

**Horvai Árpád**

**Hajóépítéstan I.**

**A hajózási szakközépiskolák III. osztálya számára.**

**Lektorok: Almási János, Debreceni József**

**Műszaki Könyvkiadó 1997.**

**269-280. oldalak (Részlet)**

## 8. FEJEZET

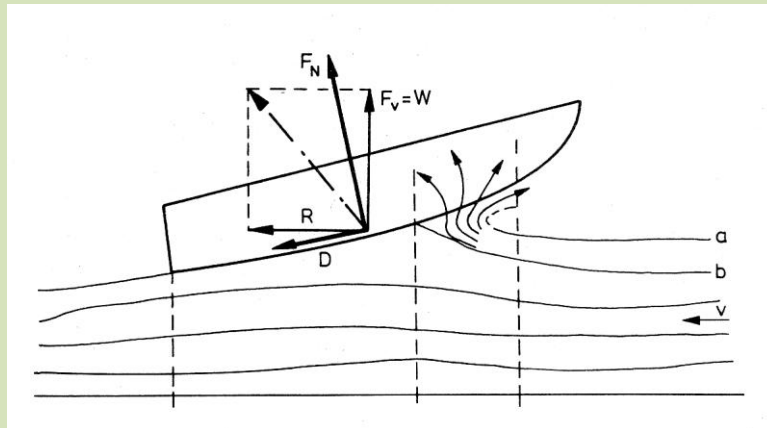
### **8. Különleges hajótípusok**

A hagyományosan kialakított ( másszóval displacement) hajó közismerten gazdaságos szállítási eszköz. Ez azt jelenti, hogy a vízi szállítás olcsó ui. a szállított teher egységnyi tömegére vonatkoztatott teljesítményszükséglet aránylag kicsi. Ez a megállapítás azonban csak addig érvényes, amíg kis sebességekről van szó. Nagyobb sebesség esetén, a viszonyok kedvezőtlenebbül alakulnak és a hajó a többi járműhöz (közúti, vasúti) képest gazdaságtalanabb szállítóeszközzé válhat. Nagyobb sebességnél a hajó ellenállásának csökkentése végett az 1900-as évek elején törekvés indult meg a vízbe merült térfogat, ill. a nedvesített felület csökkentésére. Ennek első eredménye a siklóhajók létrehozása volt.

#### **8.1. Siklóhajók**

A siklóhajók álló helyzetben statikus felhajtóerő révén úszóképesek. Fenékkiképzésük általában lapos. A sebesség növekedésével egyre inkább a fenéken keletkező dinamikus nyomásokból adódó erő, felfelé mutató összetevője tart egyensúlyt a hajó súlyerejével. Ennek következtében a test vízbe merülése és vele együtt a hullámképző, valamint a súrlódási ellenállás csökken. Megfelelő sebesség elérése után a sikló test a víz felszínére emelkedik és Archimedes-i (statikus) felhajtóereje jelentéktelenné válik. A vízkiszorítás, azaz a vízbe merülő térfogat csökkenésével, a hullámképződés csökken. A merülés csökkenésével a nedvesített felület is kisebb lesz. Mindezek eredményeként az összes ellenállás kisebb lehet, mint az azonos sebességgel haladó, hasonló nagyságú vízkiszorításos hajó ellenállása.

A tiszta siklás állapotában úszó hajón keletkező erőviszonyok a 8.1. ábrán tanulmányozhatók.

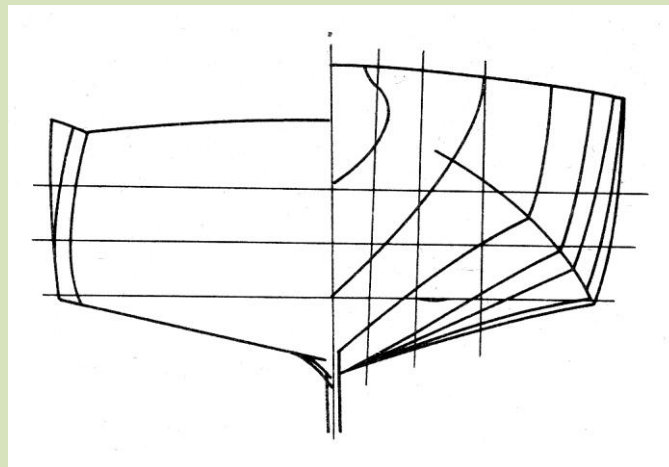


8.1. ábra.

*Tiszta siklás állapotában keletkező erőviszonyok*

A hajóhoz érkező víz egy része (az a és b áramvonalak közötti része) előre és oldalirányban fröccsen. a fenéklapra ható  $F_N$  terhelésekből és a  $D$  súrlódási ellenállás eredőjének függőleges  $F_V$  összetevője tart egyensúlyt a hajó  $W$  súlyával, míg a vízszintes  $R$  összetevője adja a hajó ellenállását.

A teljesen lapos fenékűsiklióhajók hátrányos tulajdonsága, hogy már a víz felszínének egészen enyhe fodrozódásekor is a dinamikus felhajtóerő a hullámok periódusával változik, s így erős lökések érik a hajó fenekét. e hullámütések nagy sebességek esetén a hajón tartózkodók számára igen kellemetlenekké válhatnak, ugyanakkor a test szilárdságát is erősen próbára teszik. E hatás csökkentése végett tengerjáró hajóknál a hullámütések erejét a fenék élbe futtatásával csökkentik (8.2. ábra) Az ilyen kialakítást V-bordás hajónak nevezzük. E megoldás hátránya az, hogy az ellenállások, a lapos fenékű kivitelhez képest, némileg növekednek.



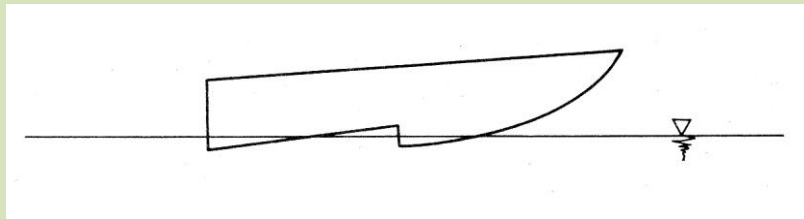
8.2. ábra.

*V-bordás hajótest kialakítása*

Sport- és hadicélokra szolgáló siklóhajók fenekét lépcsősre alakítják ki, hogy az ellenállás a teljes siklás állapotában is tovább csökkenjen a sebesség növelése esetén. (8.3. ábra).

Gyakorlati megfigyelések szerint a siklóhajók kis sebességeken ellenállás szempontjából kedvezőtlenebbek, mint a hagyományos kialakítású vízkiszorításos hajók, nagyobb sebességeken azonban már javukra billen a mérleg.

Napjainkban ezeket a hajótípusokat főként sport-, és luxuscélokra használják, valamint a haditengerészetnél gyorsnaszádként alkalmazzák.



8.3. ábra.  
*Siklóhajó fenékkiképzése*

## **8.2. Szárnyas hajók**

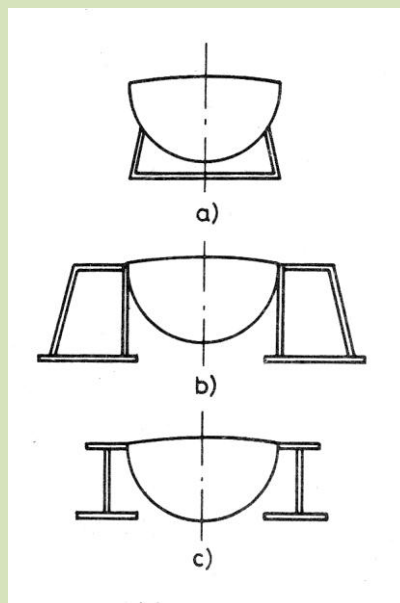
A siklóhajók kialakításával együtt felmerült az a gondolat is, hogy a hajótestet a víz szintje alatt elhelyezett szárnyfelületek segítségével emeljék ki teljesen a víz szintje fölé, és ezzel a hajótest hidrodinamikai ellenállását kapcsolják ki, amennyire csak lehet. E törekvés eredményeként születtek meg az ún. szárnyas hajók (8.4. ábra)



8.4. ábra.  
*Szárnyas hajó*

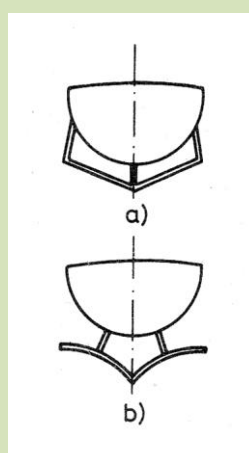
Ezek kialakítása általánosságban a következő:

A hajó súlypontja előtt vízszintes (8.5. ábra) vagy lapos V-betű alakú, (8.6. ábra) a hajók teljes szélességével közel azonos, vagy valamivel nagyobb fesztávú szárnyfelületet helyeznek el, és ugyanakkor a far közelében az előzőnél kisebb felületű szárnyakat építenek be. A szárnyak a vízzel bizonyos szöget zárnak be, így a víz mozgása a szárnyak fölött meggyorsul, alatta lelassul, és a felső és alsó oldal között létrejövő nyomáskülönbség következtében felhajtóerő keletkezik. Ez arányos az azt körüláramló közeg sűrűségével, valamint a szárny sebességének négyzetével és felületével. Mivel a víz sűrűsége 800-szor nagyobb, mint a levegőé, ezért a víz alatti szárny súlyerő- és sebességegyenlőség esetén, felület szempontjából, sokkal kisebb lehet, mint a repülőgépé.



8.5. ábra.

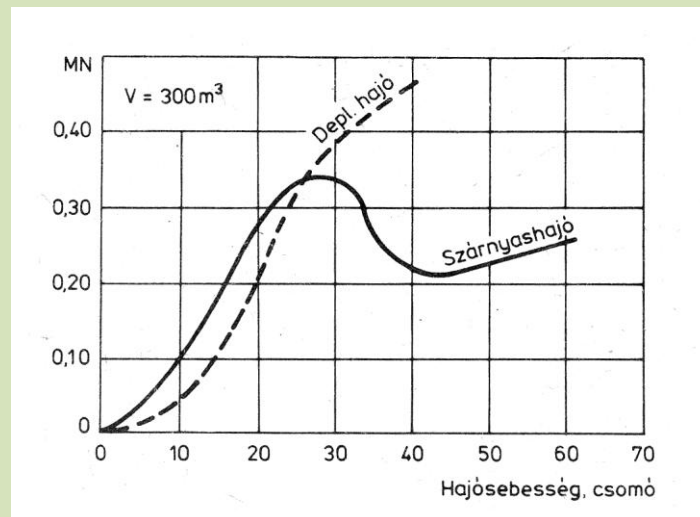
*Szárnyas hajókialakítások (vízszintes szárnyak)*



8.6. ábra.

*Szárnyas hajókialakítások (V alakúak)*

A 8.7. ábrán azonos vízkiszorítású displacement hajó és szárnyas hajó ellenállásán alakulását látjuk. A kisebb sebességeknél a szárnyashajó ellenállása közel kétszerese a statikus vízkiszorítású hajó ellenállásának. Amint azonban a szárnyas hajó a szárnyakon keletkezett felhajtóerő hatására kezd kiemelkedni a vízből, ellenállása előbb csak a displacement hajó ellenállásához képest csökke, később pedig abszolút értékben is kisebb. A teljes kiemelkedés pillanatában egy minimum adódik, majd a szárnyakon fellépő ellenállás, a sebesség függvényében, ismét lassan növekszik.



8.7. ábra.

*Displacement és szárnyashajó ellenállásának alakulása*

A szárnyas hajók világszerte kezdenek elterjedni, mert nagy sebességnél, lényeges üzemi megtakarítás érhető el. Csak személyszállításra alkalmazzák, ui. a teherfuvarozás már nem kifizetődő. Alkalmazása kisebb tengersizorásokon történő átkeléseknél, erősen tagolt tengeröblökön való áthajózásnál gazdaságos. Olyan területen azonban, ahol a szárazföldi út közel azonos hosszúságú, már nem gazdaságos. Pl. egy 60 személy szállítására alkalmas szárnyas hajó motorteljesítménye közel 3...5-szöröse lehet egy hasonló feladatot ellátó autóbusz teljesítményének, és a beruházási költsége is nagyobb. Alkalmazási területét korlátozza még az is, hogy nagyobb tengeri utaknál az előforduló nagyobb méretű hullámvészesség esetén a hajó kiemelkedését a hullámok gátolják.

A szárnyas hajók főbb szerkezeti részei: a hajótest, a hordszárny, a hajtóberendezés és a propeller.

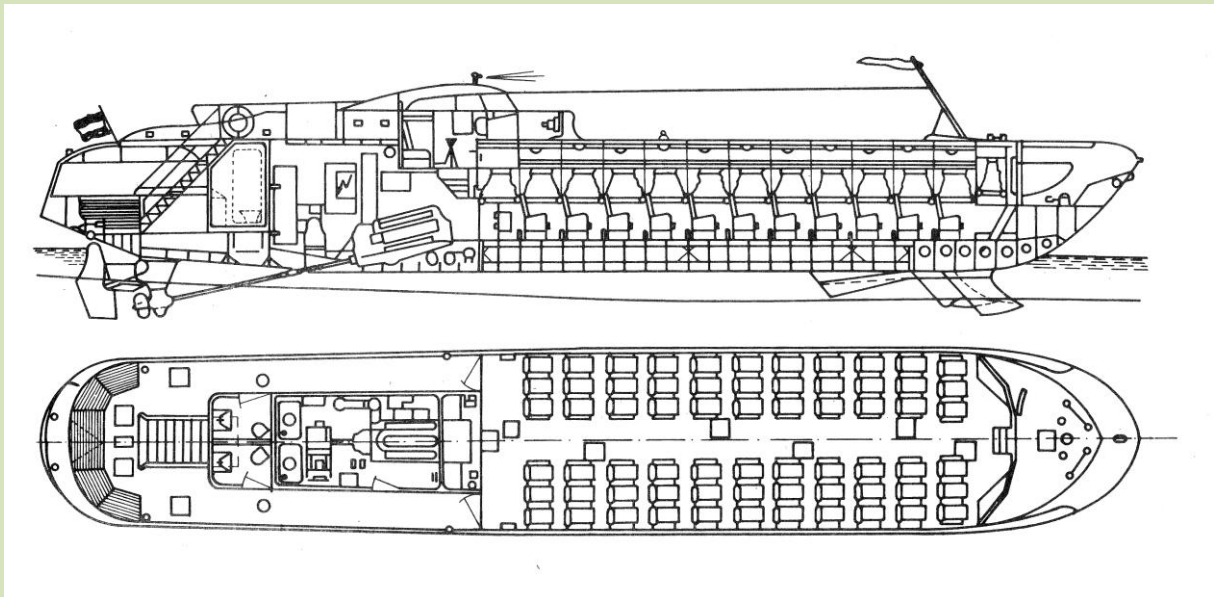
A hajótest szerkezeti anyagaként általában tengervízálló fémötvözetet alkalmaznak. A szerkezeti részek összeerősítését főként szegeccseléssel végzik, de újabban már készítenek hegesztett kivitelű testeket is. A Kínai Népköztársaságban már készítették műanyagból is szárnyas hajót.

A hordszárnyak építőanyaga általában ötvözött acél. Kialakításuk, mint ahogy ezt már említettük, általában lapos vagy V alakú. rögzíthetők mereven, ill. mozgathatóan, hogy sekély vízben a sérülés veszélye elkerülhető legyen.

Hajtóberendezésként kisebb hajóknál nagy fordulatszámú dízelmotorokat alkalmaznak. Nagyobbaknál mind elterjedtebben használják a gázturbinás hajtóművet is. (Említésre méltó pl. hogy az USA-ban alkalmazott 750 kW-os típus is csak 3000 kg tömegű.)

Nagyobb szárnyas hajóknál propellerként általában hajócsavart alkalmaznak. Ennek tengelye a vízszinteshez képest ferde elhelyezésű, de néhol alkalmaznak még Z-hajtást is azért, hogy a hosszú hajtótengelyt mellőzni tudják.

Hazánkban 1962 óta közlekedtetnek Budapest-Bécs között, valamint kiránduló járatokon szárnyas hajókat. Ezek ún. Rakéta-típusú hajók, teljes vízkiszorításuk  $25 \text{ m}^3$ , legnagyobb sebességük  $73 \text{ km/h}$  (8.8. ábra). Ez  $18 \dots 20 \text{ km/h}$  sebességhatárig a hagyományos hajótípusokhoz hasonlóan viselkedik. kb.  $30 \text{ km/h}$  sebesség elérésénél a hajó orra kiemelkedik a vízből, s eléri trimmhelyzetét, ami kb.  $2^\circ$ -nak felel meg.



8.8. ábra.  
Szárnyashajó nézeti rajza

A kiemelkedett úszáshelyzet következtében a hordfelületek is megfelelő állásszögű helyzetbe kerülnek. Kb.  $40 \text{ km/h}$  sebesség esetén a hajótest teljesen kiemelkedik a vízből. Ebben a helyzetben a gerinc  $0,8 \text{ m}$ -re van a víz felszíne felett. A leggazdaságosabb sebessége  $55 \dots 60 \text{ km/h}$  körül van. Teljesítményszükséglete  $60 \dots 65 \text{ km/h}$  sebességnél  $450 \dots 550 \text{ kW}$ .

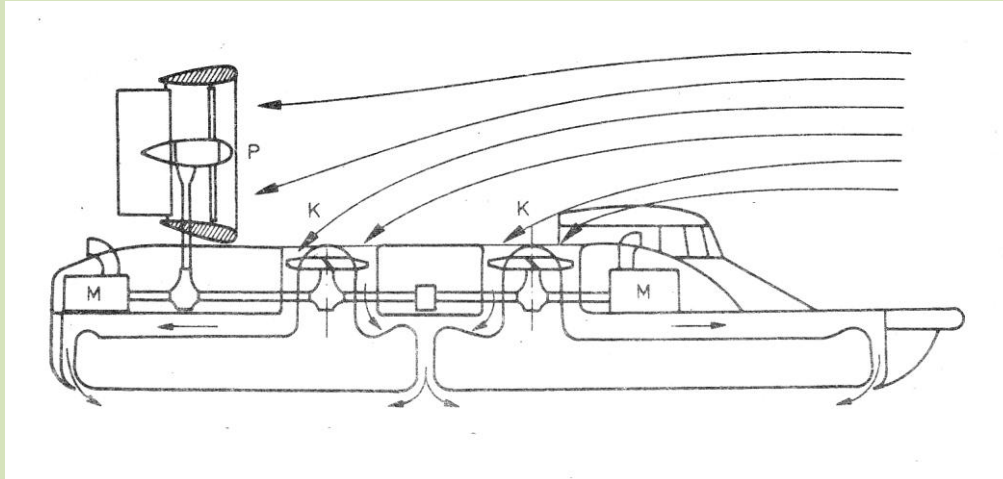
### 8.3. Légpárnás hajók

A néhány éve kialakított légpárnás hajók kezdetben kizárólag katonai célokra készültek; ma már ezeket személyszállításra is alkalmazzák (pl. a La Manche-csatornán). Általános működési elvük a következő:

Az úszóműveken elhelyezett kompresszor vagy kompresszorok, felülről vagy a haladási irányból levegőt szívnak és sűrítnek a hajó feneke és a víz felülete közé. Az itt kialakuló légpárna nyomása egyensúlyban tartja a hajót. A hajófenék széleinél a nagynyomású levegő



igen nagy sebességgel távozi, így a kompresszoroknak nagy levegőmennyiséget kell szállítani a hajó és a víz közötti légpárna fenntartásához. Pl. 3 t hasznos terhelésű, 20 t vízkiszorítású, 70 csomó haladási sebességű légpárnás hajóban 4 db 1100 kW teljesítményű motor szükséges a légpárna fenntartásához és a propulzióhoz. Propellerként hajócsavar vagy ,légcsavar használatos.



8.9. ábra.

*Légpárnás hajó*

A légpárnás hajó működése a 8.9. ábrán tanulmányozható. Az M betűvel jelölt gázturbinához oldható tengelykapcsolóval különféle változatban kapcsolható a két K kompresszor és a propeller. A hajó két oldalán, egymástól függetlenül, van elhelyezve egy-egy, az ábrán látható gépcsoport.

A légpárnás hajóknak a következő előnyös tulajdonságaik vannak:

- közlekedésük független a hajózható vízi utaktól és kikötőktől, valamint az éghajlattól, és részben a földrajzi viszonyoktól is;
- a légpárna következtében nem közeghatáron (víz-levegő), ill. szárazföldön közlekednek, mint a hagyományos hajók vagy gépjárművek, ezért nincsenek kitéve kopásnak, kicsi a korrózióveszély, így élettartamuk nagy, karbantartási igényük pedig kicsiny;
- szükség esetén súlyberendezés igénybevétele nélkül, saját erővel partra, ill. állványra helyezhetők;
- nem kell vízben, esetleg jég között telelniök;
- hasznos hordképességük kisebb, mint a hagyományos hajóké, de a repülőgépek és a helikopterek hordképességét többszörösen felülműlják.

A légpárnás hajók mozgását csak a légellenállás fékezi. A nagy haladási sebesség miatt a légellenállás jelentős értékű lehet. Pontos meghatározása csak kísérleti úton lehetséges.

A hajók ellenállását abból a célból vizsgáljuk, hogy megállapíthassuk a haladáshoz szükséges teljesítmény nagyságát. A sikló- és a hordszárnyas hajóknál teljesítményt csupán az

ellenállások legyőzéséhez szükséges kifejeznünk. Légpárnás hajók azonban a lebegéshez is teljesítményt igényelnek.

A hajó fenék alatt, rendszerint rugalmas anyagból készült „szoknyával” körülhatárolt térben helyezkedik el a légpárna. A hajó lebegésének fenntartásához az szükséges, hogy a légpárna nyomása

$$p = \frac{G}{A}$$

értékkel nagyobb legyen a légköri nyomásnál. (**G** a hajó tömege; **A** a hajó szoknyával határolt fenékfelületének vízszintes vetülete).

Ahhoz, hogy a hajót valóban csak a légellenállás fékezze, a légpárnát határoló szoknya alsó éle nem érintkezhet a vízzel. ennek érdekében a sima vagy enyhén fodrozott vízfelszínre tervezett légpárnás hajóknál is 5...10 cm hézag szükséges a víz felszíne és a szoknya alsó éle között. Ezen a hézagon azonban a légpárna nagynyomású levegője állandóan kiáramlik, s így a légpárna fenntartásához levegőt kell a hajó fenéke alá juttatni. A levegő bejuttatásához szükséges teljesítmény meghatározásának lehetőségét egy egyszerűsített példán vizsgáljuk:

14. példa. Egy 20 000 kg tömegű légpárnás hajó fenékfelülete 40 m<sup>2</sup>. Így a hajó alatti légpárna nyomása (túlnyomásban):

$$p = \frac{20\,000 \cdot 9,81}{40} = 4905 \text{ Pa.}$$

A fenékfelület kerülete 26 m. Ha a szoknya és a vízfelszín közötti rész átlagos magassága 5 cm, akkor légpárnából

$$A_1 = 0,05 \cdot 26 = 1,3 \text{ m}^2$$

keresztmetszeten áramlik ki a légkörinél **p= 4905 Pa** nyomással nagyobb nyomású levegő. A kiáramlás sebssége a nyomáskülönbség és a levegő sűrűségének ismeretében

$$c = \sqrt{2 \frac{p}{\rho}} = \sqrt{2 \frac{4905}{1,275}} = 88 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Így a kiáramló levegő mennyisége

$$Q = A_1 \cdot c = 1,3 \cdot 88 = 114,4 \text{ m}^3/\text{sec}$$



Ezzel a levegő pótlásához szükséges teljesítmény ideális esetben, ha a kompresszor hatásfokát és az áramlási veszteséget figyelmen kívül hagyjuk

$$P = Q \cdot p = 114,4 \cdot 4905 = 561\,132 \text{ W} = 561 \text{ kW}$$

Ha a hajó  $v = 20 \text{ m/sec}$  sebességgel halad, akkor ez a teljesítmény azonos értékű egy

$$F = \frac{P}{v} = \frac{561\,132}{20} = 28\,057 \text{ N}$$

agyságú ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítménnyel.

A légkörinél nagyobb nyomású levegő a hajó fenéke alatti víz felületét lenyomja. A vízszint lesüllyedésének mértéke a nyomás ismeretében meghatározható:

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{4905}{1000 \cdot 9,81} = 0,5 \text{ m}$$

Így a keletkező levegőteknő térfogata

$$V = h \cdot A = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ m}^3$$

azonos a légpárna nélkül, vízben úszó hajó vízkiszorításának térfogatával.

A haladó hajónak állandóan újabb és újabb vízmozgást kell lenyomnia egyensúlyi helyzetéből. Ehhez ismét energiát kell kifejteni.

### Összefoglalás

A siklóhajókra álló helyzetükben statikus felhajtóerő hat. A sebesség növekedésével a fenéken keletkező dinamikus nyomások egyre nagyobbak lesznek. ennek következtében a sikló test a víz felszínére emelkedik, a statikus nyomás egyre kisebb lesz és csökken a súrlódó, valamint a hullámképző ellenállás. A siklóhajók fenéke lehet lapos, V bordás és lépcsős kiképzésű.

A szárnyas hajók működésének, felépítésének lényege a következő. A hajó súlypontja előtt a hajó szélességével közel azonos hosszúságú szárnyfelületet helyeznek el és a far közelében pedig egy ennél kisebbet. A szárnyak a vízzel egy bizonyos szöget zárnek be, így a víz mozgása a szárnyak fölött meggyorsul, alatta lelassul, a felső és az alsó oldal között létrejövő nyomáskülönbség következtében felhajtóerő keletkezik. Főbb szerkezeti részei: a hajótest, a hordszárny, a hajtóberendezés és a propeller.

A légpárnás hajók működési elve a következő.

A hajón elhelyezett kompresszor felülről vagy a haladási irányból levegőt szív majd ezt sűrítve, a komprimált levegőt a hajó fenéke és a vízfelület közé nyomja.

Az itt kialakuló légpárna nyomása egyensúlyban tartja a hajót. A haladás a légpárnán kisebb ellenállással történik, mint a hagyományos hajóknál. Előnyei:

- közlekedésük független a víziutaktól, kikötőktől;
- javításához sólyaberendezésre nincsen szükség;
- nem kell vízben, esetleg jég között teleniök.

\*\*\*