjet vadászgép hajtóművét. Összegzett vélemények alapján: a MIG-29 egy repülőgépvezető-barát gép; legjobb, amelyet eddig építettek.

A szigorú, hat hónapos tesztelés befejeztével a német pilóták a múlt nyáron úgy találták, hogy a repülőgéppel rendkívül szűken lehet venni a fordulókat, ellenáll az óriási terheléseknek, s egy hollywood-i revolveres ügyességgel képes tüzelni. Repül egészen lassan, 160 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel, mint egy vászonborítású PIPER CUB, egészen 2,5 M ig, s így méltó ellenfele a nyugati legjobbjainak. Fordulókban ellenáll

a 10-11-szeres túlterhelésnek ez több mint, amit a legtöbb pilóta kibír, valamint jobb mint a 9 g-s "amerikai megfelelője".

Pilótáink már a második, harmadik repülés után megszerették - mondja Jürgen Kreft alezredes a német légierőbe bevont MIG-29-esek felügyelője - . Véleményük szerint könnyű, mozgékony és engedelmes. Képes repülni szokatlanul nagy állásszögben - ahol a levegő már a szárnyrészek között örvénylik - anélkül, hogy a repülőgépezetők elvesztenék az irányítást. Mindez pl. közelharcban a repülőgép rendkívüli mozgékonyágát jelenti.

A pilóta úgy fordíthatja a gép orrát egy másik repülőgép irányába, hogy az azt észre sem veszi. Szűk fordulóban ellenséges repülőgép üldözésekor a gép orrát hirtelen felránthatjuk, ezzel megnövelhetjük a cél "láthatóságát", s biztos győzelmet arathatunk az ellenséges gép felett (lásd: rajz) - mondta Kreft.

EGY LEHETSÉGES ALKALMAZÁS LÉGI HARCBA

A MIG-29-nél nagy állásszögön a felhajtórész rövid időre helyettesíthető hajtómű-toldóval. Ez lehetőséget biztosít a repülési pálya fölötti célpont megfigyelésére.

HIRTELEN FELRÁNTÁS
("Flip-up" vagy
"kobra") közel 80°-ra

REPÜLÉSI PÁLYA

A légi cél befogva,
megsemmisítve
rakétával

A MIG-29-es fordulóban üldözi az ellenséges repülőgépet

"Flip-up" ("kobra")-manőver

A tesztprogram eredményeképpen a Német Védelmi Minisztérium saját lajstrom-számmal látta el ezt a századot. Jelenleg Preschen közelében, nem messze a lengyel határtól, Berlintonól dél-keletre 135 km-re települnek. Pilótáik a korábbi NDK és NSZK hajózáiból kerültek ki. A 23 db MIG-29-es egy harcászati egységben működik (a 24.-et az amerikaiak egy további vizsgálatra kölcsönkérték, Fort Worth-be a General Dynamics kutatórészlegébe, Texas állam).

A gép nagyon gyors, a manővereket, a fordulókat szöken veszi - mondja Gend Kraul őrnagy, egyike a 16 volt kelet-német MIG-29-es pilótáknak, akik az egyesítés után bekerültek a Luftwaffe állományába. Ő és társai a felkarjukon hordják a Fighting Fulcrums század azonosító jelzését. (Ez egyébként a gép NATO kód szerinti elnevezése).

Kraul azt állítja, hogy a Fulcrum lényegesen felülmúlja az F-4 Phantomot, a német légierő fő erősségét. - Az F-4-es ellen harcolni céllovésznek felel meg - teszi hozzá Kraul. Ez a tény aligha okoz meglepetést, hiszen az F-4-es a '60-as évek repülőgépe. Más különben a német hajózáók már megtalálhatták azokat az elemeket a MIG-29-en, melyek az amerikai csúcsgépeken (F-15, F-16) is meg vannak. Ellentétben azokkal, a MIG-29-nél az eredmény a pilóta ügyességétől függ mondja Heinz Dengler alezredes, a század repülésbiztonsági tisztje. A nyugati vadászipülőgépekben található korszerűbb elektronikai berendezések nagyobb előnyt biztosítanak a vizuális látás határain túl is - egészíti ki Dengler. A közharc távoltságát és sebességét figyelembe véve azonban a repülőgépek közel azonosak, s ennek következtében, aki az első hibát elköveti az "elveszett"!

Az a néhány amerikai pilóta, akik MIG-29-cel repült, odaadó lelkesedéssel beszéltek annak manőverezőképességéről. Edward Mechenbier ezredes a General Electric egyik vezetője,

a Nemzeti Gárda Légierőjének pilótája egy kétüléses kiképző repülőgépen 1991 júliusában tartott légitüntetést (Dayton, Ohio állam). Olyan érzés vezetni - mondja, mint egy bogárhátú Wolkswagent, amit Cadillac motorral szereltek fel. Edward ezredes leírja az izgalmát: a 14515 kg tömegű repülőgép nem több, mint 350 méter kifutás utáni felemelkedett, kismagasságon műrepült, beleértve a luppingot, a dupla S-eket, 9 g-s fordulókat és a forszázzsal végrehajtott, halállal dacoló rácsapásokat - mindezt 900 méter alatt! "Fantasztikus - mondja - valóban látványos".

Mindezen repülési képességek ellenére a MIG-29-est nehéz csodálni. A szemet nem gyönyörködteti sem a lekonyuló orr, sem a terjedelmes szárnytő-meghosszabbítás, nem beszélve a tátongó levegő beömlőcsatornáról. Az egyenetlen borítással úgy néz ki, mintha patkókovács adta volna meg a formáját. A himlőhelyes titánfelületen kiálló szegecsfejek, a nem tervezett púpok, beteg illesztések, a durván vágott szerelési panelek láthatók. Az elhanyagoltság általános érzéséhez tartoznak még a házi készítésű fa antenna fedő és a hosszú kerti öntözőcsőhöz hasonló Pilot-cső védő. Ennek ellenére a pilóták szeretik a MIG-29-est, annak sajátosságaival együtt.

"Ritának" hívjuk - mondja Kraul. Költőien mondván beszélget velünk. Rita az ún. "речевая инструкция" rövidítése, ami magyarul szóbeli utasítást jelent. Ez egy sorrend ellenőrző, audió biztonsági rendszer. A magnetofonhang emlékezteti a pilótát a lényeges tevékenységekre pl. a futó-, fék-, szárnykiengedés, sebességmódosítás ... stb. végrehajtására. - Ha valamit nem tesz meg, Rita addig és addig beszél, amíg végre nem hajtod - mondja Kraul. Hasonló egy feleséghez, egy szerelmes asszonyhoz, tulajdonságai a kívülálló számára rejtve maradnak.

A durva borítólemez például nem tekinthető hátránynak. A Messerschmitt mérnökei fel voltak háborodva, amikor meglátták - mondja Kreft, de a tanulmányozás után úgy találták, hogy durvaságban mégis van valami jó! Ez a borítás - amely olyan, mint a golflabdán található gödröcskék - emelőképeség javító határrejteget hoz létre! A gép újdonságai között egy egyszerű célzóberendezést is megtalálható, ami nem bonyolultabb a televízió csatornaváltójánál. Abban is eltér a nyugati komputeres rendszerekkel egybeépített nehézkes sisakoktól, hogy itt a kb. 50 USD értékű, néhány infravörös emittert tartalmazó készülék kapcsokkal rögzíthető a normál sisakhoz. Az infravörös sugárnyaláb visszatükröződik a pilótafülkében elhelyezett tükrökről s hihetetlen pontossággal mérhető a pilóta fejének helyzete (helyszöge). - Nagyon egyszerű, pontos, megbízható - teszi hozzá Kreft, így a pilóta a tűzvezető-rendszerével a közel 60°-on repülő célt is képes befogni.

Egy másik műszaki sajátosság a botkormányon lévő "vészgomb". Ha a pilóta ezt megnyomja a térbeli orientáció elvesztésekor (ami köztudottan egyik fő baleseti forrás) az automatika gyorsan visszaállítja a gépet vízszintes repülési helyzetbe. "Ezzel a géppel szinte lehetetlen ellenőrizhetetlen szituációba kerülni" - mondja Kreft, - "ha ez mégis megtörténik, akkor csak nyúlj a "vészgombhoz" s egyenesvonalú vízszintes repülési helyzetbe kerülsz minimális magasságvesztéssel".

A nyugati tervezők és pilóták semmibe sem veszik az ilyen berendezéseket, soha nem is voltak beépítve az USAF vadászgépeikbe. - "Nem bánám, ha egy hang a fülembe sügná, ha valami baj van a fedélzeten" - mondja Mechenbier, pedig ez a gomb megmenethetné a nyugat-európai zsúfolt városok lakóit, a repülőgépek pilótáit is az egyes veszélyhelyzetek létrejöttét követően. (A MiG-29-ek Luftwaffe állományába kerülése előtt a nyugati tervezőknek nem volt szándékukban a

"vészgombot" elhelyezni az Európai Légierő gépeibe. Most a Védelmi Minisztérium forrásából származó információk alapján ilyen rendszereket is számításba vesznek).

Az összes ragyogó repülési képessége mellett a MIG-29 alapvető, potenciálisan végzetes sajátosságokkal is bír. Hajtóművei ugyan erősek, de üzemanyag-fogyasztások olyan nagy, hogy velük a gép kevesebb, mint két órát tud a levegőben tartózkodni. E probléma részben megoldható szárnypóttartályok elhelyezésével és levegőben történő utántöltéssel. Sokkal komolyabb gyengeség azonban a modern elektronikus berendezések hiánya. A nyugati repülőgépek fedélzetén olyan komputerizált tűzvezető-rendszereket helyeznek el, amely lehetővé teszi a repülőgépvezető számára féltucat cél követését az optimális cél kiválasztását és megtámadását.

A szovjet "vadász filozófia" homlokegyenest ellenkező a fentiekkel: tartsd a komputereket a földön, ahol védett bunkerekből küldik a kódolt utasításokat a fülkébe. Ezért aztán a MIG-29-es pilóták gyakran repülnek szemüket a műszerfalra tapasztva úgy, hogy nem tudják a körülöttük lévő légtérben hol lehet az ellenség. Az ilyen rendszerek végzetes gyengeségét leplezte le az öböl-háború, amikor az US bombázók a háború első óráiban lerombolták az irakiak földi telepítésű radarkövető és ellenőrző pontjait, így a földi irányítás nélkül maradt néhány iraki MIG-29-es tevékenysége inkább a "részeg kacsaéra" hasonlított.

Mindezek ellenére a német szakértők hiszik, hogy a Fighting Fulcrums század sikeresen beilleszkezhethet a NATO légierőbe. Annak ellenére, hogy a MIG-29-es egyidőben csak egy célt képes követni és támadni, ezt a "nem csekély" munkát megfelelően elvégzi. A fejlesztők reménykednek abban, hogy négy-gépes csoportokban tevékenykedve - az ún. légizónás védelmi stratégiában - a repülőgépek képesek tartani magukat az amerikai típusú komputerizált célkövető rendszerekkel

szemben. A MIG-29-esek könnyen felszerelhetők Sidewinder rakétákkal, erős lézerirányítású csöves fegyverekkel és további nyugati kommunikációs berendezésekkel is amivel a '90-es évek jó védővadászgépeivé válhatnak.

Ezen tények ismeretében több német szakértő javasolja a MIG-29 vásárlását az előregedett F-4 Phantomok lecserélésére. Manfred Opel nyugalmazott tábornok, szociáldemokrata

képviselő a Bundestag tagja 200 db újabb MIG-29-es vásárlását szorgalmazza olyan felszerelésekkel kiegészítve, mint pl. a légi utántöltő berendezés.

"Az F-4 nagyon zajos, költséges, futunk az alkatrészek után, a hajtómű egyre több alkatrészét gyakorlatilag mi készítjük mondja. Vonjuk ki a rendszerből az F-4-eket, vegyünk MIG-29-eket és kapcsoljunk hozzájuk nyugati fegyverzetet!" Opel becslése szerint áruk darabonként kb. 25 mil-

Visegrádi mentőöv?

Rühe kiszállna a Jägerből

(Bonni tudósítóműtől)

Volker Rühe, a közelmúltban kinevezett német védelmi miniszter jól tájékozott bonni források szerint hajlik rá, hogy Németország kiszálljon a német-brit-olasz-spanyol kooperációban megvalósítandó új európai vadászpilóta, a Jäger 90 gyártási kooperációjából.

A végső szót két héten belül mondják ki, de így hírlak, hogy a bonni védelmi minisztériumban többségbe kerültek azok, akik szerint Németország jelenlegi pénzügyi nehézségei közepette nem engedheti meg magának a költséges és mind politikai, mind stratégiai szempontból ellentmondásos vállalkozás további finanszírozását. Az ellenek mellett a kormányérvelnek azzal, hogy a Jägerrel való lemondással a költségvetés jelentős, más területeken jobban hasznosítható összegeket takaríthatna meg.

Rühe abból indul ki, hogy a Bundeswehrnek az ezredforduló táján szüksége lesz új vadászpilóta rendszerbe állítására, s a beszerzésről már most dönteni kell, de viszonylag olcsó megoldást kell találni, s a

Jäger, amelynek darabja becslések szerint mintegy 150 millió márkába kerülne, nem ilyen. A „nem” kimondása előtt Bonnban konzultálni kell partnereivel, amelyek a hírek szerint a németek nélkül is folytatni kívánják a közös vállalkozást, s nem kizárt, hogy kárterítést követeljenek Németországtól. Az érintett német vállalatok szintén a folytatásban érdekeltek, s a Daimler-Benz konszern, amely a Messerschmidt Bolkow-Blohm cég révén érdekelt az ügyben, a kiszállás helyett csupán a német részvétel szűkítését látja elfogadhatónak. A kancellár pártjában is többen – így Schäuble parlamenti frakcióvezető – a Jäger folytatása mellett kardoskodnak, így Rühe nek ezen a fronton is kemény csatát kell vívnia, ha keresztül akarja vinni akaratát. A folytatás hívei egyebek mellett azzal is érvelnek, hogy a Jägerre Magyarország, Lengyelország és Csehország is szívesen lezár, az ő megrendeléseik megmenthetnék a programot. A kérdés csak az, miközben finanszírozza a három közép-európai ország a közös vadászpilótát?

Lederer Pál

NEPSZABADSÁG

1992. 05. 18.

lió USD, beleértve a tartalék alkatrészeket, technikai berendezéseket. Olcsóbbak, mint a közel hasonló amerikai vadászgé-

pek. Ez a 200 gépes légierő időt adna Németországnak elhatározni vajon folytatható-e a költséges EFA-program (közös nyugat-európai vadászgép fejlesztési terv - szerk.) vagy más megoldás után kell nézni repülőgépvásárlás tekintetében, ebben a hidegháború utáni "kiszámíthatatlan" világban.

Az ilyen véleménytől a hideg rázza a nyugati repülőgépipari cégeket, mivel napjaink hadigépeinek versenye a MIG-ek nélkül is elég képtelen. Helyt adva pilóta-véleménynek: - "Ez a gép a legjobb, melyet valaha is repültem - mondja Kraul, miközben gyengéden megütögeti a Fulcrum egyenetlen borítását. "Ez a gép a pilóta álmainak netovábbja!".

Bonni palfordulás az eurovadászgép ügyében

Németország a jelek szerint mégsem száll ki a német-brit-, spanyol-olasz vadászrepülő-gyártási programból. Volker Rühe német védelmi miniszter kifejtette, megkísérli a "rég" Jäger 90-re előirányzott pénzeszközöket úgy átcsoportosítani, hogy azokból egy, az új biztonságpolitikai helyzetnek megfelelő, kedvező árú vadászgépet lehessen kifejleszteni. Rühe váratlan véleménymódosításának hátterében egyértelműen a brit bírálatok állnak (Bonni tudósítónktól).

NÉPSZABADSÁG

1992. november 21.

Serbakov A. - Klumov A. - Gorlov A.

ÚT A SZUPER MANŐVEREZŐKÉPESSÉGHEZ

A fordítás az *Авиация и космонавтика* 1991/9. száma
12-13. oldalán megjelent cikk alapján készült

Fordító: Kiss Lajos mk.százados

A "Kobra" néven ismert műrepülő figurát először Vlagyimir Pugacsov ezredes, szovjet berepülő pilóta mutatta be SZU-27-es repülőgéppel, az 1989-es Le Bourget-i (Franciaország) légiszalom programjában. Ezt követően e hatásos és látványos repülési elemet - mely során a repülőgép úgy "támaszkodik a hátára", hogy közben mozgási iránya nem változik, vagyis közel vízszintesen repülve gyorsan visszatér kiinduló helyzetébe és energikusan növeli sebességét - más szovjet berepülőpilóták is elsajátították úgy SZU-27-es, mint MIG-29-es vadászrepülőgépeikkel.

Az új figura megjelenését a korszerű harci gépek eszköztárában nem csupán a nézőközönség szokatlan trükkökkel való elkápráztatásának igénye indokolta. A '70-es évek közepére elég széles körben elterjedtek az olyan szuper-manőverképességű repülőgépek létrehozását célzó elgondolások, amelyek képesek meghatározott időtartamra a kritikust meghaladó állásszögben is kormányzott repülést végrehajtani, felülmúlva ezzel légi harcban, az ilyen tulajdonságokkal nem rendelkező vadászrepülőgépek manőverlehetőségeit.

A fenti elgondolás megvalósítása - az egymással szemben harcoló repülőgépek közel azonos manőverezőképességének és fegyvertechnikai berendezésének figyelembevételével - a célzás és a fegyverhasználat során ad jelentős előnyt.

Az új műrepülő figura egyike lett az első lépéseknek a

szuper-mánőverezőképesség felé vezető úton. Ez tagadhatatlanul a vezető szakmai intézmények, tervezőirodák és a repülőipar sokéves munkájának eredményeként értékelhető.

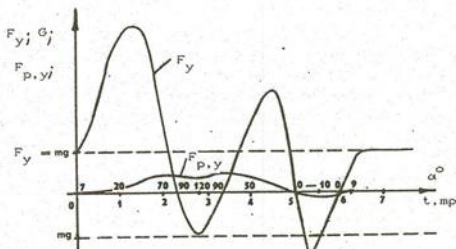
Mi is jellemzi a kritikus állásszöveget: lényegesen meghaladó repülési üzemmódot? A "kobra" típusú manőver során a vízszintesen repülő repülőgép hosszoldós szöge (ami jelen esetben megegyezik az állásszöggel) rövid időre (2-3 mp) $90-120^\circ$ -ig növekszik, majd ugyan ennyi idő alatt visszatér kiinduló helyzetébe. Erőthetően felvetődik a kérdés: miért nem esik át a gép, illetve miért nem görbül meg a repülési pályája függőleges síkban?

Nos, ennek több oka is van. Mindenek előtt a "kobra" csak szigorúan meghatározott repülési sebesség tartományban hajtható végre, melynek felső határértékét a maximális felhajtóerő-tényezőnél ébredő függőleges túlterheléshez tartozó, megengedett szilárdság nagysága határozza meg. A negyedik generációs vadászipülőgépeknél ez $500-550 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ -s sebességnek felel meg. Azonban 90° körüli állásszögön a szárny terhelése lényegesen különbözik a hagyományosan számítottaktól, így ilyen manőver csak $350-400 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ -s sebességnél hajtható végre.

Azonkívül kis sebességtartományban a szárnyakról történő áramlásleszakadás miatt a csűrőlapok okozta dőlési nyomatékok hatékonysága is kisebb. Ugyanakkor a repülőszerkezet nagy állásszögeken való fékezése a manőverből történő kilépés alsó sebességhatárát korlátozza, hiszen a kobra végrehajtása után a gépnek biztonságosan kell továbbrepülni, még akkor is, ha közben meghibásodik a hajtómű (a hajtómű gázdinamikai stabilitásának biztosítása az egyik főbb probléma megoldását jelenti).

Visszatérve a repülési pálya alakjára, az a repülőgépre ható erőktől, valamint a repülőgép pillanatnyi térbeli helyzetétől függ. E műrepülői figura megkezdésekor $\alpha = \alpha_{\text{krit}}$ -nál

a felhajtóerő (F_y) hirtelen megnövekszik, majd csökken és $\alpha = 90^\circ$ -hoz közelítve nulla lesz. Ettől nagyobb állásszögben, $\alpha = 120^\circ$ -ig a felhajtóerő ellenkező előjellel újra növekszik (1. ábra). Ezzel egyidőben a hajtómű tolóerő függőleges ($F_{p,y}$) sinuszos törvényszerűség alapján változik, $\alpha = 90^\circ$ -nál maximális értéket vesz fel. A folyamat fordítva játszódik le a kiindulási helyzetbe történő visszatéréskor.



1. ábra

A manőver bonyolultsága elsősorban abban rejlik, hogy függőleges síkban - a manőver végrehajtása során a felhajtóerő és a hajtómű tolóerő függőleges komponensének közepes értéke éppen a repülőgép súlyával kell egyenlő legyen, amittől a repülési pálya csak jelentéktelen mértékben görbül.

Nagyon fontos a figura vízszintes pályájának biztosításához, - ami egyben fokozza a látvány hatásosságát is - hogy

a kobra-ba való belépéskor az n_y növekedése minél kisebb legyen. A gyakorlatban a műrepülési figura dinamikáját, az optimális repülési sebességet annak minden tényezőjével, számítógép segítségével adják meg.

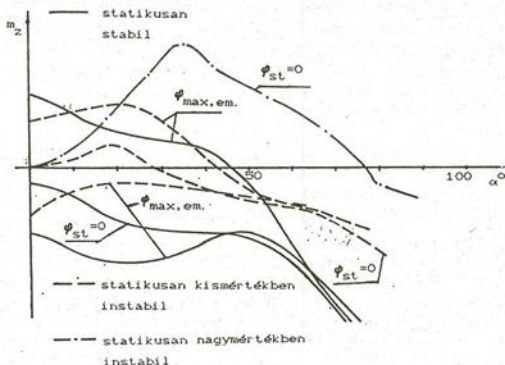
Természetesen, az adott manőver végrehajtásakor más feltételeket is figyelembe kell venni. Nem véletlenül volt szó arról, hogy a kobra az első lépés a szuper-manőverezőképességhez. Tudniillik ez még nem "vezérelt" repülés a kritikus állásszögek fölötti repüléseknél. Ráadásul az ilyen jellegű manőverek végrehajtása rendkívüli mértékben függ a repülőgép túlterhelés szerinti hosszirányú stabilitásától!

Ha megnézzük a negyedik generációs harci repülőgépek hosszirányú nyomatóéki tényezőjének (m_z) állásszöge szerinti változását semleges- és vég helyzetben lévő stabilizátor állásoknál (2. ábra), akkor a következőket állapíthatjuk meg:

- a repülőgép statikus stabilitásának biztosítása 35° - 40° -os állásszöget meghaladó értékeknél - a stabilizátor hatékonyságának csökkenése, valamint a jelentős orrnehéz nyomatóék megléte miatt - gyakorlatilag lehetetlen!
- az ilyen repülőgépek vízszintes repülésből a kritikuson túli állásszögre történő "kivitele" csak a dinamikus faroknehéz nyomatóék létrehozásával valósítható meg. Ebben a helyzetben a repülőgép viselkedése analóg az összenyomott rugóéval, ahol a kezdeti deformáció a vízszintes kormánylapok kitérésének, a rugómelegség a hosszstabilitás tartaléknak felel meg.

Elvében is egészen más helyzet figyelhető meg a statikusan instabil repülőgépeknél, bár a vezérlőrendszer automatikájának működése - a statikusan stabil gépekhez hasonlóan - állásszög és túlterhelés szerinti stabilitást biztosít.

valamint megakadályozza a kijutást kritikust meghaladó állásszögekre. Hasonló manőverek megkezdése előtt általában kikapcsolják a vezérlő automatika hosszdzölési csatornáját, hogy így lehetővé váljon kis sebességen a kritikushaladást, nagyobb állásszög elérése, már viszonylag enyhe vezérlési beavatkozás hatására is.



2. 4br a

A kritikusanál nagyobb állásszögről történő visszatérés azonban csak akkor valósulhat meg, ha a repülőgépre folyamatosan hat egy hosszirányú orrnehéz nyomatek - mely egyben elegendő a kezdődő forgás megszüntetésére s az üzemmódból való kilépésre -, miközben visszaáll az aerodinamikai kormányfelületek hatékonysága. Máskülönben kiegészítő kormány-szervek alkalmazására lenne szükség (gázáramú kormányok fékernyő ... stb.). A SZU-27-es és a MIG-29-es repülőgépeken a fenti probléma a sikeres aerodinamikai kialakítás és a racionálisan elhelyezett stabilizátorok következtében megoldható.

dott. Azonban a vizsgált manőverhez kapcsolódó problémák felsorolása ezzel még nem teljes, hiszen igen nehéz függőleges síkban a gép szimmetrikus helyzetét stabilizálni, illetve az átesést kiküszöbölni. Fontos megjegyezni, hogy a gép aerodinamikai viszonyai kritikus feletti állásszögeken instacionerré válnak. Ilyen esetben ugyanis a repülőgép körüláramlásából származó erőket és nyomatékokat nemcsak az állás-, illetve csúszási szög, valamint a forgó mozgás, hanem azok megváltozásainak sebessége és iránya is meghatározza. Ezenkívül az állásszögnövelést a teljes tartományban az örvényrendszer folyamatos felbomlása és átalakulása követi. Az adott hatás rendszerint véletlenszerű, jelentős aszimmetrikus erők és nyomatékok keletkeznek, amelyek a repülőgép oldalirányú kiegyensúlyozottságát megbontják. Mindezek még kiegészülnek a legyező mozgás, a hajtómű csúcsüzem módja és a nagy szögsebességű hosszoldós-növekedés következtében fellépő giroszkópikus nyomatékkal. Ennek nagysága - $\alpha \geq 40^\circ$ -nál meghaladhatja azt az értéket, amelyet az oldalkormány még hatékonyan kompenzálhat. Ezzel egyidejűleg a többi aerodinamika kormány szerv hatásossága is leromlik, mivel körüláramlásuk a rendkívül intenzív fékezés következtében elveszti kinetikai energiáját nagy részét és turbulenssé válik.

A konkrét repülőgépre előzőekben említett, aszimmetrikus nyomatékokat tehát csak időben végrehajtott, megelőző kormánylap kitérítéssel és a hajtóművek tolderejének változtatásával lehet kiegyenlíteni. A "kobra" végrehajtásánál az igazi nehézséget mégis az okozza, hogy a gépet szigorúan függőleges síkban voltaképpen csak az aerodinamikai kormányzervekkel lehet megtartani, mivel nagy állásszögeken nem tanácsos a hajtómű üzemmódját megváltoztatni. Mindezek a repülőgépvezetőtől a külső zavarásokra pontos és gyors válaszreakciót, a belső kormányzervek időbeni - a gép sajátosságainak megfelelő mértékű - kitérítését követelik.

Ami az átesést illeti, sem a MIG-29-es, sem a SZU-27-es

nem mentes ettől a hiányosságtól. Amennyiben az állásszög a megengedett érték felé nő, a csúszási szög is növekedni kezd, a gép átesik és végsősoron "dugóhúzóba" eshet. Azonban a repülőgép tehetetlensége, a manőver végrehajtási idejének rövidsége és a repülőgépvezető megelőző tevékenysége nem engedi meg az ilyen jellegű kritikus üzemmód létrejöttét.

A "kobra" végrehajtásának sikere tehát attól is függ, hogy a manőver milyen gyorsan játszódik le, azaz nem szabad időt adni a legyező és dőlési nyomatoknak, hogy olyan csúszást és dőlést okozzanak, amelyet a leromlott hatékonyságú csőrök és oldalkormány már nem képes kiegyensúlyozni.

Nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy a "kobra" öntevékeny elsajátítása, megalapozó speciális felkészítés nélkül úgy a pilótára, mint magára a repülőgépre egyaránt veszélyes. Ennek a manővernek csapatoknál történő gyakorlati alkalmazása csak előzetes, felügyelet mellett történő képzésszintű begyakorlást követően lehetséges.

Felvetődik a kérdés, van-e valamilyen gyakorlati értéke ennek a műrepülő figurának? Azok a sajtókban javasolt feltételezések, miszerint a hátulról megtámadott repülőgép hirtelen "kobra" figurát felvéve maga elé engedheti támadóját és használhatja a saját fegyverét ellene - némileg komolytalannak tűnnek. Kevésbé valószínű, hogy a $v = 400 \frac{\text{km}}{\text{ó}}$ -val haladó megtámadott repülőgép kobra segítségével csökkentse számottevő mértékben a sebességet, lényegesen megnövelve ezzel a saját célfelületét és elvesztve sebességtartalékát, korlátozza további manőver-lehetőségeit. Ezenkívül, az a támadó légi jármű, amelyik célját megelőzi várhatóan nem repül tovább egyenes vonalú pályán, hanem azonnal kitér oldalra és felfelé.

Mindezek ellenére sem vethető el teljesen a kobra gyakorlati alkalmazhatósága. Itt az utolsó szót az új típusú

légiharc taktikáját kidolgozó katonai repülőgépvezetőknek kell kimondani.

Feltételezhetjük például a következőket: Az elfogó vadászgép űrjáratozást hajt végre és információt kapva vagy saját maga vizuálisan, felé közeledő ellenséges célt, például "lopakodó" gépet derít fel a sajátjánál nagyobb repülési magasságban. Az elfogó és a cél kölcsönös pozíciója miatt a fegyverzet alkalmazásához energikusan növelni kell az állásszöveget, ami viszont csak "kobra" végrehajtásával valósítható meg. Persze nem hagyható az sem figyelmen kívül, hogy napjaink korszerű vadászgépén a manőver kezdetét és a tőzmegegyeztetést számítógép határozza meg.

MIG-29-es HAJTÓMŰVEK A DÉL-AFRIKAI MIRAGE
HARCIGÉPEKHEZ

A fordítás a Flight Internationale 1992.01.29.-02.04.
száma 4-5. oldalán megjelent cikk alapján készült.

Fordító: Kiss Lajos mk. százados

A dél-afrikai légierő (továbbiakban SAAF) megvizsgálta a 30 db Dassault Mirage F-1 AZ és a 13 db Mirage F-1 CZ francia beszerzésű vadászpilóta repülőgép hajtóművei cseréjének lehetőségét olyan orosz Klimov RD-33-asokra, amilyenek a Mikojan MIG-29-es vadászgépekben használatosak.

1991. április 25-én a SAAF hajón Moszkvába szállított egy Mirage sárkányt, illetve a kettős próba céljából a szovjet exportőr hasonlóan, egy pár RD-33-as hajtóművet vitt Dél-Afrikába.

A kivitelezés legtöbb illesztési munkáját, a földi guruló próbákat Moszkvában, a Mikojan és Klimov Tervező Iroda bevonásával hajtották végre, majd részletes javaslatot küldtek vissza a SAAF -nak az ún. "egyesített" készenléti repülőgépre.

A hajtóművek eladását - mely az első "jegyzett" moszkvai haditechnikai export lenne egy igényes nyugati országba - az ENSZ Dél-Afrikára kiadott fegyver-embargója korlátozhatja. Amennyiben ily módon sikerül helyettesíteni a Snecma Atar 9K-50-et, a Mirage F-1 repülőgép hajtóművét, az RD-33 is újabb alkalmazásra találhatna a SAAF Atlas Cheetak-ban, mely szintén Atar-ral van felszerelve. Az orosz hajtómű 10 %-kal nagyobb töltőerejű az F-1 sárkányában, mint a francia elődje.

A SAAF a Mirage F-1 AZ-t támadó -, az F-1 CZ-t elfogó vadászként használja. A Cheetok-ot és a deltaszárny kialakítású Mirage III-at az utóbbiakhoz hasonló feladattal állította rendszerbe.

A hajtóműcsere javaslatát követően a SAAF törölte a Buccaneer S 50 és a Canberra, mint csapásmérő repülőgép felváltásának tervét, egy erősebb, nagyobb hatótávolságú, kétüléses támadó repülőgépre. (Hasonlóan a MIRAGE F-1-hez!). Ez az elképzelés azért is fulladt kudarcba, mert a dél-afrikai kormány drasztikusan megnyirbálta a teljes védelmi kiadás költségét, Namibia függetlenné válását és az Angolai konfrontáció megszűnését követően.

Az elképzelés azt követően merült fel, hogy megvizsgálták a Mirage F-1-es, MIG-29-essel történő felváltásának lehetőségét (Flight Internationale, 1991. február 13-19-i száma!) és ekközben szóba került a Mirage hajtóművek cseréjének ötlete RD-33-asra. A franciák egyébként a saját Snecma M-88-asukat, amely a Rafael vadászgép hajtóműve, nem javasolták cserére.

Az RD-33 4,13 méter hosszú és 1,02 méter átmérőjű. Száraz tömege 1.217 kg, szemben a Snecma 1.582 kg-jával. Utánégetéssel az RD-33-as maximális tolóereje 81,4 kN, maximál üzemmódon 50 kN, a 9K-50-esé teljes utánégetéssel 70,6 kN.

