

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 lehetőségét.

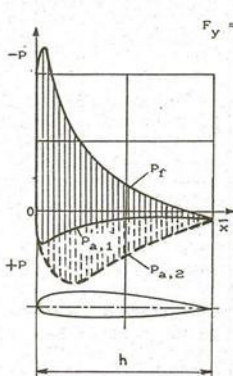
*A nemzetközi szaknyelvben leginkább használatos ekranoplan elnevezés a francia écran (ernyő, vetítővászon) szóból származik és a légi jármű azon repülési sajátosságára utal, hogy valamely sík, vízfelület (víz, földfelszín) közelében képes gazdaságosan haladni. Angol nyelvterületen e fogalmat jelöli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

1. AZ EKRANOPLANOK AERO- ES HIDRODINAMIKAI SAJÁTÓSÁGAINAK, STABILITÁSI TULAJDONSÁGAINAK, VALAMINT SZERKEZETI KIALAKÍTÁSÁNAK KÖLCSÖNHATÁSA.

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

## hasznosítva repülő speciális légi járművek

A párnahatás jelensége, illetve a repülés egyes fázisai-  
ban (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 közvetle-  
nül a (föld-, víz-)felszín felett haladva a repülőgép szár-  
nyán keletkező felhajtóerő



megnő, a légellenállás ( $F_x$ ) pedig  
lecsökken. A felhajtóerő növeke-  
dését az okozza, hogy a felszín  
közvetlen közelében, amikor a re-  
pülési 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 ( $p_{a,1}$ ) re-  
pülve. Így az alsó és felső  
szárnyfelület nyomáskülönbsége  
(azaz a felhajtóerő!) is növekszik (1. ábra):

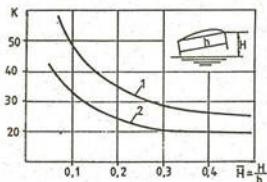
$$p_{a,2} - p_f > p_{a,1} - p_f$$

1. ábra

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

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

felt elhagyó áramlás lefelé való elfordulását, ezáltal a homlokellenállás ( $F_{x,0}$ ) 50-60 %-át kitevő induktív ellenállás ( $F_{x,i}$ ) sem jön létre.



2. ábra

módon 15-17 körül van). A  $K$  nagyságát - adott hűrhosszúságú ( $h$ ) szárny esetében - alapvetően a repülési magasság ( $H$ ) határozza meg (2. ábra), vagyis minél közelebb halad az ekranoplan a felszínhez, annál nagyobb lesz a jósági 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  $\bar{H} = 0,1-0,2$ !) dgy 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-

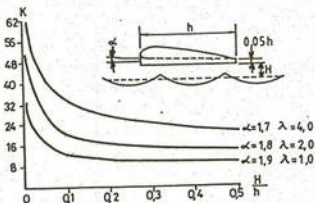
- nagy hűrhosszúságú (és ebből adódóan a löbbi geometriai mérete is nagy!);

- a törzs alsó részéhez van rögzítve;

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

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

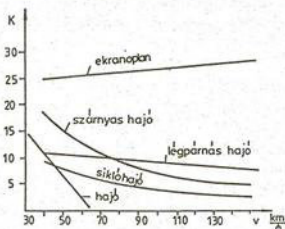
A szárny karcsúságának  $\lambda = \frac{l^2}{A}$  növelése is növeli a jósági számot (K). (Itt  $l$ -feszítávolság, A-szárnyfelület). E sajátosság azonban az ekranoplanoknál alig hasznosítható, mivel a közvetlenül vízfelszín felett haladó légi jármű szárnyvégei már viszonylag kismérvű bedöntés (bedőlés) esetén is a vízbe verődhetnek. Ebből adódóan feszítávolságuk 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 jóságuk (4. ábra).

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



4. 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

ellenállás. A vízfelszínről történő elemelkedés megkönnyíté-  
sére:

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



5. ábra

- 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);

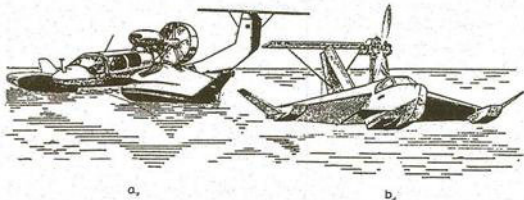
- a törzs alatt külön hajtóművel létesített légpárnát  
(9. ábra)

szükséges alkalmazni.

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

Az ekranoplanok stabilitási jellemzői több tekintetben hasonlóak a hagyományos repülőgéphez. A hossz tengelyük ( $x$ ) 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 hasonló mértékben csökken a felhajtóerő. Lényegesen bonyolultabb 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 állandó értékű,  $\bar{x}_{AC}$  helyzetét - a hagyományos repülőgépekétől eltérően, ahol ezt csak a szárny állásszöge befolyásolja - az ekranoplánoknál az állásszög ( $\alpha$ ) és a repülési magasság (Hh tartományban) együttesen határozza meg. Ebből adódóan az ekranoplan szárnyán az AC-tengelyt úgy kell elhelyezni, hogy légerőváltozások hatására a gép stabilitását megőrizze. A vonatkozó kutatások bebizonyították, hogy e követelményeknek a sárkány fő funkcionális elemeinek (szárny, winglet, törzs, vezérsíkok, uszók) célszerű kiválasztásával, illetve összeállításával lehet megfelelni. Az így kialakított szárny úgy működik mintha két AC-tengely lenne rajta: egyik súlyponthoz közelebb ( $\bar{x}_{AC,H}$ ), az itt ható légerő a magasság szerint stabilizál, 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 stabilizálá-



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 ekranoplán (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 ekranoplánt többségében légcsaváros 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 üzemmódváltás (gázadás vagy levétel) megbontja a kereszt-tengely (z) körüli nyomatéki egyensúlyt, ami csak a külső kormánysszervek kitérítésével kompenzálható.

## 2. AZ EKRAÑOPLANOK GAZDASÁGOS ES HATEKONY ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Az ekranoplanok polgári és katonai területen egyaránt jól hasznosíthatók, mindenképp 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:

- hagyományos repülőgépipítésű megoldás, amelynél a hajtóművek a törzs első részére kerülnek (8.a. ábra). Ezek a szöggel történő elfordításával felszálláskor légpárna hozható létre;

- "szárnytörzsű" ún. "span loader" kialakítás (7. és 8.b. ábrák), amelynél az egyszerűbb építés érdekében a törzs funkcióit, - 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 ( $\Delta$ , %) az összehasonlítás százalékos eltérései találhatóak (a hagyományos sárkány kialakítású ekranoplan adatait 100 %-nak véve).

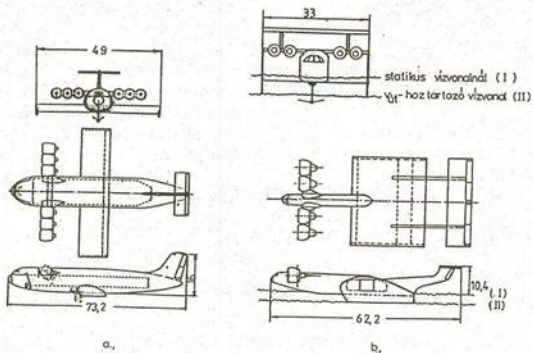
1. táblázat

N <sup>o</sup>	Vizsgált jellemző	Sárkány kialakítás		$\Delta$ %
		spanloader	hagyományos	
1.	Hasznos terhelés (t)	200		
2.	Hatótávolság (km)	7410		
3.	<sup>M</sup> 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.	$\frac{G_{rg}}{\Sigma F_p}$	0,2808	0,2526	+11
8.	$\frac{F_{p,utazó}}{F_{p,max}}$	0,65	0,57	+14
9.	Üres rg.tömege (t)	162	149,6	+ 9
10.	Szüks.tüza.tömege (t)	256	193	+33
11.	Max.felsz. tömeg (t)	618	543	+14
12.	<sup>m</sup> hasznos / <sup>m</sup> max.felsz.	0,324	0,369	+12
13.	Teherszállítási hatékonyság t·km/kg (tüa)	6,85	9,10	-25

A felsorolt jellemzők (mindenekelőtt a N<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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 hossztengetyre vett tehetetlenségi nyomaték

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

megengedett maximuma miatt is korlátozni kell a fesztávolságot.

Repülőgép kialakítású sárkánnyal rendelkező ekranoplán (9. ábra), valamint korszerű szállítóhajó és szállító-repülőgép (B 747-200 F) gazdaságossági mutatóinak összevetéséből további következtetés vonható le a hatékony alkalmazásra. Az összehasonlítást az ekranoplánok 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 teher meg. (Ekranoplanként  $H=6-9$  m-en,  $K=25$ ,  $v=231$  km/ó, a hatósugár  $R=6382$  km /!).

2. táblázat

N <sup>o</sup>	Vizsgált jellemző	Repülőgép	Ekranoplán		Hajó (Manhattan USA)
		B 747-200 F	Kerozin Jet A	Folyékony $H_2$	
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.	Jóság szám, K	18	30	30	-
6.	Teherszáll. hatékonys. t·km/kg(tüa)	7,57	29,7	62,1	411

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

zat N<sup>o</sup> 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 FEJLESZTÉSÉNEK 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" légi jármű 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 űrjárató, szállító ekranoplanok létrehozása is. Ilyeneket állított hadrendbe 1977-ben, X-114 jelöléssel a Bundeswehr (6. a. ábra). A hat személy szállítására alkalmas légi járművek a szárazföld felett 800 m-es magasságig emelkedhetnek. A gép főbb adatai a 3. táblázatban találhatók.

3. táblázat

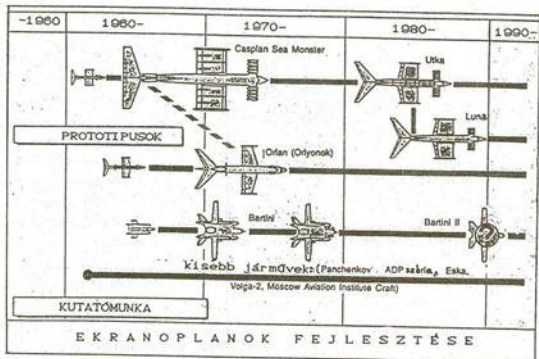
X-114	
<b>GEOMETRIAI ADATOK:</b>	
- fesztávolság	7,00 m
- hossz	12,80 m
- magasság	2,90 m
- hordfelület	29,10 m <sup>2</sup>
<b>TÖMEG-ADATOK:</b>	
- üres tömeg	890 kg
- felszálló tömeg	1350-1500 kg
<b>HAJTÓMŰ-ADATOK:</b>	
- típus: Lycoming 10-360	
- teljesítmény:	147 kW
<b>REPÜLESI ADATOK:</b>	
- max. 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-

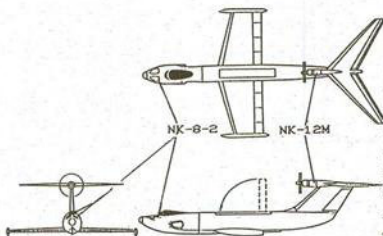


10. ábra

tendő kiemelkedést és a gyorsítást két, a gép orr-részében elhelyezett (TU-154 és IL-62M repülőgépeken használatos) NK-8-2 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 55-20-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

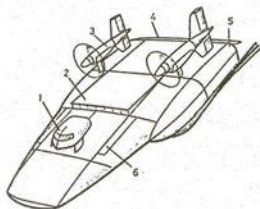
bevonásával. Tervek szerint a Lockheed és a General Dynamics szerkezeti elemeket, a Pratt and Whitney, valamint a General Electric hajtóműveket szállítana.



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, légszaváros

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



12. ábra

sösségét. 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 zsalus szívótorokkal (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 ekranoplánok 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 ekranoplánok széleskörű elterjedésére, már az elkövetkező évek megadják a feleletet.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Ando Shigenori: Kritikai körkép a szállító ekranoplánok korszerű fejlesztési koncepcióiról.  
JOURNAL JAPAN SOC. AERONAUT. AND SPACE SCI. 1990. N<sup>o</sup> 99. p. 28-40.  
(Japán cikk angolról oroszra történt fordítása alapján).
2. Ando Shigenori: Az ekranoplánok repülési távolságának számítása.  
JOURNAL JAPAN SOC. AERONAUT. AND SPACE SCI. 1990. N<sup>o</sup> 440. p. 50-54.  
(Japán cikk angolról oroszra történt fordítása alapján).
3. Belavin N.I.: Letajusie korabli  
IZDATELSZTVO DOSZAF, Moszkva 1983.
4. Dressel, Joachim - Griehl, 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<sup>o</sup>5 p.475-477.  
(Japán cikk Angolból oroszra történt fordítása  
alapján).
  
7. Elliot, Simon: UTVA lanches WIG Ekranoplan  
FLIGHT INTERNATIONAL 1990. N<sup>o</sup> 4238. p.17.
  
8. Gaines, Mike: USA joins Russia on Wingship  
FLIGHT INTERNATIONAL 1992. március 11-17. p.5.
  
9. Lange Roy H.: Review of unconventional aircraft design  
concepts  
JOURNAL AIRCRAFT 1988. N<sup>o</sup>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.