

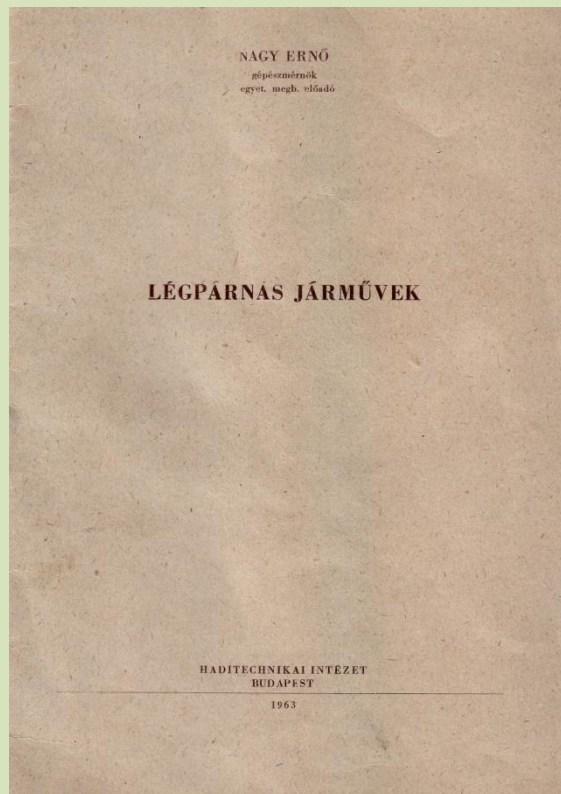
Nagy Ernő
gépezsmérnök
egyet. megb. előadó

LÉGPÁRNÁS JÁRMŰVEK

Haditechnikai Intézet
Budapest
1963

Különlenyomat a Honvédelem 1963. évi 5. számából

A Haditechnikai Intézet 20. kiadványa
Felelős kiadó a Haditechnikai Intézet parancsnoka



A járműtechnikában az utóbbi néhány év folyamán sok szó esik egy különleges, új járműtípusról. Az első kísérleti járművek a vízi közlekedés céljaira készültek és ezért először légpárnás siklóhajónak nevezték el ezeket. Később azonban, elsősorban az amerikai hadsereg és tengerészgyalogság szempontjai szerint végzett fejlesztési munka folyamán, előtérbe kerültek a földi, illetve kétéltű (amfibia) légpárnás járművek is. Ma általában légpárnás járművek néven foglaljuk össze az ilyenfajta különleges szállítóeszközöket.

Ez a járműfajta tulajdonképpen nem új. Már a múlt századból származnak egyes javaslatok hasonló elveken felépülő járművek megvalósítására, de a tervekből az akkori technikai lehetőségek között nem lett semmi. A légpárnás járművek gyakorlati, nagyobb arányú megvalósítására csupán az utóbbi tíz évben került sor. 1960 óta számos figyelemre méltó légpárnás járművet alkottak meg, s az eredetileg vízi szállítási célokra használatos „siklóhajók” szárazföldön is bebizonyították használhatóságukat. Az utóbbi két év alatt számos aránylag nagyméretű (és már a gazdaságossági szempontok figyelembevételével is megtervezett) légpárnás járművet gyártottak, elsősorban Angliában és újabban a Szovjetunióban, valamint az Egyesült Államokban, Franciaországban és Svédországban. A békés alkalmazási lehetőségeket bizonyítja, hogy az egyik angol nagy kompszolgáltatónál ilyen légpárnás járműveket 1962-ben a menetrendszerű közlekedésbe is beállítottak.

1. Az aerodinamikai párnahatás

A légpárnás jármű az ún. *aerodinamikai párnahatást* hasznosítja. Ez a hatás régóta és jól ismert a repülőgépek, de különösen a forgószárnyas repülőgépek (helikopterek) repülési gyakorlatából. A földfelület közvetlen közelében haladó merev repülőgépszárny illetve a földfelület közelében forgó helikoptermotor⁽¹⁾ lényegesen nagyobb emelőerőt termel, mint a földfelszín e hatásától távolabb, a szabad áramlásban. A felhajtóerőnek ez a hirtelen és jelentős megnövekedése a szóban forgó párnahatás, amely tehát az emelőhatás erőteljes fokozódásában jut kifejezésre.

Ha a 8-10. oldalon ábrázolt idealizált légpárnás járműveket tekintjük, megállapítható, hogy a jármű emelőereje, vagyis teherbírása két összetevőből áll

$$P_y = P_T + p \cdot F$$

Ahol P_y az emelőerő, P_T az emelőerőt biztosító sugár vonó- (toló-) ereje, p a jármű alatt létrehozott légpárna nyomása, F pedig a nyomás által érintett terület, gyakorlatilag a jármű alapterülete. A P_T tolóerő meghatározható a kiáramlási keresztmetszeten távozó levegő m tömegével és v áramlási sebességével.

Ez a tolóerő amelyet a jármű hajtó berendezése párnahatás nélkül, a földfelszíntől nagyobb távolságban is mindenképpen szolgáltatna. Sugárhajtású, helyből felszálló repülőgépek esetében ez a hajtómű tolóereje, helikopterek esetében pedig a földtől egy rotor-átmérőnél nagyobb magasságra felemelkedett rotor emelőereje. Az emelőerő képletében második tag($p \cdot F$) a párnahatásból adódó felhajtóerő-többletet fejezi ki, mert hiszen ez a jármű egész alapterületén megoszló légpárna emelőereje.

Ha az előbbi képlet mindkét oldalát elosztjuk a tolóerővel, a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{P_y}{P_T} = 1 + \frac{p \cdot F}{P_T} = 1 + \mu$$

És az itt szereplő μ tényezőt nevezzük fajlagos felhajtóerő-többletnek, ezt az angolszász irodalom „augmentation ratio” (növekménytényező) néven ismeri.

Az általános esetben, ha az emelő légsugár nem merőleges az alapterületre, hanem annak normálisával Θ szöveget zár be, a tolóerőt

$$P_T = m \cdot v \cdot \cos \Theta$$

Kifejezés adja meg, ahol csupán ismert mennyiségek szerepelnek. Ha ezenkívül a hidrodinamikából ismert módon megállapítjuk, hogy a kombinált emelő hajtómű kilépő keresztmetszetén távozó levegőtömeg $m \cdot v$ mozgásmennyiségének változása a kilépő keresztmetszetben, az ún. légfüggönyben fellépő erőt adja, és tudjuk azt, hogy a légpárna magassága h , továbbá a jármű (s vele együtt a levegő) kilépő kerülete K , akkor az impulzustétel értelmében:

$$p \cdot h \cdot K = m \cdot v - m \cdot v \cdot \sin \Theta = m \cdot v (1 - \sin \Theta)$$

Hiszen a légfüggöny távozó levegőnek $v \cdot \sin \Theta$ a maradó sebessége. Ebből lehet a légpárnában fellépő nyomás értékét kiszámítani, amely

$$p = \frac{m \cdot v \cdot (1 - \sin \Theta)}{h \cdot K}$$

A gyakorlatban meghatározhatunk egy olyan D' egyenértékű átmérőt, amely az előbbi képletekben szereplő F területtel azonos területet és K kerülettel azonos kerületet ad.

$$D'^2 \cdot \frac{\pi}{4}, \text{ illetve } D' \cdot \pi$$

A gyakorlatban a párnahatást a h/D arány, vagyis a párnamagasság és az egyenértékű átmérő aránya függvényében szokás vizsgálni. Ekkor a görbe alakja hiperbola, amelynek függőleges aszimptotája az ordinátatengely, vízszintes aszimptotája pedig $\mu = 1$ érték, a szabad áramlásban elért emelőerő.

Az aerodinamikai kísérletek és gyakorlati mérések egybehangzó tanulsága szerint a 0 és 0,2 közé eső $hT/D^{(2)}$ értéktartományban a legerősebb a párnahatás, és itt a talaj közelségének felhajtóerőnövelő hatása valóban többszörösére fokozza az emelőerőt. A párnahatás még többé-kevésbé érezhető $h/d = 0,2$ és $0,8$ közé eső értéktartományban, míg ennél nagyobb magasságokban a párnahatás gyakorlatilag megszűnik.

A légpárnás járművek csakis az alsó tartományt hasznosítják és ennek is csupán a $h/D=0$, valamint $0,1$ közé eső tartományát. Ennél nagyobb fajlagos párnamagassággal egyenlőre nem építenek légpárnás járműveket, elsősorban az elszökő óriási levegőmennyiség pótlására szükséges nyomású, ugyancsak óriási szállítóteljesítményű kompresszor és hajtómotor súlya, illetve teljesítménye miatt.

A párnahatás elsősorban aerodinamikai jelenség és így az emelőerő többé-kevésbé pontos számítást teszi lehetővé. Sokkal inkább vagyunk azonban találgatásokra és kísérletekre utalva a légpárnás jármű teljesítmény-szükségletének megállapításában, minthogy itt nem csupán az elérni kívánt emelőerő, hanem a járműtől kívánt haladási sebesség is nyomósan esik latba. Az eddigi mérések szerint a légpárnás járművek fajlagos teljesítményterhelése kb. $4-7,5$ kg/LE, vagyis 1 tonna járműsúly felemeléséhez és megfelelő sebességű vontatásához $120-250$ LE-re van szükség.

2. A légpárnás járművek stabilitása

Az aerodinamikai párnahatást hasznosító járművek dinamikája az eddigiektől eltérő, külön tárgyalást igényel. Ami magát a párnahatást illeti, erre vonatkozólag igen nagy számú aerodinamikai kísérleti adat áll rendelkezésre. Sokkal kevésbé közöltek mérési eredményeket a légpárnás járművek stabilitásáról. E kérdés alaposabb vizsgálata csupán az utóbbi két év folyamán került előtérbe, miután kiderült, hogy az üzemszerűen földközeli közlekedő légpárnás járművekre nem lehet alkalmazni pl. a helikopterek földközeli lebegésével kapcsolatos eredményeket, illetve ezek csupán a helyben lebegő légpárnás járművekre vihetők át lényeges módosítás nélkül.

Talán az is közrejátszott a stabilitási kérdések régebbi elhanyagolásában, hogy a légpárnás jármű minimális lebegési magassága folytán eleve biztonságos, tehát nem szorította a stabilitás vizsgálatára a tervezőket olyan körülmény, mint pl. a repülőszerencsétlenségek problémája.

Mínthogy azonban a légpárnás jármű mozgékonyasága, amiről még alább külön is szólunk, dinamikai szempontból aligha tekinthető tisztázottnak, elkerülhetetlen volt a légpárnával fenntartott és haladó mozgást végző tárcsa stabilitási vizsgálatainak alaposabb elemzése, különös tekintettel a jármű bólintószög-helyzetére. Ezekből kitűnik, hogy a légpárna egyes összetevőinek viszonylagos erősségétől függően kétféle áramlási állapot létezhet aszerint, hogy a légpárnának melyik része járul hozzá nagyobb mértékben a lebegő állapot fenntartásához. A jármű hossz tengelyének megdőlésekor a felemelkedő részen gyengülő párnahatás kellemetlen jelenségekhez vezet és ezen előbb-utóbb megfelelő stabilizáló segédművek bevezetésével kell segíteni. ez a probléma főleg az aránylag kisebb méretű járművek esetében válhat igen súlyossá, pl. szárazföldi légpárnás szállító járműveken, ahol a hasznos teher elhelyezésének nyilván a lehető legszélesebb lehetőségeket kell biztosítani anélkül, hogy ez a jármű terepjáró képességét befolyásolná.

3. A légpárnás járművek mozgékonyasága

A légpárnás járművekkel kapcsolatban gyakran teszik azt az indokolatlan megállapítást, hogy ezek rendkívüli mértékben mozgékonyak, fordulékonyak, manőverezésre képesek. Ez a megállapítás akkor jogosult, hogyha a légpárnás járműveket a vízi járművekhez, a hajók különböző típusaihoz hasonlítjuk, de egy cseppet sem helytálló, ha a mai nagy fordulékonyaságú, korszerű katonai gépjárműveket vesszük figyelembe. Általában megállapítható, hogy a légpárnás jármű fordulékonyaság és mozgékonyaság szempontjából a legnehezebb páncélozott földi járművek mögött is elmarad.

Ennek az a magyarázata, hogy a légpárnás jármű –különleges kormányozdulatoktól eltekintve- nagyjából repülőgép módjára változtatja irányát, márpedig a kizárólag aerodinamikai erőkkel működő kormányfelületek sokkal kevésbé hatásosak, mint pl. a súrlódást messzemenően igénybe vevő földi kormányoszlopok. Kialakult ugyan a légpárnás járművek valamiféle különleges vezetési technikája, mely elsősorban olyan műfogásokban jut érvényre, hogy pl. a jármű vezetője a légpárna lerontásával hirtelen „leülteti”, vagyis a földfelszínnel érintkezésbe hozza járművét, majd az ismét helyreállított légpárna és a kormányoszlopok felhasználásával helyben megfordul. Ez azonban tulajdonképpen kizárólagosan a helyi 90 vagy 180 fokos forduló esetében hatásos, minden más esetben, pl. teljes sebességgel úton haladva szóba sem kerülhet.

A légpárnás jármű fordulózására, bekanyarodására a repülésben is alkalmazott módszert kell használni. A jármű és az alapfelület között nincs súrlódás, és emiatt a kormányhatást csakis a jármű bedöntésével (a repülőgépeknél alkalmazott becsűrítéshez hasonló módon) és megfelelő aerodinamikai kormányfelületek mozgatásával lehet létrehozni. Ez szükségszerűen nagyjából 3 fok/másodperc értékre korlátozza a jármű fordulási szögsebességét. ez az érték ugyan a hajtóművek elforgatásával, esetleg külön oldalirányú tolóerőt vagy vonóerőt létrehozó hajtóegységek alkalmazásával lehet javítani, nagyjából azonban az előbbi értéket kell alapul elfogadnunk.

A földi járművekkel összehasonlítva ez lényegesen rosszabb menetjellemzőket ad , viszont a tengeri járművekhez képest eléggé kedvező érték. Az angol SR-N2 típusú légpárnás siklóhajó pl. 80 km/óra sebességen az említett 3 fok másodperc szögsebességgel 440 m sugarú körön tud fordulni, ezzel szemben egy kis romboló vagy fregatt 60 km/óra sebességen nagyjából hasonló sugarú körön fordulóképes (a Queen Mary óceánjáró 45 km/óra sebességen 1500 m legkisebb sugarú körön fordulhat). Ha hozzávesszük ehhez még a helyben fordulás lehetőségét is, akkor láthatjuk, hogy a hagyományos vízi járművekhez viszonyítva a légpárnás siklóhajó kétségtelenül előnyös.

A légpárnás jármű megállása is merőben másképpen történik, mint a közönséges szárazföldi vagy vízi járműveknél. Az eddigi kísérletek során nagyjából 3-4g lassulást sikerült elérni; ez az érték forgalmi jármű szempontjából ugyan elfogadhatatlanul nagy, de katonai járművön kétségtelenül megengedhető.

Az angol SR-N2 típusnál a megállás mérésével kapcsolatos kísérleteket (általában a jármű megállását) úgy szokták végezni, hogy először a légsavarak, illetve hajtóművek teljes tolóerejű fékezéssel kb. 45 km/óra sebességig lassítják le a járművet, ezután pedig a légpárna fokozatos megszüntetésével ültetik le a víz vagy talaj szintjére. Az ily módon kapott fékút-adatok nem sokkal rosszabbak, mint a közúti járművekkel kapott értékek, ugyanakkor pedig sokkal jobbak, mint a szokásos hajóké. Az említett típusnak az előbb leírt eljárással 80 km/óra sebességről való lefékezésekor a teljes fékút 145 m volt- Ugyanakkor egy kis romboló 65 km/óra sebességről propelleres fékezéssel való leállításához legalább 440 m-es fékút kell (a Queen Mary esetében pedig 30 km/órán 2000 m), tehát sokszorta több. Érdemes még azt is megjegyezni, hogy a légpárnás jármű fékezés közben teljes mértékben kormányozható marad, a hajók esetében azonban a lassítás többnyire együttjár a manőverező-képesség erőteljes csökkenésével.

Meg kell említenünk, hogy a légpárnás járművek közlekedése merőben eltér a szokásos szárazföldi és vízi járművektől. ebből a szempontból e különleges járművek leginkább a repülőgépekhez hasonlítanak, mert hiszen pl. pályájukat a szél sodró hatásával a

repülőgépekéhez hasonlóan befolyásolja, s ezt pl. a jármű vezetőjének feltétlenül figyelembe kell vennie.

A lefolytatott kísérletek folyamán nem különösebben voltak tekintettel az ilyen járművek navigációs igényeire és részben klasszikus hajózási, részben a repülésből átvett műszerezéssel igyekeztek a problémát megoldani. A szárazföldi légpárnás járművek szempontjából azonban ezek a módszerek javarészt nem kielégítőek. A hosszabb ideig tartó kísérleti üzen tapasztalataiból azonban kis fognak kristályosodni azok a navigációs jellegű követelmények, amelyek megfelelő műszerek és más segédberendezések fejlesztésével kielégíthetők.

4. Az előrehaladás biztosítása

Maga a légpárna csupán a jármű felemeléséről gondoskodik. mivel azonban az szükségszerűen a jármű és a támasz közötti tapadást is gyakorlatilag megszünteti (a súrlódási tényező csaknem zérus), ezért a jármű haladását csakis a repülőgépekéhez hasonló módon lehet biztosítani.

A haladáshoz szükséges vonóerőt, illetve tolóerőt ezek szerint akár húzó, akár toló légcsavarokkal kell létrehozni, vagy pedig a sugárhajtóművek valamelyik típusát kell segítségül hívni. Az aránylag kis sebesség miatt a sugárhajtóművek propulziós hatásfoka nyilván túlságosan kicsiny ahhoz, hogy gazdaságosan üzemelhetők legyenek. Legfeljebb a főkompresszor légáramának megcsapolásával és az aránylag kis sebességű, feltétlenül erősen szubszónikus toló légsugárral lehet pazarlás nélkül tolóerőt termelni, amint ezt például az első, *SR-NI Hovercraft* járművön láthattuk.

Csupán a teljesség kedvéért említjük meg, hogy nagyon kis légpárnás járműveket valóban lehet külön légcsavaros stb. hajtómű nélkül kormányozni, egyszerűen a lebegő jármű megdöntésével, súlyponthelyzetének változtatásával, tehát végeredményben az emelőerő vektorának igen kis vízszintes irányú összetevőjét felhasználva. A nem-kísérleti járműveken azonban ilyesmi szóba sem kerülhet.

A jelenleg épülő különféle légpárnás járműveknek több mint 95%-a a légcsavaros hajtású. Kisebb és közepes járműveken alkalmazható egyetlen légcsavar, de a nagyobb járműveken, már csak a nagyobb fordulékonyság elérése céljából is, inkább két vagy több légcsavart alkalmaznak. A légcsavart hajtó erőgép a teljesítmény-igény szerint lehet dugattyús motor (a kisebb teljesítmények csoportjában) vagy pedig gázturbina (a szinte tetszőlegesen nagy teljesítmények csoportjában, kb. 800-1000 LE-től felfelé). A légcsavar célszerűen állítható emelkedésű, sőt fékező állást is lehetővé tesz. ezen a téren a légpárnás jármű maradéktalanul

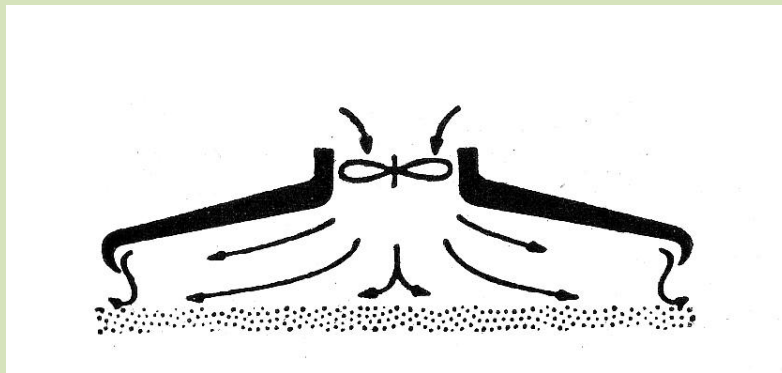
hasznosítja mindazt, amit a repülőtechnika néhány évtizedes fejlődése –éppen a sugárhajtóművek megjelenéséig- eredményezett.

Amíg a kisebb járműveken érdemes egyetlen hajtóművet, illetve motort használni és az összes segédlevegő –szükségletet (esetleg még a sugárhajtóművet is beépítve) ennek megcsapolásával fedezni, addig a nagyobb járműveken inkább megosztják a hajtóművet, mert ez egyszerűsíti a súlyponthelyzet szempontjából is kedvező.

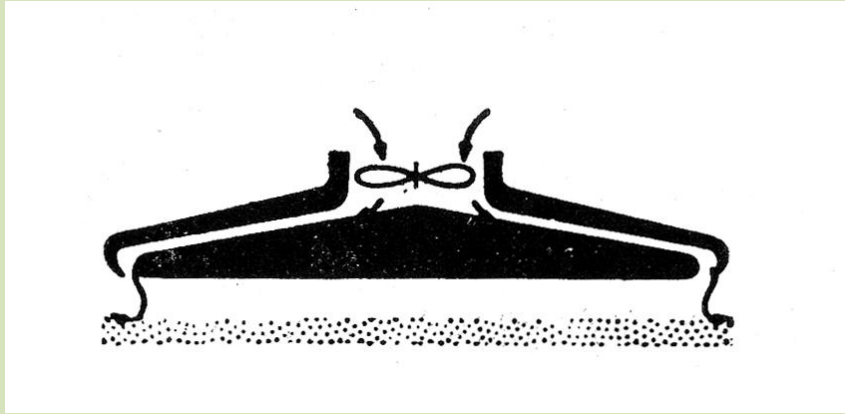
A légsavarakat egyrészt biztonsági okokból, balesetelhárítási szempontokból, másrészt azonban a csatornában működő légsavár kedvezőbb áramlási viszonyaira való tekintettel is gyakran hengerpalást alakú burkolattal látják el.

5. A légpárnás járművek alapvető fajtái

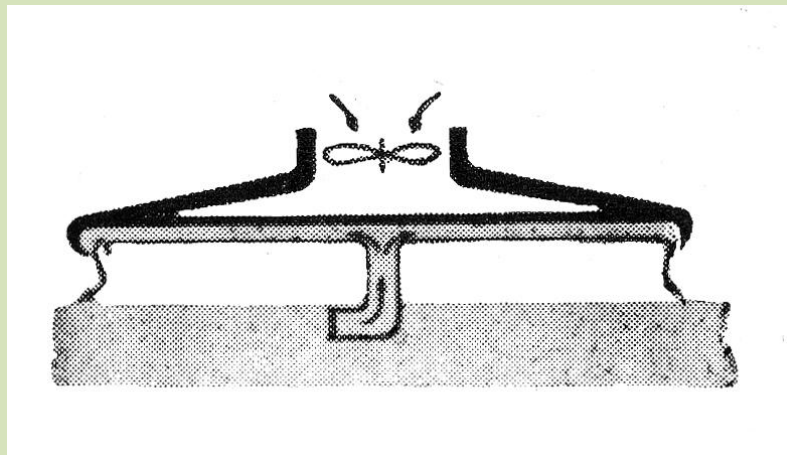
A légpárnát létrehozó szerkezeti részek kialakítása szerint többféle megoldással kísérleteznek. Hétféle légpárnás járműtípust különböztetünk meg: ezeket az alábbi ábrákon mutatjuk be.



- a) Valamennyi közül a legegyszerűbb a *nyitott párnakamrás* jármű, amely tulajdonképpen nem is egyéb, mint egy doboz, vagy fedél, amelyet belső túlnyomású közeg emel el a talajtól. Ezzel a megoldással eddig már többféle járművet készítettek. A megoldás mégsem tekinthető elfogadhatónak a gyakorlati, gazdaságos jármű szempontjából, mivel a párnakamra akkora hasznos teret foglalna el a járműből, hogy gyakorlatilag alig maradna valami –a kezelőszemélyzeten kívül- a hasznos súly elhelyezésére, ezenkívül aránylag nagy mennyiségű levegőt kell a kompresszornak szállítania. Az ilyen járműnél az előre irányuló mozgás kellemetlenül eltorzítja az áramlási teret és lerontja a párnahatást, végül a lebegési magasság, (mely az adott esetben nem azonos a párna magasságával) mindössze 5-10 cm körül jár. Ez az oka annak, hogy bár ezt az elrendezést a légpárnás elv megvalósíthatóságának bebizonyítása szempontjából felhasználták, azóta a gyakorlatban általában elejtették.

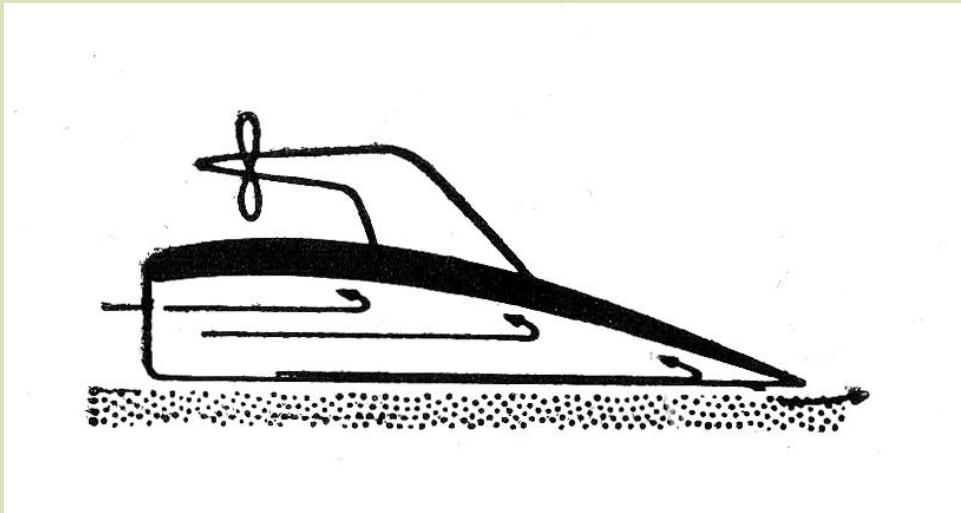


- b) A *kerületi légsugárfűvőkás* járműben a légpárna a jármű kerületén megfelelően kialakított gyűrűs réből lefelé és befelé kifúvott levegő hatására jön létre. Itt a kerületi légrés alkotta légfüggöny elsődleges feladata, hogy a jármű alatt kialakult légpárnát mindenképpen behatárolja és fenntartsa. A mérések tanúsága szerint az ilyen légpárnás járművek párnamagassága, (mely ezúttal a lebegési magassággal azonos), ugyanakkora alapterületet, súlyt és teljesítményt feltételezve, jóval nagyobb, mint a párnakamrás járműveké. ezek a járművek egy méternél nagyobb lebegési magasságra képesek. A járművel elérhető sebesség is jóval nagyobb, mint a közönséges párnakamrás megoldásban, minthogy a gyűrűs réből nagy sebességgel kilépő függöny a jármű haladása nyomán keletkező áramlást sokkal kevésbé módosítja vagy torzítja, mint a nyitott kamrás kivitelben. A hasznos teher elhelyezésére sokkal nagyobb tér áll rendelkezésre; ez az oka annak, hogy a mai légpárnás járművek legtöbb típusa ebbe az osztályba tartozik.

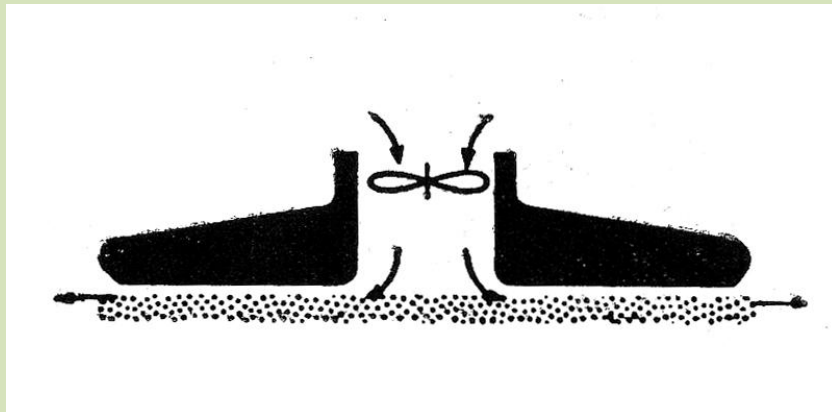


- c) A *vízfüggönyös légpárnás* járműnek elvileg nagy előnyt kell nyújtania a légfüggönyös megoldáshoz képest. Ez a típus természetesen kifejezetten csak légpárnás siklóhajókhoz alkalmas, minthogy a gyűrűs résen kilövellt vizet csakis a jármű alól lehet tartósan előteremteni. A járműben egy szivattyúzó rendszer van, amelynek szívócsöve a vízbe nyúlik és amely a vizet a vízfüggöny kialakítása céljából a jármű kerületére táplálja: a vízfüggöny sűrűsége kerekén 800-szorta nagyobb lévén, mint a levegőé, ezért a légpárna gyakorlatilag képtelen megszökni a jármű alól, s így a légpárna fenntartásához szükséges teljesítmény is erőteljesen csökkenthető. Bár a leírt elv szerint építettek már kismintákat és kísérleti járműveket, a kísérletek nem váltak be, minthogy a szivattyúzó rendszer és a kerületre szállított vízmennyiség a jármű hasznos terhéből igen sokat von le, ezenkívül a szivattyúzó rendszer áramlási ellenállása –a vízbe nyúló szívószáját is beleértve- súlyosan korlátozza a haladási

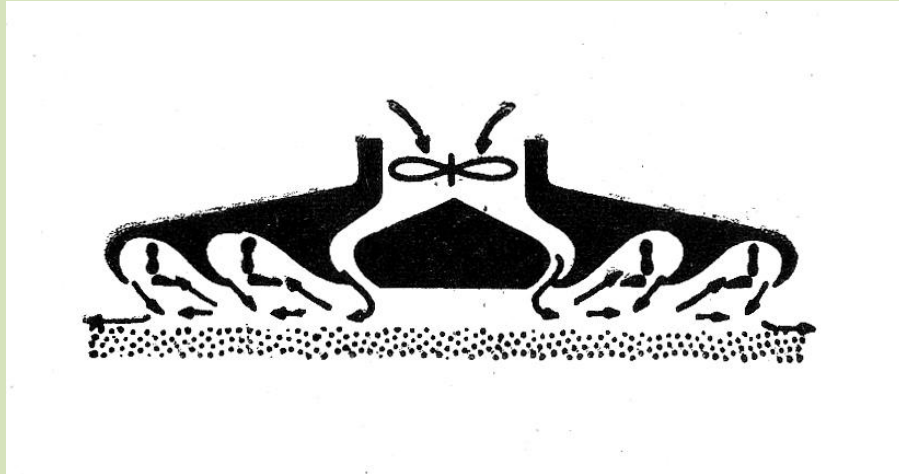
sebességet; de nem utolsósorban az is hátrányos, hogy legalább háromféle hajtórendszerre van szükség: az egyik a párna, a másik a vízfüggöny, a harmadik pedig a hajtó tolóerő kialakítására.



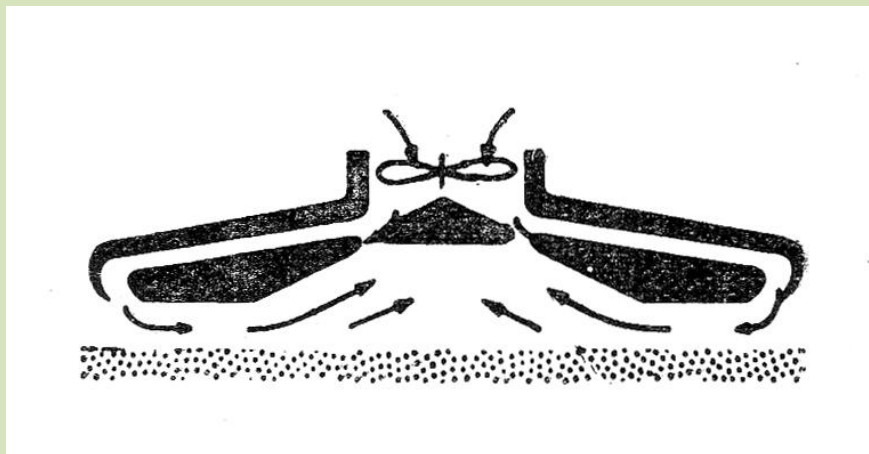
- d) A *torlósárnyas megoldás* –az előbbiekkal ellentétben- nem nyújt lehetőséget tetszőleges állapotban (pl. helyben állva) a lebegésre. ez tulajdonképpen nem is egyéb, mint két végén ún. zárólapokkal lezárt, vastagabb szárny. A torlónyomást a szárny dinamikus felhajtóerővé alakítja át, s eközben a jármű meglehetősen nagy sebességgel halad. Amint a levegő a szárny és az azt behatároló két zárólap közötti térben feltorlódik, a felhajtóerő is fokozatosan felépül. Avégből, hogy a torlósárnyas jármű helyből emelkedhessék és helyben lebeghessen, a már előbbieken leírt szerkezeti megoldások valamelyikével kell kombinálni.



- e) Az *aerodinamikai csapágyhoz* hasonló megoldásokban a rendkívül sima sík felületen halladó fémlap középpontján táplálják be a levegőt. ez a megoldás tehát nagyjából a csapágy kiviteléhez hasonlít, rendkívül kis h/D viszony jellemzi, s működéséhez feltétlenül abszolút sima alapfelület szükséges. A légpárna vastagsága kevesebb egy milliméternél. Alapvető előnye, hogy a súrlódás rendkívül kicsiny és emiatt a jármű rendkívül nagy, 300-500 km/óra sebességet képes elérni. A jelenleg javasolt szerkezeti megoldásokban (amelyeket kismintában már meg is építettek) különleges egysínű támasztófelülettel biztosítják a jármű vezetését.



- f) A *labirint csatornás* megoldás ugyancsak kedvelt kivitel. Itt a kompresszor szállította levegőt több belső levegőjáraton nyomják keresztül, ilyenformán a felhajtóerő létrehozásával egyidejűleg a légpárna is kialakul. Weiland számításai szerint egy háromfokozatú labirintcsatornás megoldással a közönséges légpárnás járműhöz képest 40% megtakarítás érhető el. A rendszer lényeges hátránya a mechanikailag bonyolult felépítés, ugyanis a párnaterekben a levegőt külön légcsavarokkal kell hajtani és a jármű rendkívül tagolt felépítése miatt a karbantartás is nagyon költséges lehet.



- g) A recirkulációs légpárnás jármű elvileg nagyon vonzó megoldás, minthogy a légpárnába kerülő levegő mennyiségének a diffúzion keresztül való elszívásával és újrakeringetésével a légpárna fenntartása tulajdonképpen rendkívül kis teljesítményt igényel. A belső csatornát oly módon alakítják ki, hogy a legnagyobb sebesség és vele együtt a legkisebb nyomás a kerületen lép fel. Emiatt a külső légnyomásnak mint túlnomásnak a hatására a levegő a gyűrűs résből befelé, a jármű közepe felé áramlik, s ott a belső üregbe lép. Az alapvető problémának az a veleje, hogy az egész belső aerodinamikai kialakításnak rendkívül hatásosnak kell lennie és ráadásul nagyon rugalmasnak is, hogy pl. a légpárna megnövelésével kapcsolatban eléggé rövid reakcióidőt érjenek el. Az erre irányuló kísérletezések nem kecsegtetnek sok eredménnyel.

A felsorolt hét típus áttekintéséből azt a megállapítást szűrhetjük le, hogy az itt tárgyalt járművek szempontjából a kerületi levegőkiáramlással dolgozó [az előbb b) alatt említett típus] az egyetlen valamit érő megoldás. Ezenkívül gyakorlati felhasználásra még szóba jöhet a rendkívül sima alátétet igénylő, vékony légpárnás kivitel, továbbá a megosztott labirintcsatornás típus is.

Az utóbbi időben, részben a légpárnás járművek sokoldalúságának bizonyítására, az előbbi típusok több kombinációját is kialakították.

Bizonyos szempontból különleges helyet foglal el a kombinációk sorában a francia Bertin légpárnás járműve, aki nem egyetlen légpárnával, hanem aránylag nagy számú kisebb légpárnaelemmel kívánja –az elsősorban katonai célokra készült – jármű szárazföldi terepjáró képességét megnövelni. Kérdéses azonban, hogy ez a megoldás akár üzembiztonság, akár karbantarthatóság, akár pedig a hasznos teher és a költségek szempontjából egyáltalán versenyképes-e.

Igen érdekesnek mondhatók azok a légpárnás „adapterek”, amelyekkel a meglévő közönséges kerekes járműveket, a többi között a nálunk is ismert „Land-Rover” típusú járműveket alakíthatják át mocsaras terepen is menetképes légpárnás tehergépkocsivá. Nem vitás, hogy ezek az átalakítások figyelmet érdemelnek, bár az így létrehozott járművek üzeme gazdaságosnak aligha mondható. Vannak azonban nem csupán katonai, de polgári felhasználások (pl. mentőjárművek) is, ahol nem a gazdaságosság, hanem pl. a feltétlen terepjáróképesség jön elsősorban tekintetbe.

A szóban forgó adapterek gyakorlatilag a kerületi légfúvókás rendszerből álló, kötényszerű szerkezetek, amelyeket a járműre (helyesebben a jármű köré) lehet szerelni, természetesen a járművön magán elhelyezve a légpárna fenntartásához szükséges kompresszort. A légpárna fenntartását a kerületi légvezetékes és fúvókasoros elrendezésen kívül még hajlékony köténylemezek is elősegítik.

Az utóbbi járművek katonai szempontból is feltétlenül érdekesek. Említésre méltók közöttük azok a megoldások is, amelyekben a légpárnát nem használják fel a jármű teljes elemelkedéséhez, hanem csupán arra, hogy a lágy talajban való besüppedését meggátolják. Ilyenkor a haladáshoz szükséges erőt a terepjáró abronccsal forgó, hajtott kerekek is szolgáltatni tudják, hiszen a legkedvezőbb tapadási feltételeknek megfelelő tengelynyomással tarthatók üzemben. A légpárnás „Land-Rover” esetében pl. a járulékos légpárna a jármű

hasznos terhet számottevő mértékben több száz kilogrammal (özsúlyát kb. 1500 kg-mal) megnövelte.

Hangsúlyoznunk kell, hogy az előbbi osztályozás inkább az eddigi típusok rendszerezését szolgálta és egyáltalán nem zárja ki azt a lehetőséget, hogy újabb szerkezeti megoldások jelenjenek meg. Az eddigi fejlődést értékelve arra kell tekintettel lennünk, hogy az aerodinamikai párnahatást e járművek megjelenéséig kuriózumszerű mellékjelenségnek tekintették. Az aerodinamikai vizsgálatok újabb fejezete viszont bizonyára sok érdekes részletet fog feltárni, és különböző egyéb aerodinamikai jelenségek (réshatás, csatornaeffektus, határrétegbefolyásolás stb...) felhasználását is lehetővé fogja tenni.

6. A légpárnás járművek katonai alkalmazásai

A korszerű hadseregek kiváló terepjáró képességű, gyakran nagy tűzerejű, mozgékony stb. szállító és harci járművekkel és egyéb gépesített eszközökkel vannak felszerelve. Felmerül tehát a kérdés: miért lehet szükség a jövő hadseregében légpárnás járművekre és egyáltalán miért is érdemes ezeket a járműveket fejleszteni. Köztudomású, hogy az egyesült Államokban a különféle légpárnás járművek fejlesztése eddig csaknem kizárólagosan katonai szervek megbízásából történt, az angol légpárnás járműveket ugyancsak elsősorban állami eszközökből építették meg, bár igen nagy mértékben a szigetország különleges közlekedési igényeinek (járműszállítás a La Manche-csatornán, kompforgalom stb.) figyelembevételével. Az eddigi szovjet kísérletek célkitűzése elsősorban a népgazdaság különleges igényeinek kielégítése (nehezen megközelíthető országrészek gazdasági feltárása).

Általában egyöntetű az a vélemény, hogy a légpárnás járművek nem az országúti forgalomra alkalmasak. Oka ennek az is, hogy légpárnás és kerekes járművekkel lehetetlen vegyes forgalmat megvalósítani. E tekintetben utalunk a légpárnás járművek mozgékonyaságáról mondottakra. A légpárnás járműveket tehát az út melletti terepen, a lakott részeken kívül kell felhasználni, mert előnyös tulajdonságaik csak ilyen környezetben érvényesülnek. Ugyanakkor azonban alkalmazásuknak korlátot szab a terep beépítése, oszlopsorok (távvezetékek), fasorok jelenléte stb. Avégett, hogy a terepen fennálló akadályokat a légpárnás jármű le tudja küzdeni, aránylag nagy h/D viszonyt kell elérni, tehát az esetek túlnyomó többségében nagy járműre van szükség.

Az európai terepviszonyokat figyelembe véve, az átlagos szabad magasság 1,2 méternek vehető, tehát a légpárnás járműtől minimálisan ekkora párnamagasságot kívánunk meg. A szárazföldön való haladás során azt is tekintetbe kell venni, hogy a légpárnás jármű árkokon,

szakadékokon stb. csak igen nagy óvatosság mellett haladhat át, mert ezek szélén a légpárna kiszökik a jármű alól és az emelőerő hirtelen, rohamosan lecsökken. A légpárna pillanatnyi csökkenése kormányzási szempontból is kényelmetlen.

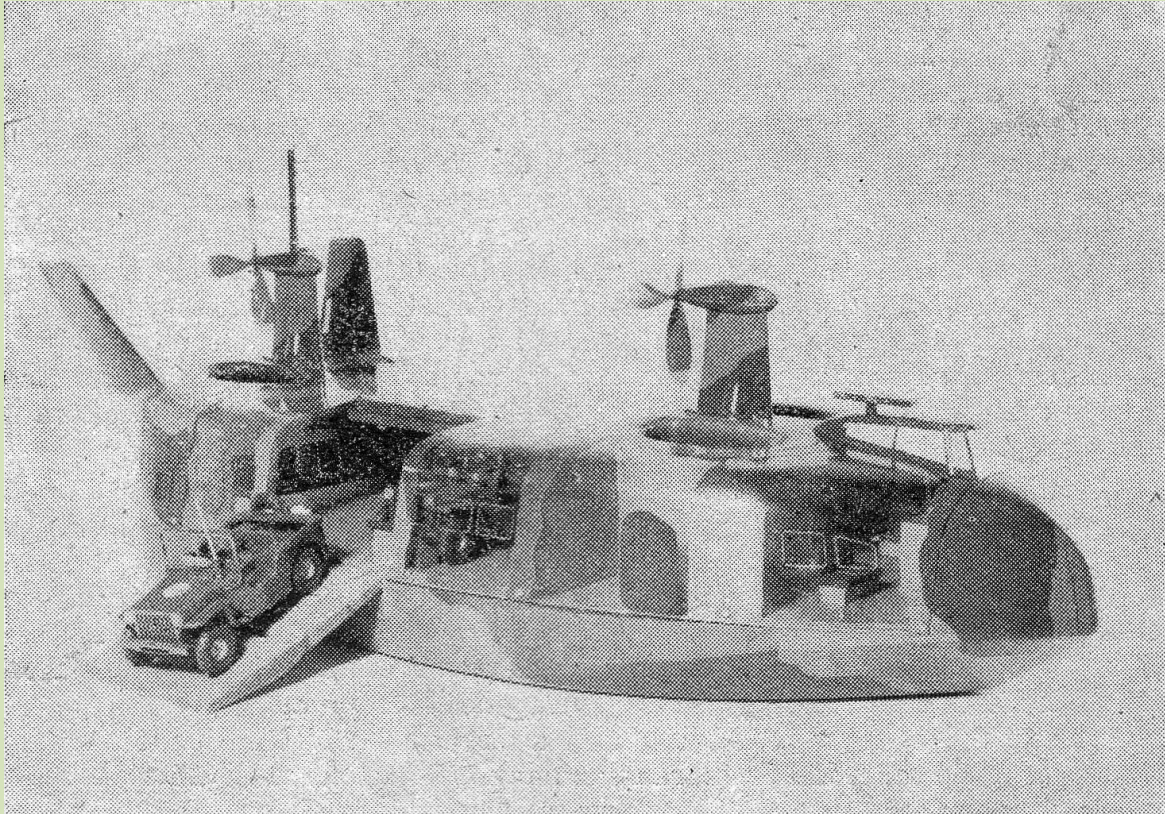
Általánosságban megállapítható, hogy a légpárnás járművek erdős-hegyes terepen, városokban (lakott területeken), továbbá szakadékokkal, árkokkal stb. átszeldelt terepen nem alkalmazhatók.

Jól felhasználható viszont a légpárnás jármű sík területen –ott is a lakott részeken kívül-, sziklák nélküli völgyeken, folyókon és csatornákon. A jármű enyhe lejtőket könnyedén vesz, ehhez különösebb teljesítménynövelésre nincs szükség; kitűnően beválik hóval, jéggel fedett terepen, továbbá mocsaras, lágy talajon és a nem sziklás sivatagban.

A légpárnás jármű vízen –hajószerű tulajdonságai folytán- még előnyösebb, mert mozgékony, a párna fenntartása viszonylag erős hullámverésben (a párnamagasság kétszeresét elérő hullámokban) sem ütközik nehézségbe. Egy 60 tonnás légpárnás jármű 5 m-es hullámverésben is minden további nélkül üzemképes, és a 60 km/óra szélsősebesség jelenti a sodródás szempontjából nagyjából megengedett felső határt.

Katonai célokra nyilvánvalóan a légpárnás járművek azon tulajdonságának hasznosítása a legértékesebb, hogy szárazföldön és vízen egyaránt menetképesek, vagyis kétéltűek (amfibia). Az a magyarázata annak, hogy az Egyesült Államok hadserege –az esetleges partraszállási és sarkvidéki hadműveletek járműigényeinek figyelembevételével- annyira behatóan foglalkozik a légpárnás járművek katonai fejlesztésével.

Katonai szempontból figyelembe kell vennünk, hogy a légpárnás jármű sebességhatára 90-180 km/óra, tehát a szokásos földi és vízi szállítóeszközökét lényegesen meghaladja. Lebegési magassága, mely egyben a leküzdendő akadály magasságára jellemző, általában 1,2-1,5 méter, teherbírása pedig elvileg tetszőleges értékre választható (ez utóbbi tekintetében azonban –amint a következőkben látjuk- olyan gyakorlati akadályok lépnek fel, amelyek éppen a legkisebb járművek megvalósítását eleve lehetetlenné teszik).



A katonai szállítóeszközként kialakított légpárnás jármű makettje

A légpárnás járművek elérhető legkisebb célszerű, gyakorlati méretének meghatározására nagyjából a következő okfejtésből indulhatunk ki. Tétélezzük fel, hogy a járműtől $h=1,2$ m légpárnamagasságot (leküzdendő terepakadály-magasságot) kívánunk meg, továbbá a légpárna vastagságának és a jármű átmérőjének viszonya, amely valamennyi légpárna-hatással működő jármű döntő fontosságú mutatója $h/D = 0,1$. E két alapadat nyomán a jármű átmérője 12 m, s eszerint a légpárna hatásos területe kb. 110 m^2 . Ha a légpárna nyomására a gyakorlatban elfogadható legnagyobb értéket vesszük fel, amely kb. 300 kg/m^2 , (erre a párnamagasság miatt szükség is van!), akkor a jármű összsúlya kb. 33 tonnára adódik.

Feltételezhetjük, hogy ebből a hasznos teher mintegy 40%, vagyis kereken 13 tonna. A jármű szerkezeti összsúlya így 20 tonna.

Mínt hogy a köralakú légpárnával készült jármű katonai szempontból (tárolhatóság stb.) nem kedvező, célszerűbb olyan téglalap alakot választani, amelynek hosszúsága a szélességnek 1,6-szorosa. Ekkor a jármű 13 m hosszú és 8,5 m széles lesz. Ha még tekintetbe vesszük azt is, hogy nagyjából a jármű teljesítményterhelése $g \text{ kg/LE}$ lehet, akkor a 33 tonnás jármű hajtására 5500 LE teljesítményű motor szükséges. Nem fér hozzá kétség, hogy ez a hasonló súlyú, nagyméretű katonai tehergépkocsikkal nem állja ki az összehasonlítást. Bár jóval

nagyobb sebességénél és szinte korlátlan terepjáró képességénél fogva bizonyos vonatkozásokban előnyben lesz a hagyományos járművekkel szemben, azonban pontosan körülhatárolt, különleges alkalmazási körben.

Tehát tekintsük át röviden a katonai járművek osztályait és nézzük meg, hogy egyáltalán mely típusokban van kilátás légpárnás járművek alkalmazására.

Az előbbieket szerint eleve ki kell iktatnunk a lehetséges megoldások sorából a kisméretű járműveket, vagyis a motorkerékpárok, könnyű terepjáró gépkocsik és kisebb (10 tonnáig terjedő súlyú) tehergépkocsik pótlására, vagy helyettesítésére esetleg alkalmas légpárnás járműveket. Bár eddig igen sok, ebbe a csoportba sorolható kísérleti jármű épült, ezek túlnyomó részben inkább az elvi megvalósíthatóságnak a bizonyítására készültek, javarészt mindenféle gazdaságossági szempont figyelembevétele nélkül. Jellemző másrésztől, hogy pl. az angolok, akiket –mint említettük- a járművek kifejlesztésében nem tisztán katonai szempontok vezéreltek-, az első néhány makettszerű kísérleti típus után azonnal a nagyméretű, kb. a megelőzőkben meghatározott „minimális” jármű építésére törekedtek.

A légpárnás járművek alkalmazási területei sorából ugyancsak törölnünk kell a páncélozott szállító járművek minden fajtáját. Ezek a járművek a rajtuk elhelyezett fegyverek elfogadható találati valószínűségének elérése céljából szükségszerűen stabilabbak, mint a légpárnás járművek. A légpárnás jármű tehát sem a páncélgépkocsi, sem a páncélozott csapat szállító jármű, sem pedig a harckocsi helyettesítésére nem alkalmas, s ezeknek a páncélozott eszközöknek légpárnás változatai sem alakíthatók ki.

A légpárnás járművek azonban jól felhasználhatók nagy (páncélozatlan) csapat- és anyagszállító járműként. Egy angol javaslat az ilyen jármű adatait a következőkben határozza meg: hosszúság 17 m, szélesség 11 m, összsúly 50 tonna, hasznos teher 17,5 tonna, légpárnamagasság 1,5 m felett. Ez a jármű mind szárazföldi, mind pedig kombinált vízi és szárazföldi alkalmazásokban katonai használatra alkalmas.

Egy további lényeges alkalmazási terület lenne az olyan, enyhén páncélozott deszant-jármű, amelyet tengeri deszantok partraszállásánál, valamint lakatlan sík terepek leküzdésében lehetne felhasználni. Ennek a járműnek jellemző adatai nagyjából az előbbi csapat szállító járműéhez lennének hasonlóak, legnagyobb sebessége pedig elérné a 140 km/óra értéket is.

A légpárnás járművek ma már túlnőttek az egyszerű kísérletezéseken. Egyes alkalmazások tekintetében feltétlenül versenyképesnek bizonyulnak, sőt egyetlen korábbi jármű által nem nyújtott lehetőséget tesznek realizálhatóvá. A hajó, a repülőgép és a szárazföldi nagyjármű sokféle kombinációjának válhatnak alapjává, s a többi között pl. belföldi víziutakon, vegyes útvonalakon is hasznosnak bizonyulhatnak. S ha a fejlődést az első néhány év eredményei alapján nem is lehet teljesen elfogulatlanul, feltétlen bizonyossággal értékelni, ma már ezekkel a járművekkel, fejlesztésük és alkalmazásuk lehetőségeivel polgári és katonai vonalon egyaránt számolni kell.

Az archiváló megjegyzései:

(1) itt a szerző valószínűleg Helikopter-rotor –t szeretett volna írni.

(2) itt elütés lehet és a „...közé eső hT/D értéktartományban...” helyesen „...közé eső h/D értéktartományban...” lesz