

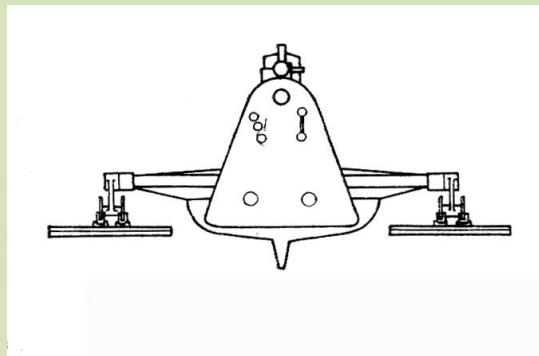
A) A SZÁRNYAS HAJÓK RÖVID TÖRTÉNETE

1. Kialakulásuk

A szárnyas hajók nem csak működési elvükben, hanem kialakulásuk történetében is hasonlítanak a repülőgépekhez. A repülés problémájának megoldását a kísérletek évszázadokra visszanyúló –főleg sikertelenséggel kísért- hosszú sora előzte meg, és ez a sor akkor is hozzájárult a végső kialakuláshoz, ha a kísérletező korának meg nem értése folytán munkájával együtt a feledés homályába merült vagy csak egyszerűen korának tudományos és technikai fejlettsége maradt el egy nagy gondolat mögött.

A szárnyas hajó megjelenése a repülőgép megvalósulásával egyidős, de hosszú időn át „lappangó” stádiumban volt. A kutatók ez alatt az idő alatt alapozták meg elméletileg ezt az újszerű közlekedési eszközt, amelyre a kor még nem támasztott igényt és a technika fejlettsége sem biztosított lehetőségeket. Az évtizedek folyamán tömegesen jelentek meg fantáziadús szabadalmak és elképzelések, amelyek végcélját a feltaláló annál magasabban tűzte ki, minél messzebb volt az ötlet a kivitelezhetőségtől.

Az első szárnyas hajóról szóló szabadalmat –az irodalom szerint- a francia születésű orosz állampolgár *de Lambert* nyújtotta be Franciaországban. 1891-ben állítólag be is mutatta a Szajján víz alatti szárnyakkal felszerelt gőzhajóját. Bár a bemutató alkalmával a hajótest nem emelkedett ki a vízből, korabeli sajtótudósítások szerint figyelemreméltó sebességet ért el. A konstrukció gyenge pontja volt a kellő mértékű stabilitás hiánya is. A sikertelenség azonban nem vette el a kísérletező kedvét, és a tudósítások 1897-ben már újabb hajójáról számolnak be. Ekkor, hogy előző hajójának stabilitási hiányosságán javítson, kéttestű hajót, katamaránt készített, és ezt négy keresztirányú szárnyal szerelte fel. Hogy a szárnyakon az előző hajóhoz viszonyítva mit változtatott, nem határozható meg teljes bizonyossággal, azonban a **9. ábra** szerint nem is emelkedhetett ki teljesen a vízfelszín fölé, mert bár a szárnyak metszete ezt lehetővé tette volna, a testhez viszonyított helyzetük miatt valószínűleg csak siklófelületként működtek a maximális sebesség elérésekor.



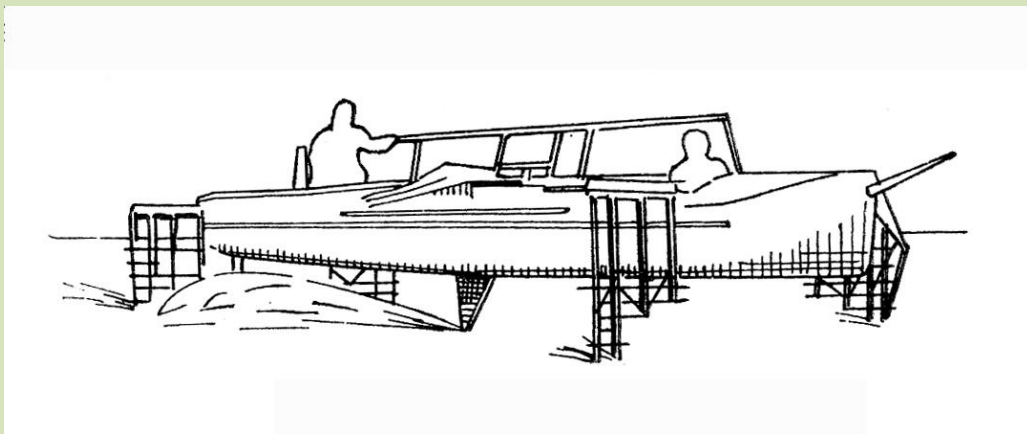
9. ábra.

De Lambert hajójának vázlata

Az első vízi járművet, amely a mai értelemben vett szárnyas hajók tulajdonságaival rendelkezett és egész hajótestével a víz színe fölé emelkedve elsőként szakadt el évezredes elemétől, az 1895-1905 években *Enrico Forlanini* hozta létre.

Forlanini rendkívül széles érdeklődési körű olasz mérnök volt, de érdeklődése elsősorban a repülés, illetve a dinamikus felhajtóerőn alapuló közlekedési eszközök felé fordult. 1885-ben gumimotoros repülőgépmoddelt épített, amely tudósítások szerint 600 láb (kb. 180 m) magasságot ért el, vagyis abban az időben rendkívüli teljesítményt. Érdeklődött a helikopterek iránt is és 1877-ben két emelőcsavarral ellátott, működő modellt készített. A repülés iránt tanúsított érdeklődését később anyagi érdekeltsége is fokozta, ugyanis az első világháborút megelőző években merev testű katonai léghajók tervezésével és építésével bízták meg.

A szárnyas hajók felé az 1898-as évben fordult figyelme. Eredetileg tulajdonképpen vízi repülőgépet akart készíteni, és ennek felszállását akarta a víz alatti szárnyakkal megkönnyíteni, de több olyan modellt is készített, amely a véglegesen kivitelezett hajó jellegzetességeit már magán viselte.



10. ábra.
***Forlanini* hajója**

Az 1905-ban elkészült hajó (**10. ábra**) négy szárnyrendszerrel volt ellátva: kettő-kettő a hajótest orrának és farának két oldalán. A szárnyrendszerek a fedélzetről oldalt kinyúló tartókra erősített létraszerű készítmények voltak, fokaik alkották a szárnyfelületeket. A szárnyprofil-keresztmetszetű „létrafokok” felülete lefelé egyre csökkent. A hajó sebességének növekedésével egyre magasabbra emelkedett ki a vízből, és egyre kevesebb „létrafok” maradt a felszín alatt. A maximális sebesség elérésekor már csak a legalsó és legkisebb felületű szárnyacska hordta a hajó súlyát. A sebesség fokozását az ez tette lehetővé, hogy egy-egy szárny kiemelkedésekor a hajó összellenállása ugrásszerűen csökkent, azonban éppen ez a tulajdonság tette a hajó járását igen kellemetlenné. Mivel a szárnyak mind vízszintesek voltak, hirtelen, szárnyról-szárnyra „ugrálva” emelkedett ki, amit a sebesség változása hasonlóan, ugrásszerűen követett. ennek ellenére az 1,65 tonnás hajóval 1906-ban a Lago Maggioreon mindössze 75 LE motorteljesítménnyel 38 csomó azaz kerekén 70 km/h sebességet ért el. Bár Forlanini elképzelése szerint hajójának 200 km/h-t is el kellett volna érnie, ez a –lényegesen a kitűzött cél alatti- sebesség is igen nagy eredmény volt, figyelembe véve a kor lehetőségeit.

Forlanini szárnyrendszerének roppant előnye, hogy mivel nagy sebességnél egyre kisebb víz alatti felületre van szükség ahhoz, hogy a keletkező felhajtóerő a hajó súlyát hordozza, a létraszárny fokai, azaz minden szárnyacska optimális felhajtóerőtényezővel dolgozhat anélkül, hogy ez a legkisebb kiemelkedési sebesség növeléséhez vezetne. A csúcsebesség elérésekor még a víz színe alatt levő szárnyak felületét mintegy $0,25 \text{ m}^2$ -re tehetjük, ami –a mai szárnyas hajóknál szokatlanul nagy- $c_y = 0,35$ felhajtóerőtényezőt jelent. A szabadalmi leírások a szárnyak szelvényeit is bemutatják. Ezek alapján határozottan állítható, hogy a szárnyak már az elért sebességnél is kavitáltak és a kitűzött célt: 200 km/h sebességet semmiképpen sem érhatték volna el. Ez a sebesség a mai, csaknem hatvan évvel későbbi szárnyas hajók számára is magas.

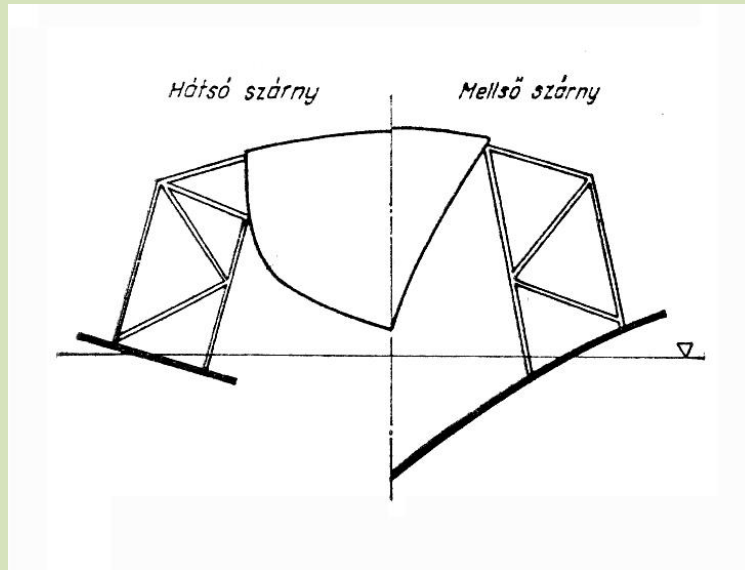
Forlanini nagy érdeme, hogy megalkotta az első olyan szárnyas hajót, amelynek hajóteste valóban teljesen a vízfelszín fölé emelkedett. Ezenkívül leírásaiban, szabadalmaiban és kísérletei közben számos olyan elvet alkalmazott, illetve ismertetett, amelyet napjainkban sikerrel alkalmaznak. Ilyen pl. az úszó helyzetben a vízből kiemelhető és a hajótest fölé felhajtható szárnyfelület.

A hajó keresztirányú stabilitását Forlanini megoldotta, ugyanis a hossz tengely körüli dőléskor a dőlés oldalán több „létrafok” merült a vízbe, ezzel szemben a másik oldalon kiemelkedtek a vízből. A bemerülő oldal megnövekedő, illetve a kiemelkedő oldal csökkenő felhajtóereje visszatérítő nyomatékot hozott létre.

A vízfelszínhez közeledő szárnyfelületek fölött uralkodó viszonylagos nyomáscsökkenés miatt az áramlás időről-időre leszakadt a felületekről és levegőleszívódások léptek fel, ami a felhajtóerőt hirtelen csökkentette. Ugyanilyen következménnyel járt a kavitáció kifejlődése is, emiatt Forlanini hajója valószínűleg roppant egyenetlenül haladt. A víztükrőhöz közeledő szárnyak felhajtóereje újra és újra ugrásszerűen csökkent, ezért a hajó időről-időre visszamerült a vízbe a következő szárnyfelületig. Valószínűleg ezen a kellemetlenségen akart segíteni *P.C. Hewitt*, akinek 1906-ból származó szabadalmi leírásában a kisebb-nagyobb szárnyfelületek szövevényes rendszerét látjuk. Elgondolása valószínűleg sohasem valósult meg. A létraszárnyú hajóknak ezt a problémáját csak jóval később Bell és Baldwin oldotta meg. A megoldás azonban, egy egészen más rendszerű hajó formájában –amely a mai szárnyashajók egyik főtípusának az őse- mátt ott kísért ebbe a korban.

A Forlanini-féle hajó kereszt-stabilitását a hajótest két oldalán elhelyezett szárnyak biztosították. Ez a fedélzet szélén messze túlnyúló szerkezet azonban túlságosan megszélesítette a hajót. *A. Crocco* és *Ricaldoni* 1906-ban megjelent hajóján csak egyetlen, előlnézetben V alakban megtört szárnyfelületet látunk a hajó orra, és egy hasonlót a fara alatt. Kiemelkedett állapotban a szárnyak végei kissé a vízfelszín fölé emelkedtek (**11. ábra**). A kiemelkedés folyamata ennél a hajónál egyenletes és sima volt, elmaradt a levegő leszívás okozta bukácsolás is. Bár a V-alakban megtört szárnyak tűrhető stabilitási viszonyokat biztosítottak, a sebesség erős fokozásakor a hajó mégis oldalára dőlt. Ennek az volt az oka, hogy a kiemelkedés folyamán mind kisebb és kisebb felület maradt a víz alatt, míg végül egy

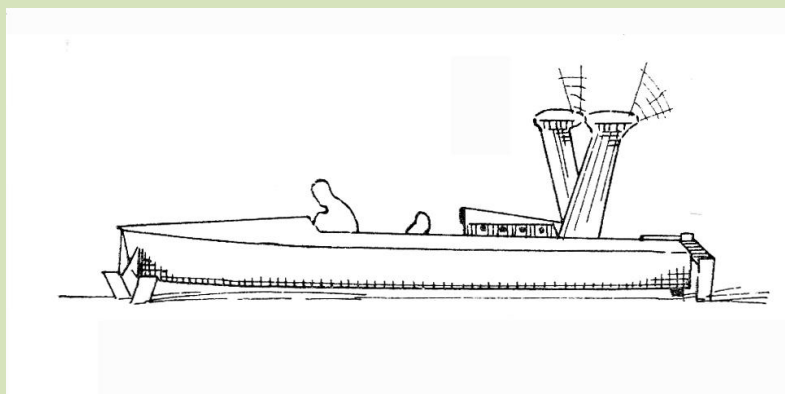
nagyobb sebességnél a vízben marad felület már keskenynek bizonyult elegendő nagyságú helyrebillentő nyomatéki kar biztosítására.



11. ábra.
Crocco szabadalma

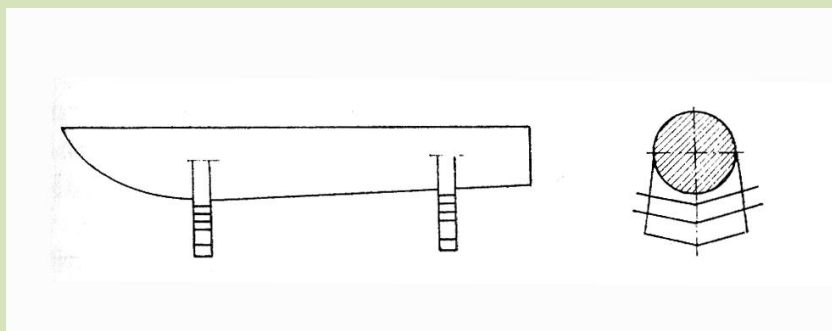
Crocco és Ricaldoni igen erős hatást gyakorolt a későbbi kísérletekre. A V-alakban megtört szárnyat a későbbiek folyamán többen is tovább fejlesztették és ma ez az egyik legjelentősebb szárny-kialakítás.

A másfél tonnás vízkiszorítású hajóval 80 LE teljesítménnyel 70 km/h sebességet értek el a Bracciano tavon (**12. ábra**). Igen érdekes és jól követhető az a szoros kapcsolat, amely a szárnyas hajó és a repülőgépek fejlődését kezdetben kísérte (és amely bizonyos mértékben még ma is fellelhető). Crocco hajóját két légcsavarral hajtotta, azzal a mellékcéllal, hogy építendő léghajója számára is kipróbálja őket. Jellemző még erre a kapcsolatra, hogy a levegőnél nehezebb szerkezetekkel való repülés megvalósítói, *Orville és Wilbur Wright* Amerikában katamarán hajótestre szárnyakat építettek. Sajnos, ez irányú munkásságukról többet nem tudunk.



12. ábra.
Crocco és Ricaldoni hajója 1906-ból

A fejlődés következő lépése ismét a repüléshez kapcsolódik. Az olasz Guidoni átvette Forlanini ötletét, és a le- és felszállás megkönnyítésére, valamint a kedvezőbb hullámellenállás elérésére vízi repülőgépeinek úszótestei közé létraszerű szárnyrácsot helyezett el. Próbálkozása kezdetben sikertelen volt, mert a szárnyak erősen növelték a repülőgép ellenállását, és nem tudta elérni a kiemelkedéshez szükséges sebességet. Ekkor Guidoni csökkentette a szárnyak méreteit és a kisebb szárnyrácsokat az úszótetek alá erősítette. Ez az elrendezés végre sikerrel járt, bár a felszállást igen kellemetlen jelenségként kísérte a Forlanini óta ismert lökésszerű átmenet egyik szárnyról a másikra. Guidoni később ezen is segített és a szárnyfelületeket enyhén V-alakban helyezte el. Függgőleges osztásuk olyan volt, hogy az egyik „lépcsőfok” alsó vége éppen akkor hagyta el a víz színét, amikor a következő szárny felső vége áttörte a felszínt (**13. ábra**)

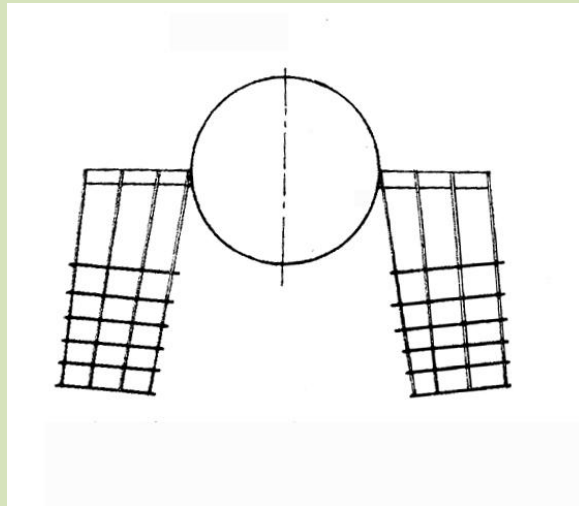


13. ábra.

Guidoni-féle szárnyakkal felszerelt repülőgép úszóteste

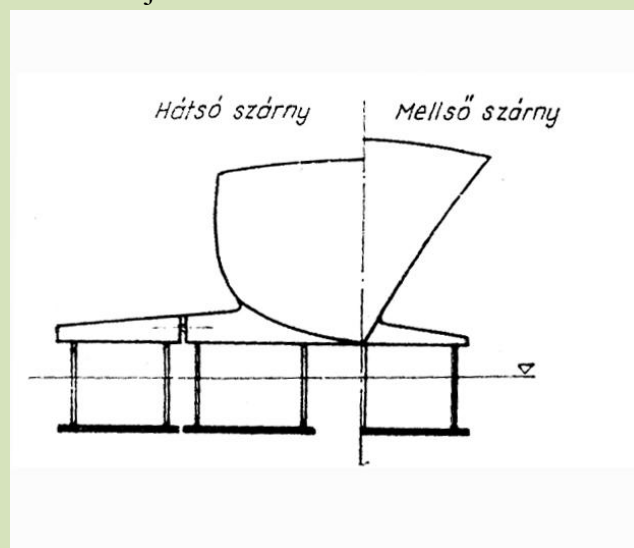
A kiemelkedés problémáját hasonlóan oldotta meg repülőgépeknél *Richardson* és *Curtiss* is, és az 1911-et (ekkor sikerült Guidoninak először felszállnia víz alatti szárnyak segítségével) követő másfél évtizedben sikerrel alkalmazták ezt a módszert mindaddig, amíg a felszállási sebesség 90-100 km/h föké nem emelkedett. Ennél nagyobb sebességnél már nagy gondot okozott a legalsó szárnyfok szelvényének kiválasztása, mivel erős kavitáció jelentkezett. A kavitáció következtében megnőtt szárnyellenállás már meghaladta a szokásos síklőfelületek ellenállását: ezzel repülőgépeknél a víz alatti szárny feleslegessé váltak.

Figyelemreméltóak voltak a telefon úttörőjének, *Alexander Graham Bellnek* a kísérletei, aki *Casey Baldwin* társaságában módosított Forlanini-rendszerű hajót épített. A módosítás abból állt, hogy a hajótest két oldalán létraszerűen elhelyezett és lefelé csökkenő felületű szárnyak a vízfelszínen nem voltak párhuzamosak, hanem külső végük magasabban volt a belsónél (**14. ábra**). Ezzel az öt tonna vízkiszorítású hajóval az 1919-es évben közel 120 km/h sebességet értek el. (A két légcsavart két darab 350 LE teljesítményű repülőgépmotor forgatta.) A próbafutások alatt menet közben olyan periodikusan ismétlődő lökéseket észleltek, mint a hézagos sínpályán futó vasúti kocsiban. Ebből arra lehet következtetni, hogy a szárnyak ferdesége még mindig nem volt kielégítő, és a hajó Forlaniniéhoz hasonlóan lengésbe jött. Bár a levegőleszívás a kavitáció keletkezését kizárja, ez az állapot a síklószám erős leromlását is eredményezte, legalábbis erre vall a 140 LE/tonna nagyságrendű fajlagos teljesítményszükséglet.



14. ábra.
***Bell-Baldwin* féle hajó szárnyai**

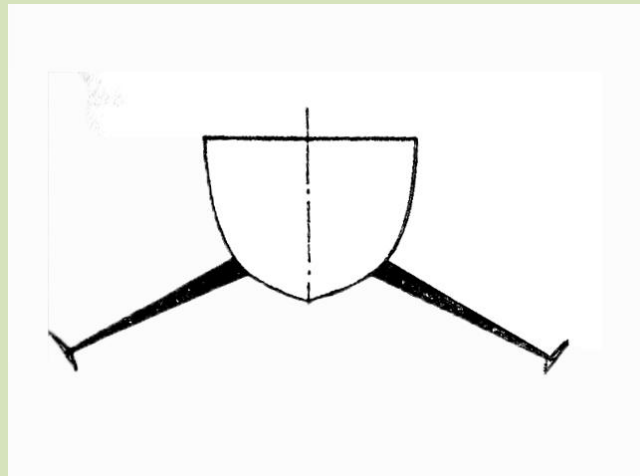
Crocco 1916-ban benyújtott szabadalmi leírásában a vízfelszínt ferdén áttörő V-alakú szárnyakat látjuk viszont. *Schertel*, aki ezt majd továbbfejleszti és a mai szárnyashajó építés egyik főalakja lesz, akkor (1927-ben) még olyan vízszintes szárnyal kísérletezik (és szabadalmaztat), amely mélyen a vízfelszín alatt halad. A **15. ábra** bal oldalán a hajó hátsó része alatt alkalmazott szárnyat látjuk. Állásszögük menet közben változtatható volt, és a felületek a test két oldalán két-két egymástól független részből álltak. A sebesség növekedésével a szárnypárok állásszögét mindig úgy változtatták, hogy a felhajtóerő állandó nagyságú, azaz a hajó súlyával egyenlő legyen. A felhajtóerő és az ellenállás viszonya egy adott állásszögnél optimális. Ha a sebesség növekedése miatt a szárnyak állásszögét olyan mértékben kellett csökkenteni, hogy azzal már a felhajtóerő-ellenállás viszony erősen romlott, akkor a külső szárnyakat a vízből kiemelve felhajtották a hajótest mellé. Ugyanakkor a belső szárnyak állásszögét olyan mértékben növelték, hogy a szükséges nagyságú felhajtóerő a külső szárnyrészek nélkül is létrejött.



15. ábra.
***Schertel* szabadalma 1927-ből**

A hajó hossz tengelye körüli stabilitását meglehetősen bonyolultan biztosították. A szabadalmi leírás szerint a jobb oldali szárnyak a bal oldaliakkal ellenkező irányban is mozgathatók voltak, így a két szárnyfélen különböző nagyságú felhajtóerőt lehetett létrehozni, akár csak a repülőgépek csúrókormányjaival. Természetesen az ilyen balanszírozás nagy ügyességet és figyelmet követelt meg a hajó vezetőjétől.

Crocco 1916-os hajójának szárnyai igen kis oldalviszonnyal készültek. Az ilyen szárny ellenállás-felhajtóerő viszonya rossz, s az a veszély is fennáll, hogy a vízben végződő szárnyvégeken erős kavitáció keletkezik. Erre a tapasztalatra jutott *Pegna* is, aki 1929-ben benyújtott szabadalmi leírásában utal erre. Mivel itt a kavitációt a szárnyvégek körüli nyomáskiegyenlítődés miatt létrejövő nagy sebességek okozzák, *Pegna* azt tanácsolta, hogy túlságosan nagy sebességek létrejöttét a szárnyvégekre merőlegesen elhelyezett vékony lapocskákkal akadályozzák meg (**16. ábra**).



16. ábra.

***Pegna* a szárnyvégeken kavitáció-gátló lapokat helyezett el**

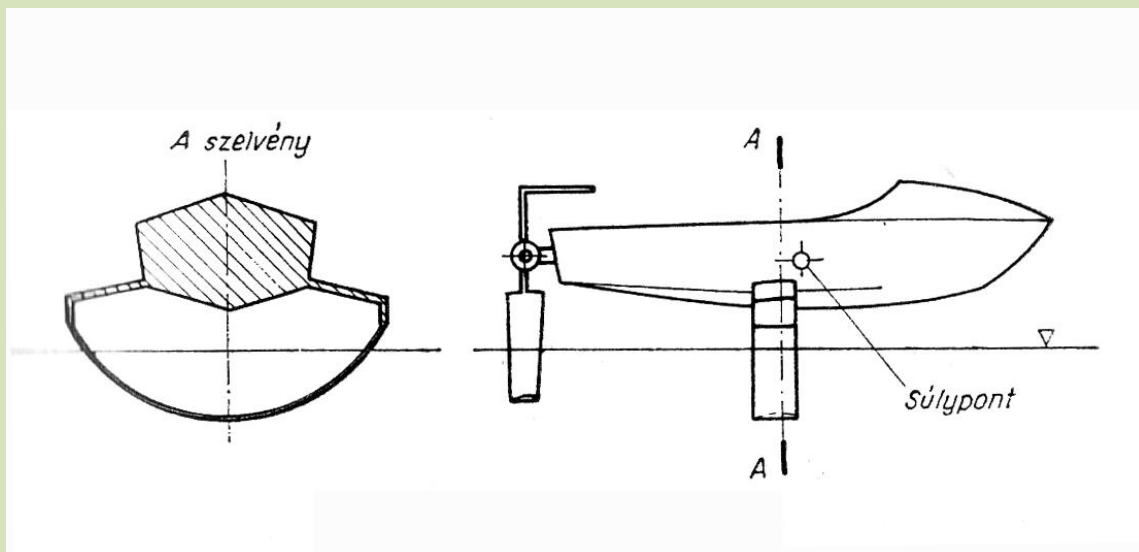
Az első szárnyas hajók nyilvánvalóan a részletkérdések alaposabb áramlástani megfontolása nélkül készültek, hiszen abban az időben még szintén a kezdet kezdetén álló repülés sem rendelkezett mindenre kiterjedő elméleti alappal. A végtelen kiterjedésű közegben – levegőben- mozgó szárnyak elméletét 1913-ban állította fel *Prandtl*. A harmincas években a szárnyas hajókkal kapcsolatos vagy e hajóknál is alkalmazható elméleti munkák egész sora jelent meg. *Kocsin*, *Keldis*, *Lavrentyev* a vízfelszín által a közelében haladó testekre gyakorolt hatással foglalkoztak. *Wladimirov*, *Weinig* és *Weinblum* a víz alatti szárnyak elméletének alapjait rakták le, míg *Sottorf* és *Tietjens* kísérleti munkáik eredményét tették közzé ebben az időszakban.

A harmincas évek elején jelent meg O. Tietjens kicsiny, csupán 5 LE-s motorral hajtott hajócskájával. Ez a külső megjelenésében roppant egyszerű hajó elődeitől elsősorban abban különbözött, hogy a szárnyakat nem gúcnak köztük össze a hajótesttel, hanem a test alatt keresztirányban húzódó szárnyak előlnézetben ív alakban meg voltak hajlítva, és végük magasan a víz színe fölé emelkedett még úszó helyzetben is. A szárnyakat a törzssel két

oldalon vízszintesen kinyúló és vízbemerülésük esetén felhajtóerő termelésére szintén alkalmas szárnycsonkok kötik össze. Így a tekintélyes ellenállást keltő dúcok elmaradhattak – egyetlen, a hajó gerincvonala alatt, pusztán nyomásra igénybevett és így viszonylag kis keresztmetszetű dúcocska kivételével.

Ez az elrendezés még akkor is jó stabilitást biztosított, ha a hajó nagy sebességnél már magasan a víz színe fölé emelkedett. A szárnynak nem volt a vízben szabad végződése és igen karcsú volt: vízbemerült ívének hossza 140 cm, húrhossza viszont mindössze 10 cm volt. A szokatlanul kedvező karcsúság az indukált ellenállás erős csökkenéséhez vezetett.

A Tietjens-féle szárnyakból –a tervező szerint- a hajótest nagyságától függően egy vagy két darab alkalmazható. Kisebb hajóméreteknél egy is elegendő, és ezt a hajó súlypontja alatt kell elhelyezni. A hosszstabilitást ekkor a hajó fara alatt elhelyezett kisméretű felület biztosítja, melyet a vezető a repülőgépek magassági kormányához hasonlóan mozgat. Ennek az elrendezésnek ugyan a tandem szárnyaknál kedvezőtlenebb a hosszstabilitása, mégis jó tulajdonsága, hogy a kormány szárnyacska megfelelő állításával a főszárny állásszögét a vezető menet közben tetszése szerint változtathatja az áramlás irányához képest. Mivel a hajó teljes súlyát a főszárny hordja, az állásszögét kellő időpontban növelve a hajó vízből való kiemelkedése meggyorsítható (17. ábra).



17. ábra.

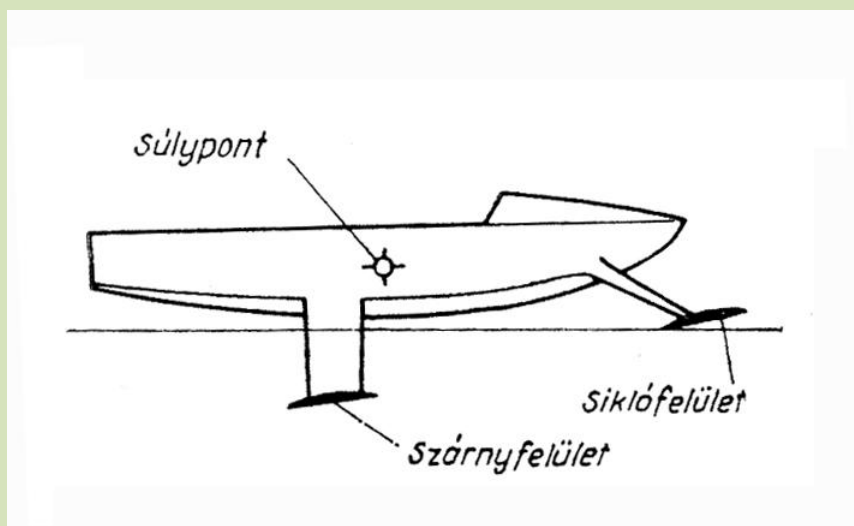
Tietjens hajója

Tietjens ilyen rendszerű első, 5 LE-s hajója 1932-ben a Delaware folyón 40 km/h sebességet ért el. A csekély teljesítményhez viszonyítva figyelemre méltó sebesség elérése az áramlástanilag átgondolt, körültekintő konstrukció eredménye. Hasonló rendszerű, különféle méretű hajókat napjainkban is gyártanak még. Egy 16 tonna vízkiszorítású Tietjens-hajó a második világháború alatt 1400 LE teljesítménnyel 93 km/h sebességet ért el.

Bár a felszín közelébe a szárnyakon keletkező felhajtóerőt csökkenti, ugyanez a jelenség okozza azt a –szárnyas hajók szempontjából rendkívül kényelmes- következmény is, hogy e

hajók a maximális sebesség elérésekor a tervező által előre meghatározott merülési mélységre maguktól beállnak és ehhez semmiféle külön vezérlő berendezésre nincs szükség. A vízfelszín közelében mozgó szárnyú hajóknál maga a vízfelszín vezérel, illetve a mindenkori merülési mélység a sebesség változtatásával automatikusan áll be. Az ilyen hajók kereszt- és hosszirányú stabilitását szintén a vízfelszín közelléte biztosítja. E jótulajdonságok mellett azonban hátrányuk, hogy többé-kevésbé a hullámozás hatása alatt állnak. A felszín alá nagyobb mélységbe merült szárnyak nélkülözik a felszín vezérlő hatását, viszont legkedvezőbb hullámállási tulajdonságokkal rendelkeznek, tengerállóbbak. A teljes merülésű szárnyak nedvesített felülete nem változik a víz felszínének mozgása következtében és hullámozás esetén csak az orbitális mozgás hatásának van kitéve. Az orbitális mozgás –a vízrészecskéknél a hullámozás közben leírt körmozgása- a hullám magasságától függ, ill. a víztükörtől mért mélységgel fordítottan arányos. Hatására a szárny állásszöge pillanatról pillanatra változik, de ez a hatás annál kevésbé érezhető, mennél mélyebben halad a szárny a víz felszíne alatt. A teljes merülésű szárnyak tehát tengerállás szempontjából valamennyi egyéb kialakításnál kedvezőbbek. Előnyük még, hogy a kavitációra kevésbé hajlamosak, nagy hátrányuk viszont, hogy a merülési mélység betartását külön berendezéssel kell biztosítani és stabilizálásukról külön kell gondoskodni.

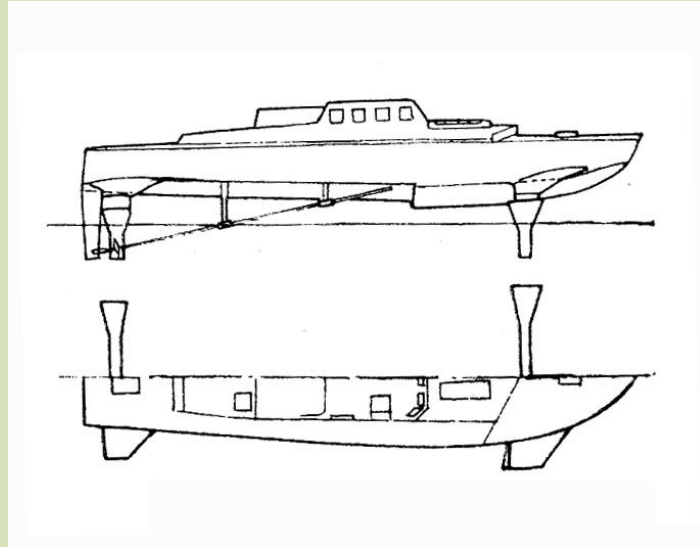
1934-ben *W. Grunberg* Párizsban szabadalmat nyújtott be teljes merülésű szárny stabilizálására. A hajó súlypontja mögött elhelyezett egyetlen teherviselő szárnyat a hajó orrában lévő és a víztükörre támaszkodó stabilizátorokkal vagy inkább tapogatófelületekkel vezérelte. Ezek a siklófelületek úgy voltak elhelyezve, hogy ha a hajó a kívánt merülési mélységtől eltért, akkor a felszínen mozgó stabilizátor körül is elfordul. A főszárny állásszöge emiatt úgy állítódott el az egész hajó hosszdőlésének megváltoztatásával, hogy a szárnynak a kívánt merülési mélységbe kellett visszatérnie (**18. ábra**).



18. ábra.
Grunberg rendszerű hajó

A második világháborút megelőző időkben *Schertel von Burtenbach* és *Sachsenberg* rendszeres kísérleteket végzett a vízfelszínt áttörő V alakú szárnyakkal. Több ilyen szárnyal

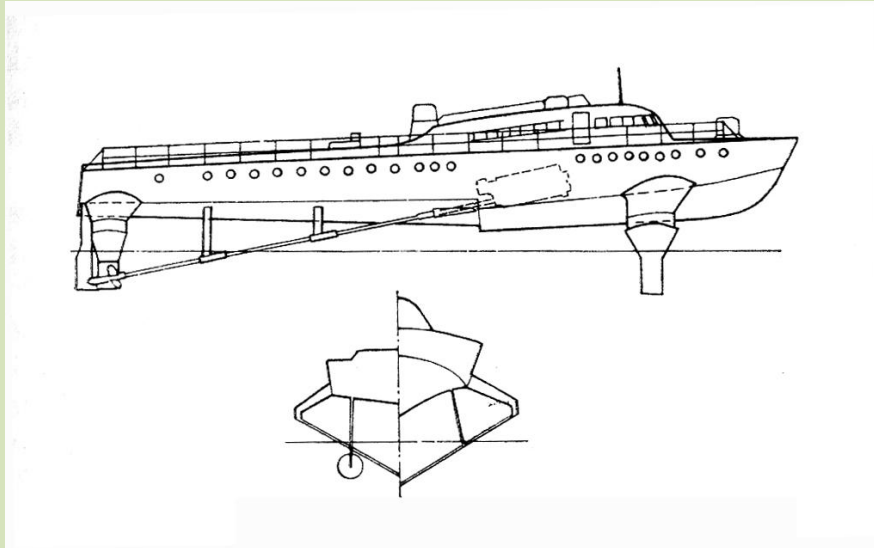
felszerelt hajót meg is építettek, ill. ki is próbálták a Keleti tengeren. A „VS-6” jelzésű, 17 tonna vízkiszorítású, 16 m hosszú hajó két darab 700 LE teljesítményű Avia repülőgépmotorral 87 km/h csúcssebességet ért el. Tengerállása a V alakú szárny következtében igen jó volt, és 4-es erősségű hullámvázban is szárnyra emelkedve haladhatott (**19. ábra**).



19. ábra.
A „VS-6”

A szárnyas hajók elterjedésének ez ideig roppant nagy akadálya volt a megfelelő könnyű, de emellett nagyteljesítményű üzembiztos motor hiánya. A második világháborút megelőző időkben ez a probléma már megoldódott, de mind a „VS-6” mind a későbbi Schertel-hajók kizárólag katonai célokra készültek ebben az időben.

„VS-8” volt a jelzése az addig megépült legnagyobb szárnyas hajónak. 32 m hossz mellett 80 tonna volt a vízkiszorítása, és orra, valamint fara alatt V alakú, vízfelszínét áttörő szárnyakkal építették. Két motorja összesen 3600 LE teljesítményű volt, a hajó 76 km/h sebességet ért el (**20. ábra**). A források szerint 1,8 m magas és 40-50 m hosszúságú hullámokkal szemben teljesen kiemelkedve, 37 csomó sebességgel kifogástalanul haladt. A hajótest építési anyaga – szárnyas hajóknál első ízben – könnyűfém ötvözet volt. Bár ebben az időben a különböző alumínium ötvözeteket sikerrel próbálták ki a hajóépítésben, a „VS-8”-nál mégis olyan felületi sérülések voltak tapasztalhatók, amelyeket az ismert korrózióvédő szerekkel nem tudtak kiküszöbölni. A nagy erővel felcsapódó tengervíz korróziós és erózió hatása kikezdte a szokásos felületvédelemmel ellátott lemezeket, és a testnek legjobban veszélyeztetett mellső szárny körüli része erősen rongálódott.



20. ábra.
A „VS-8”

A szárny szokásos szelvényű volt, így az elért 70 km/h körüli sebességnél okvetlenül fel kellett lépnie kavitációnak, de erről a források nem tájékoztatnak bővebben.

A „VS-6” és „VS-8” hajókat napjainkban igen elterjedt „PT” jelű Schertel-Sachsenberg hajók közvetlen elődeinek tekintjük.

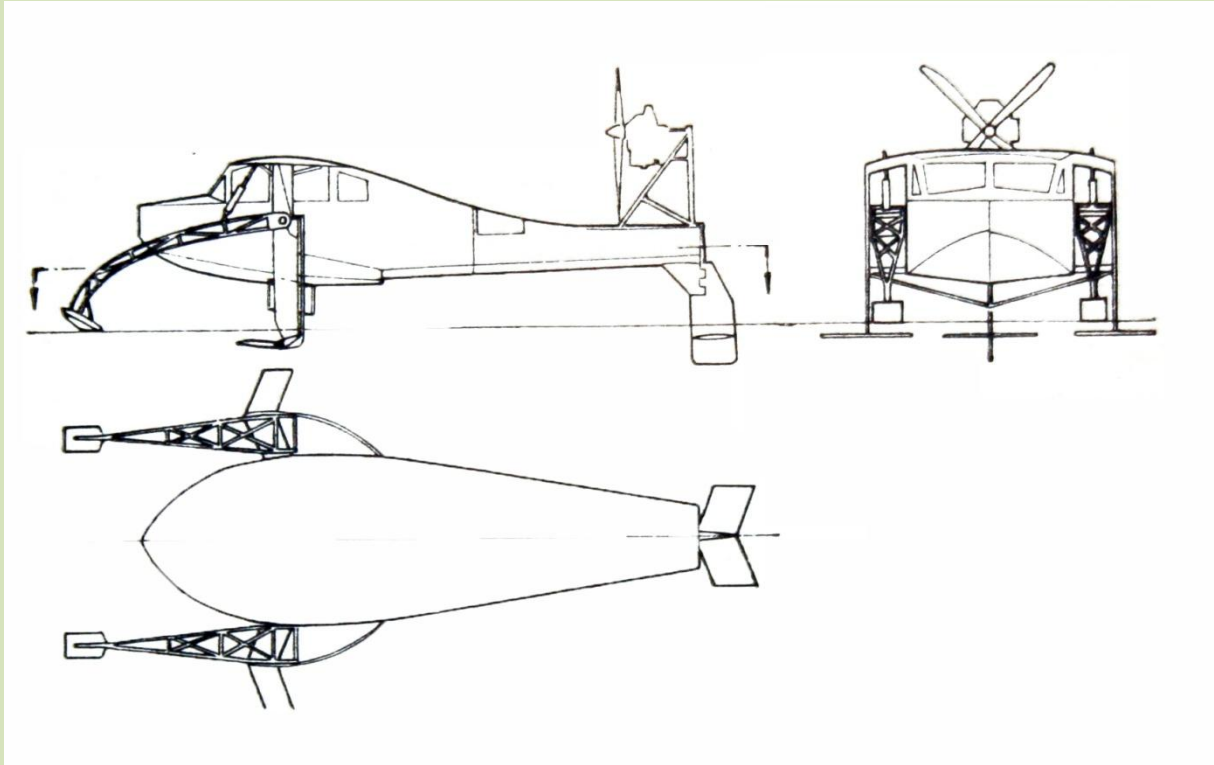
A teljes merülésű szárnyak vezérlését és stabilitását, mint említettük, csak költséges berendezésekkel lehet biztosítani. A berendezésnek érzékenynek kell lennie, hogy a vízfelszín minden mozgását idejében jelezze a szárnyaknak, és emellett ki kell bírnia a hullámütéseket, mert megsérülése esetén szerencsétlenség történhet.

A hajót vezérelheti maga a hajó vezetője is a repülőgépekhez hasonló kormányiszervek segítségével (ami bizonyos fokú rátermettséget és nagy ügyességet kíván), vagy a vízfelszín által automatikusan vezérelt villamos állító rendszer, esetleg szintén a vízfelület szabályozta mechanikus berendezés. Utóbbinak természetesen a kellő szilárdság mellett merevnek is kell lennie, hogy a hullámok ne deformálhassák.

1942 óta teljes merülésű szárnyakkal és főleg azok vezérlésével kísérletezik *Christopher Hook*, aki az utóbbi úton haladva lényegében egy *Meachon* által 1906-ban benyújtott szabadalmat fejlesztett tovább. A **21. ábrán** látható hajójának három teljes merülésű szárnya volt, amelyek közül a két mellső állásszögét messze előrenyúló karra erősített, és a víz felületén sikló felületek vezérelték. Hook elvén több igen jó hullámállási tulajdonságokkal rendelkező hajó épült.

A két háború között a Szovjetunióban folytatott szárnyas hajó kísérletekről nincs pontos értesülésünk. Ennek ellenére a megjelent elméleti munkák bizonyítják a szárnyas hajók iránti érdeklődést, amelyet valószínűleg kísérletek sora kísért. Rendszeres, tervszerű fejlesztésük 1945-ben kezdődött, miután *Rosztiszláv Alexejev* a Volgán a Gorkij-i Krasznoj Szormovó

hajógyárban épült első hajójával bebizonyította a szárnyak elrendezésére vonatkozó elképzelésének helyességét. Az első, 1957-ben elkészült „Rakéta” típusú szárnyas hajó, az eddigiekben ismertetett tervezési elvektől merőben különböző, de már teljesen kiforrott új elképzelés eredménye.



21. ábra.

Ch. Hook Hydrofin-rendszerű hajója

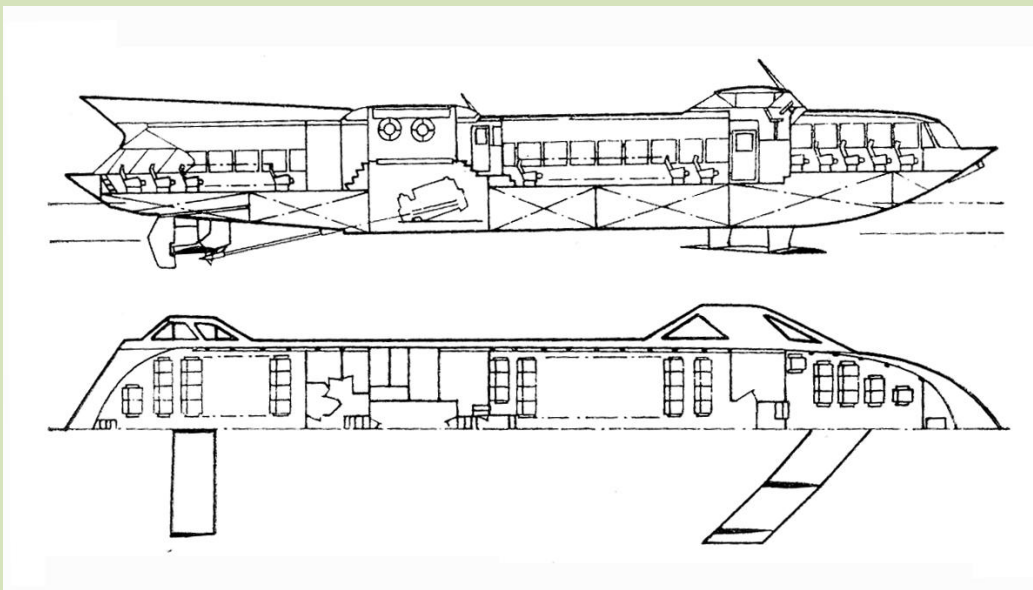
Működési elve a következő: Az összes többi rendszer a mesterségesen vezérelt teljes merülésű szárnyakkal, vagy a vízbemerült felületének változtatásával önműködően vezérelt és a vízfelszint áttörő szárnyakkal épült. A „Rakéta”-nál azonban a *kismerülésű rendszert* alkalmazták. Ez azt jelenti, hogy a hajó szárnyai a test teljesen kiemelkedett helyzetében közvetlenül a víz felszíne alatt haladnak és vezérlése –a stabilizálást is beleértve- a felszín felhajtóerő-korlátozó hatását használják fel. A felszínhatás jelenségét a későbbiekben részletesen ismertetjük, itt csak arra mutatunk rá, hogy ezek a hajók állítható vezérlő felületek nélkül is önstabilak.

A teljes merülésű és a vízfelszint áttörő szárnyak hullámállása lényegesen jobb a kismerülésűeknél, azonban az utóbbiak különösen alkalmasak belvízi hajózás céljaira, mert lényegesen kisebb vízmélységben haladhatnak, és a hajót sem szélesítik meg olyan mértékben, mint pl. a V-szárnyak. ez pedig manőverezéskor, kikötéskor igen fontos.

A „Rakéta” 26,9 m hosszú, 66 személyes utasszállító hajó, eredetileg 800 LE-s Diesel-motorral készült, amelyet azonban később 1200 LE-sre cseréltek ki. Gazdaságos utazósebessége 60 km/h. Rendszeres szolgálatát Kazán és Gorkij között kezdte meg a Volgán, azóta a Szovjetunió vizein: a Dnyeperen, az Odon, a Jeniszejin, a Lénán és több külföldi

folyón áll szolgálatban. A hajót két fényképen (5. és 6. ábra) mutatjuk be: teljes sebességű menetben és a vízből kiemelve. Az utóbbi képen a szárnyak elrendezése igen jól látható, valamint az is, hogy az ilyen kisméretű szárnyak a hajó merülését csak lényegtelenül növelik meg.

Közben Alexejev társaival egy sokkal nagyobb hajón, az 1960-ban elkészült „Meteor” típuson dolgozott. A „Meteor” 150 utas befogadására alkalmas, és két darab 850 LE-s motorjával kb 80 km/h maximális sebességet ért el. Vízkiszorítása úszó állapotban a „Rakéta” 25 tonnájával szemben 52 tonna. Bár belvízi hajóként alkalmazzák, 1,2 m magas hullámokon is kiemelkedett helyzetben haladhat a sebesség kismértékű csökkentésével (22. ábra).



22. ábra.

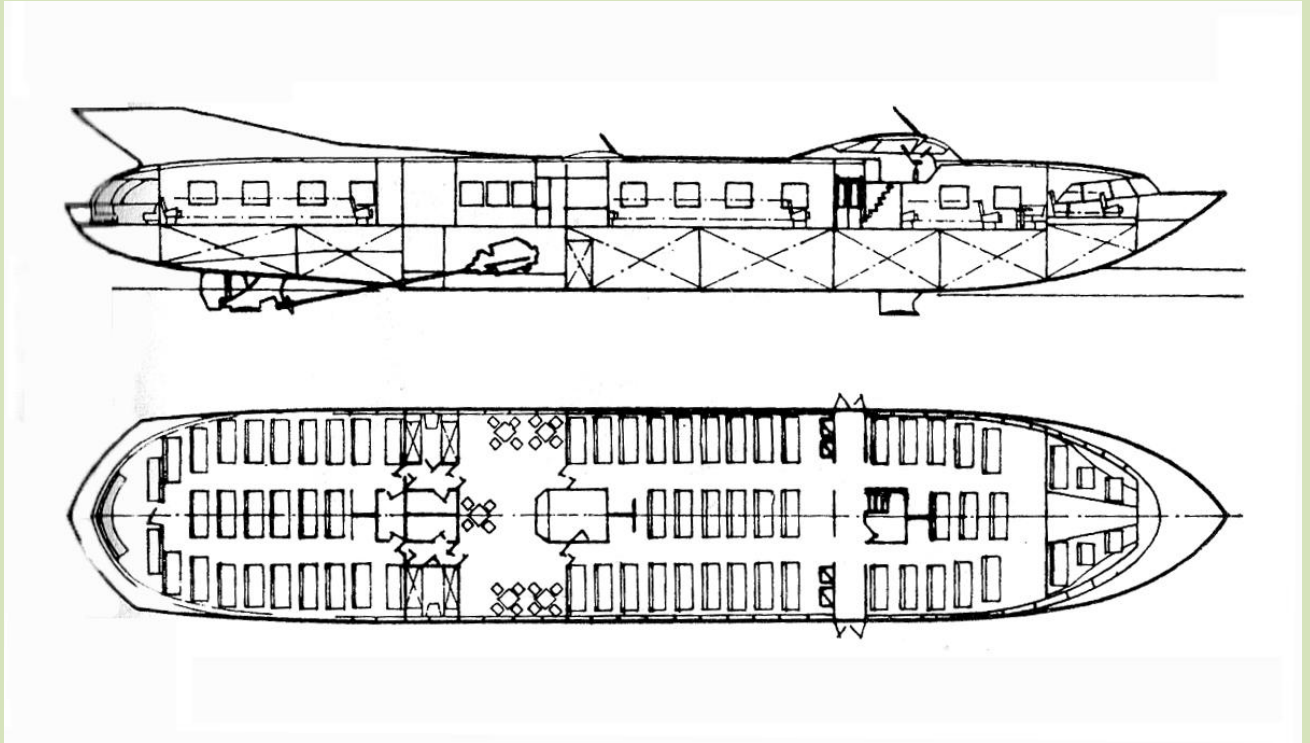
A „Meteor” hosszmetsete és felülnézete

Mindkét hajó könnyűfém ötvözetből készült, a hajóépítésben szokatlanul könnyű, inkább a repülőgépek szerkezetéhez hasonló építésmóddal. A rozsdamentes acél szárnyakat áramvonalazott dúcok merevítik a törzshöz. Újszerű vonalvezetésüket tekintve a 300 személyes „Szputnyik” előfutárjai voltak. ez több, mint 100 tonna vízkiszorítású hajó, kis távolságra 700 személy befogadására is alkalmas (23. ábra), és így jelenleg a legnagyobb szárnyas hajónak tekinthető. Négy motorja összesen 4800 LE teljesítménnyel négy hajócsavart hajt és legnagyobb sebességét mintegy 90 km/h-ban adták meg. Kisméretű szárnyai ellenére ennek a hajónak is kedvező hullámállási tulajdonságai vannak. Egy leírás szerint első útján erős viharban 2,5 m magas hullámokon is 65 km/h sebességgel haladt.

A „Szputnyik” hajót –tervek szerint- a jövőben összesen 8000 LE-s gázturbinákkal szerelik fel és gyors teherszállító hajóként is alkalmazni kívánják nagyobb távolságokon.

A második világháború után a Schertel-Sachsenberg cég is személyszállító hajók építésébe kezdett. A sorozat első tagja a „PT-10” jelzésű 9,5 tonna vízkiszorítású 30 személyes hajó (24. ábra) a Lago Maggiore közlekedett rendszeresen. 550 LE-s Mercedes Diesel-motorral

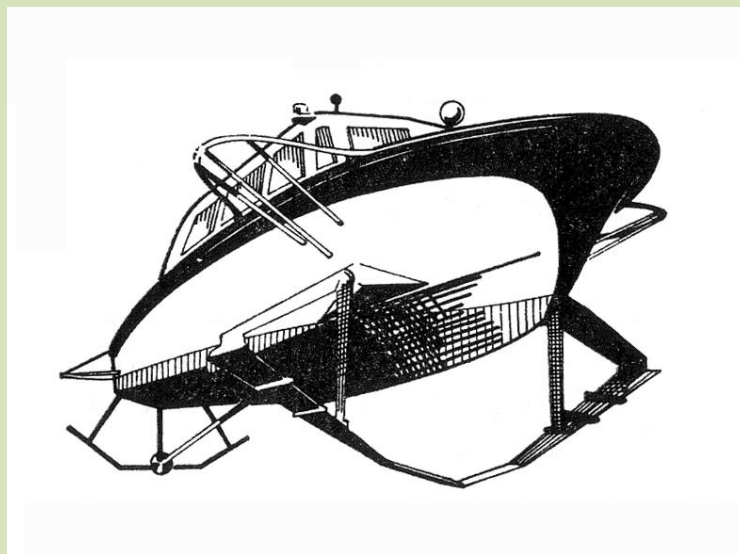
85 km/h maximális, illetve 70 km/h gazdaságos utazósebességet ért el, azonban ezt később hatósági rendelettel 62 km/h-ra korlátozták.



23. ábra.

A „Sputnyik” általános elrendezése

Üzeme igen gazdaságos volt és ennél a sebességnél motorja mindössze 265 LE-re volt terhelve, ami 28 LE/t fajlagos teljesítményt jelent. Adatok szerint üzemanyagfogyasztása 42 kg/h volt. Ezek a kiváló tulajdonságok az $\varepsilon = 0,09$ -es siklószámoknak voltak köszönhetőek.



24. ábra.

A „PT-10” személyszállító hajó

A „PT-10”-el szerzett tapasztalatok alapján rövidesen két nagyobb, 75 személy befogadására alkalmas hajót építettek. Ezek közül az egyik egy-, a másik pedig kétszaváros volt. Az utóbbi a messinai Leopoldo Rodriguez cégnél épült a Registro Italiano Navale és a Germanischer Lloyd regiszteri társaságok ellenőrzése alatt. Hatmérföldes zónán belül tengerparti szolgálatra alkalmas osztályozással a Messina-Reggio di Calabria útvonalon átkelő szolgálatot teljesít, és a tengerszoros átszeléséhez csupán 12 perc időre van szüksége a vízkiszorításos hajók 50 perces menetidejével szemben.

E hajókból „PT-20” jelzéssel több példányt építettek és ezek Venezuelában, Finnországban, valamint Norvégiában szolgáltak. Néhány hajót Japánban is üzembeállítottak, de a legutóbbi időkből a Mitsubishi hajógyár is megépítette a japán vizek különleges adottságainak figyelembevételével „MH 30” jelzésű első szárnyas hajóját.

A „PT-20” hajó érdekessége, hogy bár főüzemű gépe 1350 LE teljesítményű Mercedes-Benz MB 820 Db Diesel-motor, 110 LE-s segédmotort is beépítettek a hajó farába, szükség esetén kiengedhető külön csavarral. A mellső szárny hidraulikusan működtetett munkahenger segítségével kis mértékben állítható, így a változó utasterhelést –akár menet közben is– ellensúlyozhatták.

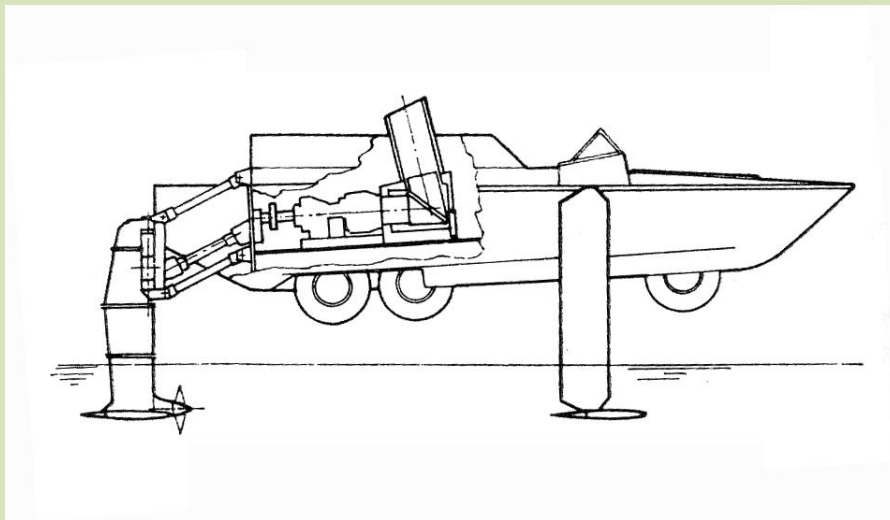
A „PT-20”-asok még csak kimondottan tengerparti szolgálatra voltak alkalmasak. A következőkben olyan hajók kialakítására törekedtek, amelyek a parttól nagy távolságban a nyílt tengeren is üzemelhetnek. A Rodriguez művek messinai telepén 1953-ban kezdték meg és 1959-ben fejezték be a „PT-50” jelű 120 személyes utasszállító hajó építését. Ezt a tengerjárás közben fellépő igénybevételek elviselésére úgy alakították ki, hogy a hajótesttel a felépítmény is együttműködjön szilárdságilag. Ezért nincs is külön utas-felépítmény, hanem az utasok valamennyien a főfedélzet alatt helyezkednek el. A hajó, két Mercedes-Diesel-motorjával összesen 2700 LE teljesítménnyel kb. 80 km/h maximális sebességet ér el.

Ezek az újabb Schertel-féle hajók is az eredeti elképzelést követik a vízfelszín áttörő, V alakú mellső, és egyenes vagy kissé tört teljes merülésű hátsó szárnyakkal. Fontosabb konstrukciós megoldásaikra a későbbiek során még visszatérünk.

Még 1953-ban dolgozta ki a svéd *Almquist* és *Elkström* érdekes, újszerű rendszerét, felújítva a már-már feledésbe merülő Grunberg-féle alap gondolatot. A hajó, amelyet az a célra alakult International Aquavion angol-holland érdekeltségű társaság hozott létre, ív alakban meghajtott, vízfelszín áttörő, önstabil főszárnyal épült. Ezt közvetlenül a hajó súlypontja mögött helyezték el, és rajta kívül a hajó fara és orra alatt alkalmaztak stabilizáló, illetve csillapító felületeket a Grunberg-elv alapján.

Az angliai Saunders-Roe cég Kanadában építette meg a „*Bras d'Or*” nevű hajót, amely létraszárnyaival az úttörők elgondolásait menti át a jelenbe. A létraszárny – módosított formában – az amerikai *Carl* két repülőgép-csillagmotorral és légesavarok által vontatott, inkább vízi repülőgépre hasonlító hajójánál is visszatért. *Carl* e hajóval igen nagy, 130 km/h sebességet ért el.

Míg Európában az Alexejev-féle hajók a Schertel-féle „PT” sorozattal együtt polgári célokra készülnek, addig Amerikában a szárnyas hajózást főleg katonai célok szolgálatába állították. Az USA-ban különféle kétéltű járműveket készítettek, amelyek a szárazon kerekek segítségével autóként közlekednek, vízen pedig lehajtható szárnyaikon érnek el igen nagy sebességet (25. ábra). A különféle kísérleti példányok egész sora mellett – amelyeknél gazdaságosságról beszélni sem lehet – a közelmúltban vízrebocsátott „Denison” nevű szárnyas hajót kell megemlítenünk, amelyet a Grumman repülőgépgyár érdekeltségébe tartozó és kimondottan a szárnyas vízijárművekre specializált Dynamic Developments Inc. épített. A „Denison” kétségtelenül figyelemreméltó szerkezeti megoldásokat képvisel. Vízkiszorítása 80 tonna, 14 000 LE teljesítménnyel 130-150 km/h sebességet ér el. Ezt a hatalmas motorteljesítményt a szárnyas hajóknál szükséges csekély súly mellett csak gázturbina biztosíthatja. A hajócsavart hajtó főmotor kiesése esetére és kikötőben való manőverezésre még két vízszugár hajtóművet is beépítettek a hajófar két oldalára.



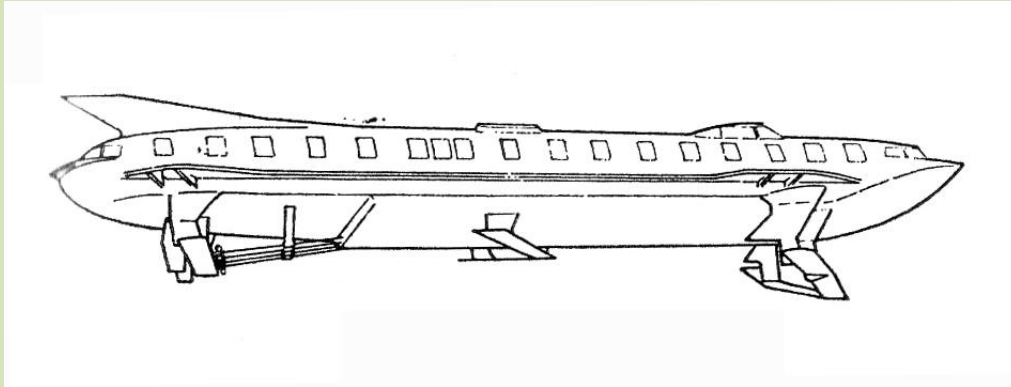
25. ábra.

Kétéltű szárnyas jármű

Rendkívül érdekes a „Denison” szárnyrendszer is. Két, vízfelszín áttörő mellső szárnyból áll, melyeket a vízbemerült haladáshoz hidraulikus szerkezettel ki lehet emelni a vízből, és a test mellé két oldalt felhajlítani. Erre azonban a tervezők szerint ritkán kerül sor, mert a hajótest kiemelkedett helyzetben mintegy 2,5-3 m magasán halad a víz színe fölött. Ez különösen alkalmassá teszi a hajót a mélytengeri szolgálatra. A Florida-Bermuda útvonalon üzemeltetik. A hajó szintén felhajtható hátsó szárnya teljes merülésű.

1961-ben a Szovjetunióban is megjelent az első, nyílt tengeri szolgálatra tervezett szárnyas hajó. Ez az eddig ismertett Alexejev-rendszerű hajókkal ellentétben a vízfelszín áttörő V alakú szárnyakkal készült. A „Mir” nevű hajót rövidesen követte a „Strela” 92 személyes utasszállító, amely a Fekete-tengeren a Batumi-Odessa közötti útvonalon közlekedik, és mintegy 95 km/h maximális sebességet ér el.

Igen érdekes a legújabb szovjet hajó, a „Vihr” (26. ábra). Három, egymás mögött elhelyezett szárnya van. A mellső szárny biztosítja a keresztirányú stabilizálást. A hátsó szárny kimerülésű egyenes felület, és a kettő között körülbelül a hajó súlypontja alatt egy harmadik, szintén kimerülésű szárnya van, melynek a feladata a hullámos vízen való haladás közben fellépő nagy hosszirányú szilárdsági igénybevétel csökkentése.



26. ábra.
A „Vihr”