

gustoća snage  $10^{-7}$  W/cm<sup>2</sup> za kontinuirani i  $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup> za impulsni rad, a za ozračivanje kože  $10^{-2}$  W/cm<sup>2</sup> odnosno 10 W/cm<sup>2</sup>.

Lasersko zračenje primjenjuje se u dermatologiji za kliničku obradu kože, uklanjanje angioma, površinskih tumora i tetoviranih znakova.

I u terapiji tumora primjenjuje se lasersko zračenje, ali za sada se ne postižu bolji rezultati nego što se postižu drugim metodama. Međutim elastičnost lasera u izboru valnih duljina zračenja, trajanja impulsa i energijske gustoće, te mogućnost vrlo preciznog fokusiranja snopa vjerojatno će uvjetovati njegovu sve veću primjenu.

Posebno je sve veća upotreba lasera kao mikrokirurškog sredstva u obliku tzv. laserskog skalpela ili laserske bušilice u zubarstvu.

M. Žaja

LIT.: B. A. Lengyel, Lasers. Johan Wiley and Sons, Inc., New York-London 1962. — A. L. Bloom, Gas lasers. John Wiley and Sons, Inc., New York 1968. — D. C. Sinclair, W. E. Bell, Gas laser technology. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York 1969. — W. S. C. Chang, Principles of quantum electronics. Addison-Wesley Publishing Company, Reading 1969. — W. Kleen, R. Müller, Laser. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1969. — W. K. Pratt, Laser communication systems. John Wiley and Sons, Inc., New York 1969. — M. Ross, Laser applications. Academic Press, New York 1971. — W. H. Christiansen, A. Hertzberg, Gasdynamic lasers and photon machines. Proceedings of the IEEE, vol. 61, 8, 1060, 1973. — P. Schäfer, Dye Lasers. Springer-Verlag, Berlin 1973. — R. O. Wood, Pulsed molecular lasers. Proceedings of the IEEE, vol. 62, 3, 355, 1974. — R. M. Gagliardi, S. Karp, Optical communications. John Wiley and Sons, Inc., New York 1976. — R. W. F. Gross, J. F. Bott, Handbook of chemical lasers. John Wiley and Sons, Inc., New York 1976.

A. Peršin D. Risović K. Skala  
D. Soldo K. Tisaj H. Zorc M. Žaja

**LEBDEĆA VOZILA**, prometna vozila koja se kreću i lebde u neposrednoj blizini bilo prirodne Zemljine površine, bilo iznad posebno pripremljenih staza (pista), odnosno specijalno konstruiranih i položenih pruga (trasa) točno definirano geometrijskog oblika.

Prirodna Zemljina površina, koja može biti zemljana, pješčana, kamena, travnata, močvarna, vodena, sniježna itd., i specijalno izgrađene pruge jesu podloge za lebdeća vozila. Pojam lebdenja definira međusobni odnos vozila i podloge na taj način da u principu ne postoji mehanički dodir vozila i podloge, ali je njihova neposredna blizina bitan preduvjet za lebdenje. Takvo lebdenje razlikuje se od konvencionalne predodžbe o lebdenju (npr. balona, helikoptera i sl.), kad vozilo može biti i znatno udaljeno od podloge.

Razvojni put lebdećih vozila počinje potkraj XIX stoljeća i nastavlja se neprekidno do sredine XX stoljeća, kad počinje osobito intenzivno istraživanje različitih tipova lebdećih vozila i gradnja prvih letjelica za redovni promet i vojne svrhe.

Prvi patent za vozilo koje klizi na struji zraka prijavio je 1876. Amerikanac J. B. Ward. Prve ideje za lebdeća vozila i ostvarivanje zračnog filma između vozila i vodene površine potječu iz 1882. od Švedanina C. G. de Laval (1845—1913). Austrijanac D. Müller von Thomamühl konstruirao je 1916. torpedni čamac na zračnom jastuku i iskušao ga u praktičnoj vožnji. Početkom XX stoljeća bavili su se konstruiranjem lebdećih vozila J. R. Porter u Engleskoj i A. V. Alcock u Australiji. Klizanje na zračnom filmu sustava Levapad, tvrtke Ford, potječe iz 1928. od Amerikanca Küchlera. Prva lebdeća vozila s uređajima za formiranje zračnog jastuka sa čvrstim bočnim stijenkama na modificiranom brodskom dnu patentirao je Amerikanac D. K. Warner (1928—1940). Francuska tvrtka Bertin (1958) uspješno primjenjuje zračni jastuk tipa površinski mlaznik s elastičnim bočnim stijenkama za vozilo Terraplane, a istodobno patentira Švicarac C. Wieland zračni jastuk labirintnog tipa i obavlja uspješne pokusne vožnje na Ciriškom jezeru. Jedan od najvažnijih datuma u razvoju današnjih lebdećih vozila na zračnom statičkom jastuku jest 25. srpnja 1959. kad je eksperimentalno vozilo SR.N1, konstruirano prema patentu Ch. Cockerella iz 1955. uspješno načinilo prvu pokusnu vožnju preko Engleskog kanala.

Povećanje uzgona i smanjenje otpora avionskog krila u blizini podloge stvaranjem dinamičkog zračnog jastuka opaženo je 1929. na velikom putničkom hidroavionu DO X njemačke tvrtke Dornier. To je bio povod da je Finac T. J. Kaario konstruirao vozilo na dinamičkom zračnom jastuku (1935), s kojim su obavljene pokusne vožnje iznad zaleđene plohe. Razvoj lebdećih vozila na zračnom dinamičkom jastuku nastavljen je uspješnim prototipom lebdećice X-112 (konstruktor A. Lippisch, 1966).

Prema stupnju razvoja, lebdeća pružna vozila pripadaju u pravom smislu riječi, budućnosti, iako ideja o tzv. klizajućoj željeznici na vodenom ili zračnom filmu potječe još od Francuza L. Girarda (1889), a magnetski je princip

lebdenja već 1937. patentirao Nijemac H. Kemper. Odlučujući korak u razvoju lebdećih pružnih vozila načinjen je 1965. odnosno 1967. godine kad je lebdeće vozilo Aérotrain expérimental 01 francuske tvrtke Société de l'Aérotrain nošeno i vođeno s pomoću zračnih statičkih uređaja za lebdenje uzduž specijalne pruge, postiglo brzinu od 200, odnosno 345 km/h. Lebdeća pružna vozila s elektromagnetskim uređajima za lebdenje najnovijeg su datuma i prvi uspješni eksperimenti načinjeni su 1971. godine u Münchenu s eksperimentalnim vozilom tvrtke Messerschmitt-Bölkow-Blohm i s vozilom Transrapid 02 tvrtke Krauss-Maffei.

### Opće karakteristike i razvrstavanje lebdećih vozila

Prema načinu i mjestu kretanja, odnosno upotrebe, lebdeća vozila razvrstavaju se na lebdećice i lebdeća pružna vozila.

**Lebdjelice** (sl. 1) jesu vozila koja se pomoću uređaja za lebdenje odvajaju u vertikalnom smjeru od podloge, pa se slobodno kreću iznad Zemljine površine i usmjeravaju se uređajima za upravljanje. Ta vrsta lebdećih vozila razvila se u nastojanju da se nađu univerzalna vozila po kopnu i vodi, koja se mogu kretati teško prolaznim područjima ili onim područjima koja su nedostupna za konvencionalna kopnena i plovna prometna vozila. Svrha je, naime, stvaranje takvih vozila kod kojih bi se izbjegla mehanička veza između vozila i podloge preko kotača, gusjenica ili sanjki vozila, odnosno otpori plovnih objekata u vodi.



Sl. 1. Lebdjelica Winchester SR.N6 tvrtke British Hovercraft Corporation, Velika Britanija. Lebdjelica u vožnji iznad vodene površine (gore); lebdjelica na pješčanoj površini (dolje)

Lebdjelice mogu biti amfibijske, neamfibijske i poluamfibijske. *Amfibijske lebdjelice* imaju elastične bočne stijene (suknju) koje zatvaraju zračni jastuk. Pri lebdenju su izdignute toliko da čvrstim dijelovima nikad ne dodiruju površinu, već eventualno samo krajevima elastičnih bočnih stijenki pa se mogu kretati iznad bilo kakvog tla ili iznad vode. *Neamfibijske lebdjelice* služe samo za promet na vodi, jer imaju zračni jastuk ograden krutim bočnim stijenama koje i u stanju lebdenja moraju biti malo uronjene u vodu. U usporedbi s amfibijskim lebdjelicama, neamfibijski tip bolje iskorišćuje pogonsku energiju zbog djelotvornijeg zagona (brodski vijak), ima bolja manevarska svojstva, ali i veći otpor zbog stalnog dodira krutih bokova s površinom vode. *Poluamfibijske lebdjelice* također služe jedino za promet na vodi, a predstavljaju kompromis

između ostalih dvaju tipova lebdjelica. Opremljene elastičnim bočnim stijenama, poluamfibijske lebdjelice lebde potpuno izdignute iznad površine vode, a u vodu je uronjen samo zagonski brodski vijak. Stoga poluamfibijska lebdjelica dobro iskorišćuje pogonsku energiju poput neamfibijske, a ima manji otpor poput amfibijske lebdjelice.

**Lebdeća pružna vozila** (sl. 2) prisilno su vođena prugom i nemaju posebnih uređaja za usmjeravanje. Lebđenje, tj. odvajanje vozila od pruge (podloge), mora se ostvariti i u vertikalnom i u horizontalnom smjeru prema pruži (sl. 3).

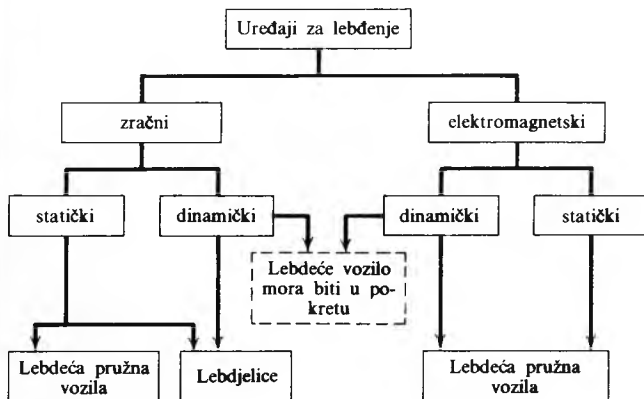


Sl. 2. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 04 tvrtke Krauss-Maffei AG, SR Njemačka

Razvoj lebdećih pružnih vozila temelji se na aktualnim i objektivnim poteškoćama u modernom prometu osoba i robe između industrijskih središta i stambenih naselja, pri čemu je vrlo važno minimalno vrijeme prijevoza, te sigurna i udobna vožnja. Danas se takav promet odvija, osim cestovnim i zrač-

nim, najviše pružnim vozilima na tračnicama, koja posjeduju slijedeće dvije prednosti pred kopnenim i zračnim prometnim vozilima: mogućnost masovnog prijevoza robe i putnika (uz individualnu udobnost), visoki stupanj sigurnosti i točno održavanje voznog reda automatskom regulacijom prometa. Nedostaci dosadašnjih pružnih vozila proizlaze iz mehaničke veze između kotača i tračnica, jer ta veza ograničuje maksimalnu brzinu pružnih vozila i maksimalni dopušteni uspon pruge, a osim toga uzrokuje relativno velike troškove stalnog održavanja pruge i kolnih sklopova na vozilima. Da se otklone ili bar ublaže ti nedostaci, istražuju se i razvijaju nova pružna lebdeća vozila.

**Uređaji za lebđenje.** Sva lebdeća vozila dovode se i održavaju u stanju lebđenja pomoću posebnih uređaja za lebđenje (sl. 4). Rad uređaja za lebđenje osniva se ili na strujanju plinova (radni medij je atmosferski zrak) ili na elektromagnetskom polju (permanentni magneti za sada se ne primjenjuju, iako se i ta mogućnost istražuje). Prema tome, s obzirom na principe rada razlikuju se *zračni* i *elektromagnetski* uređaji za lebđenje.



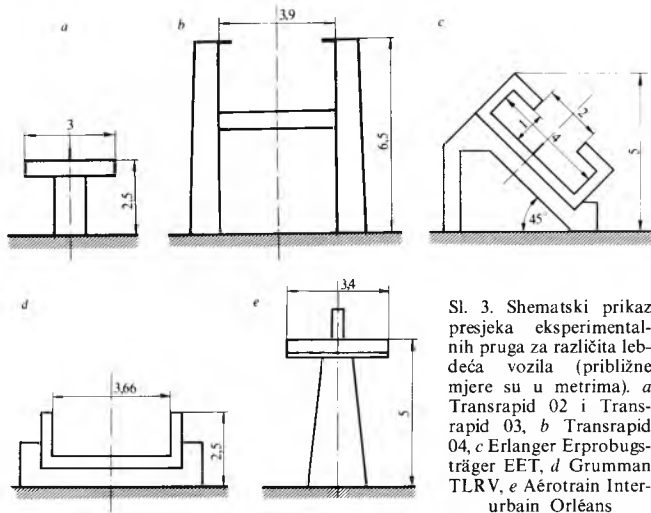
Sl. 4. Podjela uređaja za lebđenje prema fizikalnim principima rada i primjeni na lebdećim vozilima

Djelovanje uređaja za lebđenje na zračnom i elektromagnetskom principu može ovisiti i o brzini kretanja vozila, pa se zbog toga razvrstavaju na *statičke* i *dinamičke* uređaje.

Statički uređaji omogućuju lebđenje neovisno o brzini kretanja vozila, što znači i u mirovanju. Pomoću dinamičkih uređaja može se ostvariti lebđenje vozila tek za neku određenu brzinu kretanja. Zato vozila s dinamičkim uređajima za lebđenje moraju imati i dodatne pomoćne naprave za kotrljanje, klizanje ili sl., preko kojih se vozilo za vrijeme mirovanja mehanički oslanja na podlogu. Oni ostaju u dodiru s podlogom sve dok vozilo ne postigne toliku brzinu pri kojoj dinamički sustavi za lebđenje mogu početi djelovati, odvojiti vozilo od podloge i održavati ga u stanju lebđenja. Obrnuto je kad se vozilo zaustavlja. Smanjenjem brzine lebdećeg vozila dinamički uređaji za lebđenje ne mogu više održavati vozilo u stanju lebđenja, pa se nužno mora uspostaviti kontakt između vozila i podloge preko pomoćnih uređaja kao i na polasku, odnosno kad vozilo stoji.

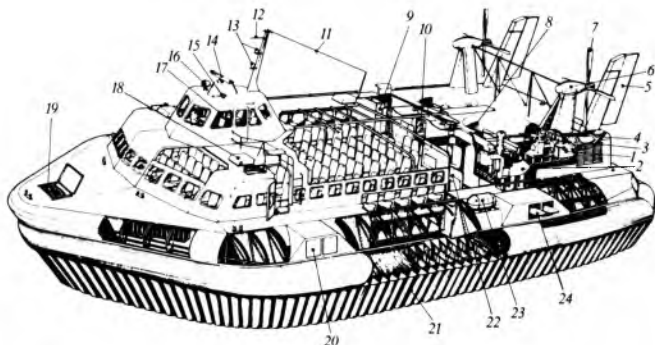
Uređaji za lebđenje odvajaju vozilo od podloge na udaljenost koja se zove *visina lebđenja*, a to je razmak između najniže čvrste točke vozila i podloge. Pri tom se pojavljuje tzv. statička, odnosno nazivna visina lebđenja, koja odgovara statičkoj ravnoteži svih sila koje djeluju na vozilo. Zapravo, zbog djelovanja različitih poremećajnih sila, vozilo lebdi i oscilatorno se giba oko ravnotežnog položaja.

Konstruktivne izvedbe lebdećih vozila (sl. 5 i 6) temelje se na načelima konstrukcije vozila, i to posebno zračnih vozila (npr. aviona), što znači da se pri minimalnoj težini vozila zahtijeva maksimalno moguća čvrstoća, nosivost i sigurnost konstrukcije. Jedan je od osnovnih problema u razvoju lebdećih vozila izvedba uređaja za lebđenje, pomoću kojih se vozilo dovodi i održava u stanju lebđenja. Lebđenje se može postići jedino silama koje nastaju djelovanjem energije dovedene uređajima za lebđenje. Prema tome, za lebđenje vozila mora se



Sl. 3. Shematski prikaz presjeka eksperimentalnih pruga za različita lebdeća vozila (približne mjere su u metrima). a Transrapid 02 i Transrapid 03, b Transrapid 04, c Erlanger Erprobungs-träger EET, d Grumman TLRV, e Aérotrain Interurbain Orléans

utrošiti određena energija. Iznos utrošene energije za postizavanje i održavanje lebdećeg stanja bitan je činilac kojim se, s energetskog stanovišta, ocjenjuju djelotvornost i ekonomičnost pojedinih tipova lebdećih vozila, i kojim se uspoređuju s ostalim prometnim vozilima. U tu svrhu kao brojčani pokazatelj obično služi omjer potrebne snage (u kW) za lebđenje i ukupne mase vozila (u t). Taj omjer (orijentacijska vrijednost) za lebdeća pružna vozila iznosi 10...100 kW/t, a za lebdjelice 30...160 kW/t. Ipak, samo iznos tog brojčanog pokazatelja nije jedino mjerilo za procjenu nekog lebdećeg vozila, već su to, među ostalim, i njegove vozne karakteristike (brzina, doseg, korisna nosivost), složenost konstrukcije vozila, troškovi gradnje i održavanja (za lebdeća pružna vozila treba uključiti i prugu)

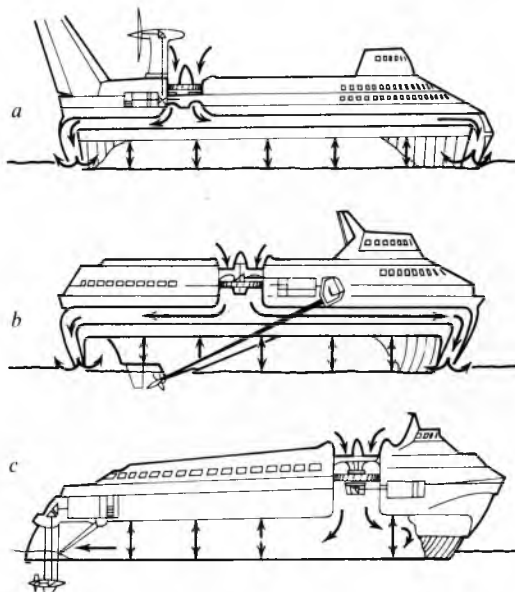


Sl. 5. Lebdjelica MU-PP15 tvrtke Mitsui, Japan. Duljina 26,4 m, širina 13,9 m, visina 7,9 m, ukupna masa 50 t, kapacitet 155 putnika, brzina 120 km/h, pogon: dvije plinske turbine Avco Lycoming TF25. 1 plinska turbina, 2 puhalo uređaja za lebđenje, 3 glavni zupčasti prijenosnik, 4 zupčasti prijenosnik za puhalo, 5 zračno kormilo, 6 zupčasti prijenosnik za zračni vijak, 7 zagonski zračni vijak, 8 ulaz zraka, 9 prostor za prtljagu, 10 nužnik, 11 radio-antena, 12 brzino-mjer (Pitotova cijev), 13 navigacijska svjetla, 14 radar, 15 električna sirena, 16 reflektor, 17 upravljačka kabina, 18 zračni kanal, 19 spremište sidra, 20 prednji bočni mlaznik, 21 elastična suknja, 22 kuhinja, 23 splav za spašavanje, 24 stražnji bočni mlaznik

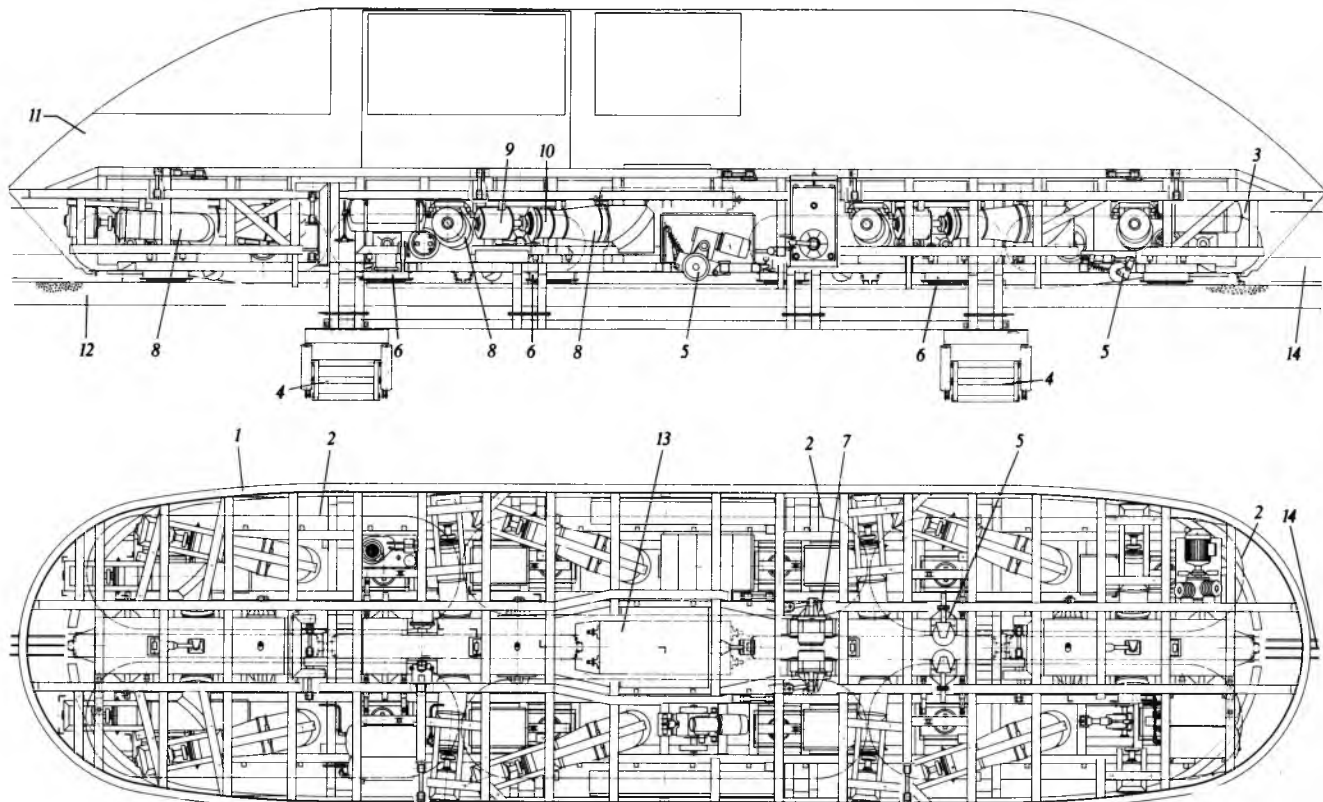
i sigurnost u pogonu. Svi ti faktori moraju se uvažiti kad se traži najbolje rješenje za neko lebdeće vozilo.

Zagon lebdećih vozila može biti pomoću propelera, mlaznog motora ili linearnog elektromotora (v. *Električni motori*, TE 4, str. 224).

Lebdjelice se u principu pokreću zračnim ili brodskim vijcima, ili mlaznim motorima. Amfibijske lebdjelice imaju zagon zračnim vijcima ili mlaznim motorom, a zagon je poluamfibij-



Sl. 7. Zagonski uređaji lebdjelica. a amfibijska lebdjelica sa zračnim vijkom, b poluamfibijska lebdjelica s brodskim vijkom i kormilom, c neamfibijska lebdjelica s brodskim vijkom koji je ujedno i kormilo



Sl. 6. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 03 tvrtke Krauss-Maffei AG, SR Njemačka. 1 glavni noseći okvir vozila, 2 kontura zračnog jastuka za nošenje vozila (ukupno šest), 3 kontura zračnog jastuka za vođenje vozila (ukupno osam), 4 klizni pantograf za dovod struje vozilu, 5 kotači za pomicanje vozila dok ne lebdi, 6 plohe za oslanjanje vozila na mjestu, 7 mehanička tarna kočnica, 8 kanal za dovođenje zraka zračnom jastuku od kompresora, 9 elektromotor kompresora za zrak, 10 aksijalni dvostepeni turbokompresor, 11 prostor za mjerne instrumente i kabina za vožno osoblje, 12 kontura pruge, 13 linearni elektromotor (primarni dio vozila), 14 aluminijska ploča uzduž pruge kao sekundar za linearni elektromotor i ploha za odupiranje zračnih jastuka za vođenje vozila

skih i neamfibijskih lebdjelica brodskim vijkom (sl. 7). Zakretanjem vijka ili promjenom smjera potiska mlaznih motora utječe se na bočnu stabilnost lebdjelice i dobiva se dodatna mogućnost usmjeravanja, premda lebdjelice imaju upravljačke mehanizme (kormila), slične onima na avionima ili brodovima.

Lebdeća su pružna vozila, uz ostalo, predviđena za promet u naseljima i u njihovoj blizini, pa je zagon propelernim i mlaznim motorima nepovoljan zbog buke i zagađivanja okolice. Stoga linearni elektromotori imaju veliku prednost. Njihov je razvoj u eksperimentalnoj fazi. Principijelno se razlikuju linearni elektromotori kratkog statora i linearni elektromotori dugog statora.

*Linearni elektromotor kratkog statora* ima primarni dio, zavoj za stvaranje elektromagnetskog polja, u lebdećem pružnom vozilu, a sekundarni dio, relativno jednostavne konstrukcije, sastavni je dio pruge. Taj tip linearnog elektromotora primjenjuje se kao asinhroni motor s jednostranim, odnosno dvostranim djelovanjem magnetskog polja s obzirom na sekundarni dio.

*Linearni motor dugog statora* ima primarni dio, zavoj za stvaranje elektromagnetskog polja, položen uzduž pruge, a sekundarni je u vozilu. Taj tip linearnog elektromotora primjenjuje se kao sinhroni motor, i to s elektromagnetima s čeličnom jezgrom ili bez nje. Moguće su, osim toga, i različite kombinacije zagona i lebdenja vozila pomoću elektromagnetskog polja linearnog elektromotora.

### Principi lebdenja i uređaji za lebdenje

**Zračni statički uređaji za lebdenje.** Princip djelovanja zračnih statičkih uređaja za lebdenje zasniva se na učinku udara mlaza fluida, tj. atmosferskog zraka, o površinu podloge, pri čemu čestice zraka naglo gube brzinu i prisilno mijenjaju smjer kretanja. Kinetička energija strujanja zračnog mlaza pretvara se jednim dijelom u potencijalnu energiju, tj. statički tlak, a djelomično se troši za dalji transport čestica zraka. Djelovanjem statičkog tlaka na površinu dna vozila nastaje sila po smjeru suprotna sili Zemljine teže koja djeluje na vozilo, pa se vozilo podigne na visinu lebdenja iznad podloge. Zračni statički uređaji za lebdenje sastoje se od sljedećih bitnih komponenata: izvora komprimiranog zraka, kanala za vođenje struje zraka i uređaja za formiranje i usmjeravanje mlaza zraka prema podlozi.

*Izvori komprimirane struje zraka* u principu su aksijalni ili radijalni turbokompresori, jer zračni statički uređaji za lebdenje rade s malim pretlacima, a velikim količinama zraka.

*Kanali za zrak* treba da, uz najmanje moguće energetske gubitke, vode zračne struje od kompresora do uređaja za formiranje i usmjeravanje mlaza zraka prema podlozi. Ti su uređaji sastavni dio lebdećeg vozila, a njihove izvedbe ovise o mjestu upotrebe i namjeni vozila.

Zračni statički uređaj zajedno sa zračnom masom koju potiskuje na podlogu naziva se *zračnim jastukom* u širem smislu. Zračni je jastuk, strogo uzevši, dio volumena pomične komprimirane mase zraka koja se u nekom trenutku nalazi između dna vozila i podloge. Postoji nekoliko vrsta zračnih statičkih uređaja za formiranje i usmjeravanje zračne struje. Ti uređaji

djeluju na različitim principima, kao što su zračni film, labirint, difuzor, površinski mlaznik i rubni mlaznik (sl. 8).

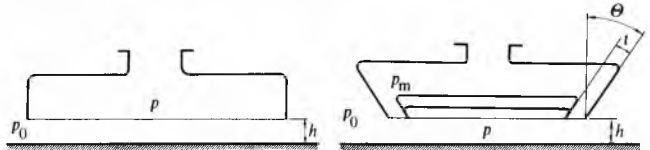
*Zračni film* (sl. 8a). Visina lebdenja iznosi samo 0,1 mm, pa je zato potrebna precizna izvedba dna uređaja i podloge. Takav uređaj nije pogodan za lebdeća vozila, već se primjenjuje u transportnoj tehnici, za dizanje i premještanje velikih tereta i na alatnim strojevima. Jedan od uređaja na bazi zračnog filma izradila je tvrtka Ford, SAD, pod nazivom Levapad.

*Labirint* (sl. 8b). Zračna struja prolazi kroz komore koje djeluju kao labirintne brtvenice, čime se smanjuje protočna količina zraka. Recirkulacija zraka u uređaju i dodatno brtvljenje prema okolici postiže se ventilatorima u komorama.

*Difuzor* (sl. 8c). Presjek zračne struje naglo se povećava, zbog čega raste tlak i smanjuje se brzina zraka (princip strujanja u difuzoru). Strujanje se pospješuje ugrađenim ventilatorom koji djeluje suprotno zračnoj struji i dodatno brtvi izlaz zraka u okolice. Difuzor, kao i labirint, pripada ranijoj fazi razvoja zračnih statičkih uređaja, komplicirane je izvedbe i nema veću praktičnu primjenu.

Površinski i rubni mlaznik (sl. 8d i 8e) posebno su važni za primjenu na lebdećim vozilima, i to osobito za izvedbe s fleksibilnim bočnim stijenkama. Izvedbe sa čvrstim bočnim stijenkama imaju ograničenu primjenu za specijalne lebdjelice iznad vodene površine.

*Površinski mlaznik* (sl. 9) tip je zračnog jastuka u obliku zvonaste komore. Struja komprimiranog zraka ulaskom u komoru mlaznika naglo povećava svoj presjek, te zatim kao mlaz, s površinom koja je približno jednaka površini presjeka komore, udara o podlogu i izlazi u okolice kroz razmak između bočnih stijenki komore i podloge.



Sl. 9. Površinski mlaznik

Sl. 10. Rubni mlaznik

Srednji tlak zraka  $p$  na izlazu iz komore (pretlak s obzirom na okolice) izražen je sa

$$p = \frac{Mg}{A}, \quad (1)$$

gdje je  $M$  masa zraka,  $g$  ubrzanje sile teže, a  $A$  aktivna površina zračnog jastuka. Protočni volumen zraka u jedinici vremena iznosi:

$$\dot{V} = \varphi A_h v = \varphi L h \sqrt{\frac{2p}{\rho}}, \quad (2)$$

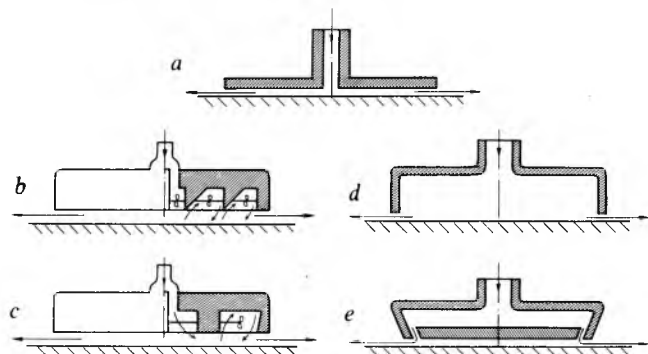
gdje je  $v$  brzina istjecanja zraka u okolice,  $A_h$  površina razmaka između donjeg ruba bočnih stijenki i podloge,  $\varphi$  koeficijent kontrakcije mlaza,  $\rho$  gustoća zraka,  $h$  visina lebdenja, a  $L$  opseg zračnog jastuka. Srednji pretlak zraka  $p$  i protočni volumen zraka u jedinici vremena  $\dot{V}$  definiraju radnu točku turbokompresora, uz pretpostavku mirujućeg zračnog jastuka i strujanja zraka bez gubitka zbog trenja, zanemarujući utjecaj promjene presjeka i zakretanja mlaza u kanalima između kompresora i zračnog jastuka. Potrebna snaga  $P$  na osovini turbokompresora iznosi:

$$P = p_k \dot{V}_k \eta_k, \quad (3)$$

gdje je  $p_k$  tlak zraka na izlazu iz kompresora,  $\dot{V}_k$  volumen zraka na izlazu kompresora, a  $\eta_k$  stupanj djelovanja kompresora.

*Rubni mlaznik* (sl. 10), tip je zračnog jastuka s posebnim otvorima po rubu u obliku mlaznica koje su prema okolici nagnute pod određenim kutom. Zbog zakretanja mlaza javlja se između dna zračnog jastuka i podloge gradijent tlaka, koji je uzrok pretlaka u zračnom jastuku.

Srednji pretlak zraka  $p$  u rubnom mlazniku definiran je jednadžbom (1). Omjer je između srednjeg tlaka zraka  $p$  i



Sl. 8. Osnovne vrste zračnih statičkih uređaja za formiranje i usmjeravanje zračne struje prema podlozi. a) zračni film, b) labirint, c) difuzor, d) površinski mlaznik, e) rubni mlaznik

srednjeg tlaka  $p_m$  pred ulazom u mlaznicu prema izrazu:

$$\frac{p}{p_m} = 1 - \exp(-2t_r), \quad (4)$$

gdje je  $t_r$  relativna širina mlaznice određena relacijom

$$t_r = \frac{l}{h} (1 + \sin \Theta). \quad (5)$$

U jednadžbi (5)  $l$  je širina mlaznice, a  $\Theta$  kut nagiba mlaznica prema okomici (sl. 10). Za rubni mlaznik protočni volumen zraka u jedinici vremena iznosi:

$$\dot{V} = v_m A_m = \frac{L t}{t_r} [1 - \exp(-t_r)] \sqrt{\frac{2p}{\rho}}, \quad (6)$$

gdje je  $v_m$  srednja brzina strujanja zraka kroz mlaznicu,  $A_m$  površina izlaznog presjeka mlaznice, a  $L$  opseg zračnog jastuka.

Kao i za površinski mlaznik, uz pretpostavku strujanja bez gubitaka, srednji tlak  $p_m$  i količina zraka  $\dot{V}$  u jedinici vremena definiraju radnu točku turbokompresora, pa se može odrediti potrebna snaga  $P$  na osovini kompresora iz (3).

Ekonomičnost cijelog uređaja za lebđenje raste sa smanjenjem potrebne snage za lebđenje, ali parametri koji tu snagu određuju utječu na ostala svojstva zračnog jastuka, a time i na svojstva lebdećeg vozila. Zbog toga minimalna snaga za statičko ravnotežno lebđenje ne mora biti istodobno i optimalna snaga s obzirom na dinamičko ponašanje zračnog jastuka, odnosno lebdećeg vozila.

Rezultati teoretskih i eksperimentalnih istraživanja pokazuju da je rubni mlaznik, uz iste uvjete, nešto povoljniji s obzirom na potrebnu snagu za lebđenje nego površinski mlaznik. Površinski je mlaznik konstrukcijski jednostavniji.

Dinamičko ponašanje lebdećeg vozila, odnosno zračnog jastuka, analogno je mehaničkom oscilatornom sustavu mase u titrajnom krugu s oprugom i prigušivačem. Karakteristike opruge i prigušivača posjeduju uređaji za lebđenje, tj. zračni jastuk. Za svaki zračni jastuk mogu se odrediti konstanta opruge i konstanta prigušenja. Te konstante ovise o konstrukciji uređaja za formiranje i usmjeravanje mlaza prema podlozi, o stanju radnog medija u zračnom jastuku, karakteristici kompresora itd.

Određivanje dinamičkih svojstava lebdećih vozila, kao npr. određivanje vlastite frekvencije, dinamičkog reagiranja na različite poremećaje, postavljanje uvjeta stabilnosti itd., svodi se u biti na dinamičku analizu zračnog jastuka, odnosno uređaja za lebđenje.

Ako se pretpostavi da površinski mlaznik ima krute bočne stijenke i ako se zanemari utjecaj termodinamičke promjene stanja radnog medija, jednadžba za vlastitu frekvenciju  $f$  površinskog mlaznika glasi:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{h} \left(0,5 + \frac{p}{\dot{V}|k|}\right)^{-1}}, \quad (7)$$

gdje je  $|k|$  koeficijent smjera linearizirane karakteristike turbokompresora u radnoj točki s koordinatama  $p_k$  i  $\dot{V}_k$ . S obzirom na pretpostavljeno idealno strujanje između kompresora i zračnog jastuka vrijedi da je  $p_k = p$ ,  $\dot{V}_k = \dot{V}$ .

Prihvate li se i za rubni mlaznik iste pretpostavke kao i za površinski mlaznik, vlastita frekvencija  $f$  toga tipa zračnog jastuka dobiva se iz jednadžbe:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{h} \left[ \left(1 - \frac{t_r}{e^{t_r} - 1}\right) \left(0,5 + \frac{p_m}{\dot{V}|k|}\right)^{-1} + \frac{2t_r}{e^{t_r} - 1} \right]}. \quad (8)$$

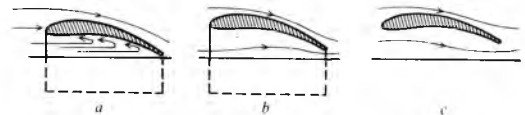
Zbog pretpostavljenog strujanja bez gubitaka između kompresora i zračnog jastuka vrijedi da je  $p_k = p_m$ ,  $\dot{V}_k = \dot{V}_m$ .

Izvedbe fleksibilnih, elastičnih bočnih stijenki i njihovih krajeva za površinski i rubni mlaznik posebno su važne. To su tzv. *suknje* (skirt), kojima se ogradauje masa zraka u zračnom jastuku (to je zračni jastuk u užem smislu). Elastične bočne stijenke načinjene od savitljivoga, elastičnog materijala (plastična masa, najlon, guma i sl.) omogućuju da razmak između

njihova donjeg ruba i podloge bude malen, pa je maleno i oštećenje zraka iz zračnog jastuka, što smanjuje potrebnu snagu za lebđenje. Budući da se vozilo na zračnom jastuku giba oscilatorno oko ravnotežne visine lebđenja, amplitude oscilacija mogu trenutno postati veće od slobodnog razmaka između donjeg ruba bočnih stijenki i podloge, pa bi se vozilo oštetilo ako su bočne stijenke krute. Elastičnim bočnim stijenkama izbjegava se tvrdo nalijetanje vozila na izbočine i prepreke na čvrstoj podlozi, te zato sve amfibijske lebđelice imaju elastične suknje. Izvedba suknje i elastičnost materijala od kojeg je napravljena utječu na dinamička svojstva zračnog jastuka, odnosno cijelog lebdećeg vozila, pa je konstrukcija suknji često vrlo složena. Na velikim amfibijskim lebđelicama visina suknje iznosi i više od 2 m, a na lebdećim pružnim vozilima samo nekoliko milimetara.

**Zračni dinamički uređaji za lebđenje.** Princip djelovanja zračnih dinamičkih uređaja osniva se na pojavi dodatne sile uzgona pri strujanju zraka oko nekog profila krila u blizini podloge, odnosno Zemljine površine. Zbog strujanja zraka oko profila (aerodinamičkog krila) nastaju sile uzgona i sile otpora, koje se mogu izraziti aerodinamičkim koeficijentima: koeficijentom uzgona  $c_z$  i koeficijentom otpora  $c$  (v. *Aerodinamička sila i moment*, TE 1, str. 10).

Sila uzgona (mjerodavna npr. za dizanje aviona) nastaje djelovanjem podtlaka na gornjoj i pretlaka na donjoj strani krila. U blizini Zemljine površine, tj. neke podloge, avionsko krilo ima veću silu uzgona, uz ostale jednake uvjete, nego na većoj udaljenosti od podloge. Blizina podloge djelomično sprečava slobodno zakretanje struje zraka oko profila krila nadolje, pa u prostor između krila i podloge nalijeće struja zraka dinamičkog tlaka  $\rho v^2/2$ . Ta se struja zračne mase usporava između krila i podloge, čime se povećava statički tlak zračne struje, koji djelovanjem na donju površinu krila pobuđuje dodatnu silu uzgona. Teoretski, kad se potpuno zaustavi strujanje zraka, porast statičkog tlaka ispod krila bio bi jednak dinamičkom tlaku zbog brzine strujanja. Prema tome, zadatak je zračnih dinamičkih uređaja što bolje iskoristiti brzinu strujanja zraka radi dodatnog uzgona, a to se postiže pogodnim izvedbama krilnih ploha i njihovim položajem u blizini podloge (sl. 11).

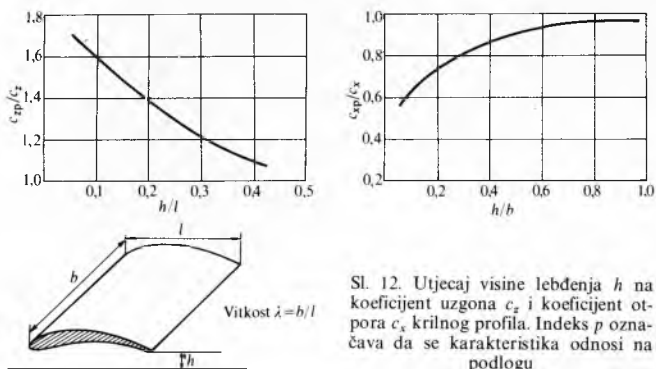


Sl. 11. Osnovne izvedbe krilnih ploha za formiranje zračnog dinamičkog jastuka. a dodirno krilo, b klizno krilo, c lebdeće krilo

**Dodirno krilo** (sl. 11a) male je vitkosti, s vertikalnim bočnim stijenkama (graničnim pločama) na oba kraja raspona. Bočne stijenke stalno su uronjene u vodu, a izlazni rub krila dodiruje površinu vode tako da se u prostoru između krila i vodene površine usporava strujanje zraka, pa se stvara dinamički zračni jastuk. **Klizno krilo** (sl. 11b) djeluje na sličnom principu kao i dodirno krilo. Razlika je u tome da izlazni rub kliznog krila ne dotiče vodenu površinu, pa se između krila i vodene površine stvara prostor u obliku kanala koji se prema izlazu suzuje. **Lebdeće krilo** (sl. 11c) djeluje na principu gibanja aerodinamičkog profila u blizini podloge. Taj se tip krila obično primjenjuje za lebđelice na dinamičkom zračnom jastuku.

Usporena zračna masa povećanog statičkog tlaka, koja se trenutno nalazi u prostoru između krila i podloge, zove se *zračni dinamički jastuk*, jer je za njegovo stvaranje prijeko potrebno da lebdeće vozilo postigne određenu brzinu. Kad krilo lebdi u blizini podloge, ne samo da se povećava uzgon nego se i smanjuje ukupni otpor krila, i to dio inducirano otpora krila. Kad se teoretski razmatraju krila beskonačne duljine, dobiva se otpor profila  $c_{xx}$ . Prijelazom na krila konačne duljine otpor se povećava za tzv. inducirani otpor  $c_{xi} = f(c_z, \lambda)$ , gdje je omjer  $\lambda = b/l$  vitkost krila raspona  $b$  (razmah) i širine  $l$  (v. *Aerodinamička sila i moment*, TE 1, str. 10).

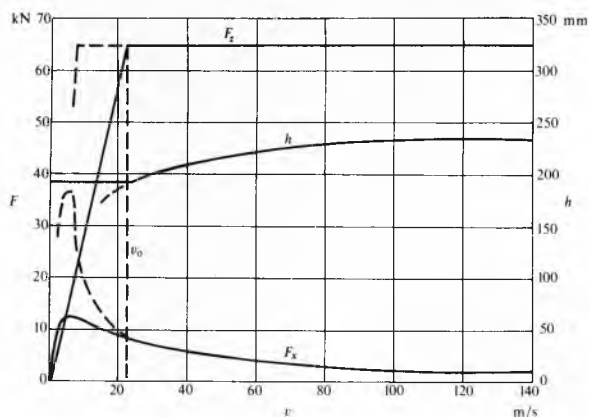
Inducirani otpor nastaje zbog vrtložnog strujanja oko rubova krila konačne duljine  $b$  i otklona struje zraka iza krila. Blizina podloge sprečava djelomično otklanjanje struje zraka iza krila, pa se tako smanjuje inducirani, a s time i ukupni otpor profila krila  $c_x$ . Utjecaj visine lebđenja  $h$  na koeficijente uzgona  $c_z$  i otpora  $c_x$  prikazuje sl. 12.



Za lebđenje na zračnom dinamičkom jastuku služe specijalno građena lebdeća vozila, opremljena pogodnim krilnim i drugim plohamo koje omogućuju stvaranje zračnog dinamičkog jastuka pri određenoj brzini vozila. Radi mirovanja, polaska i zaustavljanja na vodenoj površini, takva lebdeća vozila moraju biti tako građena da mogu plivati i glisirati. Za vrijeme lebđenja na zračnom dinamičkom jastuku smanjuje se otpor i nastaje dodatni uzgon, što, u usporedbi s avionima i brodovima, omogućuje ekonomičniji pogon lebdjelice. Ipak, kad lebdjelica polazi s vodene površine (za vrijeme plovidbe i glisiranja), pogonski uređaj mora da izdrži kratkotrajno preopterećenje s obzirom na snagu potrebnu za vrijeme lebđenja.

**Elektromagnetski dinamički uređaji za lebđenje.** Ti se uređaji primjenjuju za nošenje i vođenje lebdećih pružnih vozila, pri čemu se za te dvije funkcije upotrebljavaju ili međusobno neovisni elektromagneti ili se za obadvije funkcije upotrebljava isti elektromagnet.

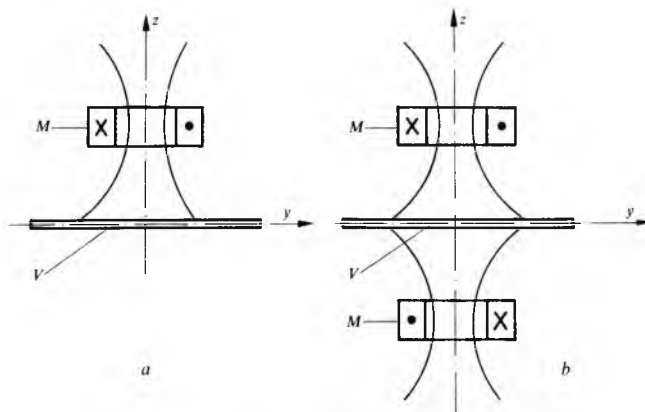
Princip rada elektromagnetskih dinamičkih uređaja temelji se na pojavi elektromagnetske indukcije pri kretanju vodiča u magnetskom polju. U elektromagnetskim dinamičkim uređajima za lebđenje magnetsko polje se stvara supravodljivim elektromagnetima, koji su sastavni dio lebdećeg pružnog vozila, a vodiči, u obliku aluminijskih ploča ili kratkospojenih namotaja, položeni su uzduž pruge. S kretanjem vozila giba se i magnetsko polje s obzirom na vodiče položene uzduž pruge, pa se zbog induciranih struja u tim vodičima stvara magnetsko polje, koje se jednom komponentom suprotstavlja magnetskom



Sl. 13. Ovisnost sile podizanja  $F_z$  (nosivost magneta), sile kočenja  $F_x$  i visine lebđenja  $h$  za elektromagnetski dinamički uređaj za lebđenje na principu normalnog toka, slijedećih karakteristika: nosivost magneta 65 kN pri brzini  $\sim 140$  m/s ( $\sim 504$  km/h); jakost struje 388 kA; dimenzije supravodljivog magneta: duljina 2 m, širina 0,3 m; vodič u pruzi: aluminij specifičnog otpora  $3,23 \cdot 10^{-8}$   $\Omega$  m, debljina 0,02 m, teorijska širina  $\infty$ . Vozilo prelazi na lebdeći režim pri brzini  $v_0 = 22$  m/s

polju uzbude, a drugom komponentom relativnom kretanju magnetskog polja uzbude s obzirom na vodiče. Odbojna komponenta sile magnetskog polja vodiča odbija vozilo od pruge na visinu lebđenja (100–300 mm), već prema težini vozila. Horizontalna komponenta sile suprotstavlja se gibanju vozila i mora se svladati pogonskim uređajem (npr. linearnim elektromotorom). Prema tome, bitan je preduvjet za djelovanje takvih uređaja za lebđenje određena brzina kretanja vozila pri kojoj je odbojna sila  $F_z$  dovoljno velika da odvoji vozilo od pruge (sl. 13). Takvi uređaji za lebđenje također služe i za vođenje vozila, tj. za odvajanje vozila od pruge u horizontalnoj ravni. Dinamički su uređaji sami po sebi stabilni i ne trebaju dodatne uređaje za regulaciju lebdećeg stanja. Prostor djelovanja elektromagnetskih sila između vozila i pruge naziva se i *magnetskim jastukom*, zbog formalne sličnosti sa zračnim jastukom.

Kako je već spomenuto, potrebna snaga za lebđenje jedno je od bitnih mjerila za ekonomičnost uređaja za lebđenje. Zato se s energetskeg stanovišta elektromagnetski dinamički uređaji za lebđenje naročito istražuju s obzirom na stvaranje primarnog magnetskog polja u vozilu i pojavu vrtložnih struja u vodičima uzduž pruge te s obzirom na energetske gubitke koji se uslijed toga javljaju. Da se u vozilu uspostavi dovoljno jako primarno magnetsko polje koje će uz određenu brzinu vozila pobuditi toliku struju u vodičima u pruzi da će se pojaviti sila koja je u stanju podignuti vozilo od pruge i dovesti ga u stanje lebđenja, potrebno je da kroz magnetske namote u vozilu protječe električna struja od 200 kA. Da bi se smanjili energetske gubici u magnetskim namotima, oni se ohlađuju tekućim helijem na temperaturu  $\sim 4$  K. Tako se materijal namota dovodi u supravodljivo stanje. Budući da je električni otpor namota (kad je u supravodljivom stanju) praktički jednak nuli, gubici će biti vrlo mali. Postoji, međutim, tehnološka poteškoća za praktičnu primjenu supravodljivosti, jer je potrebno ohladiti namote do temperatura u blizini apsolutne nule i termički ih izolirati prema okolici (međuprostorom visokog vakuuma). Za elektromagnetske dinamičke uređaje za lebđenje potrebna je stacionarna stanica za ohlađivanje magneta na temperaturu od nekoliko kelvina, a osim toga, u u vozilu mora biti uređaj za održavanje tako niskih temperatura magneta. Prema tome, iako za održavanje primarnog magnetskog polja treba dovoditi vrlo malo električne energije, ipak je potrebna energija za hlađenje, što se mora uzeti u ukupnoj energetskej bilanci.



Sl. 14. Shematski prikaz položaja elektromagneta  $m$  elektromagnetskih dinamičkih uređaja za lebđenje prema vodiču  $V$  u pruzi. a) normalni tok, b) nulti tok

Elektromagnetski dinamički uređaji za lebđenje imaju, osim termičkih gubitaka, znatne energetske gubitke zbog jakih vrtložnih struja u vodičima uzduž pruge, koji se očituju u komponenti sile  $F_x$  što se opire kretanju vozila (sl. 13). Zbog toga se istražuju dvije varijante elektrodinamičkih uređaja za lebđenje s obzirom na položaje elektromagneta prema vodiču u pruzi, i to uređaj normalnog magnetskog toka i uređaj nultog magnetskog toka (sl. 14).

U uređajima s *normalnim magnetskim tokom* djeluje pokretno magnetsko polje jednostrano na vodič, a u uređajima s *nultim*

magnetskim tokom vodič se nalazi u prostoru između istoimenih polova dvaju magneta, pri čemu je konfiguracija magnetskog polja takva da je u jednom dijelu prostora magnetski tok jednak nuli (nul-tok). Teoretski postoji mogućnost da se vodič giba upravo kroz taj dio prostora, kad se ne pojavljuje elektromagnetska indukcija. Iako su oba uređaja dinamički sama po sebi stabilna i analogna oscilatornom mehaničkom sustavu s veoma malim vlastitim prigušenjem, između njih postoje bitne dinamičke razlike. Uređaj na principu normalnog toka djeluje silom jednostrano, a karakteristika je opruge sustava progresivna i mekana i praktički neovisna o brzini vozila, što vrijedi i za vlastitu frekvenciju. Karakteristika opruge i vlastita frekvencija ovise o uzbudu, pa njezina promjena, pri konstantnoj težini vozila, utječe u prvom redu na visinu lebdenja.

Uređaj na principu nul-toka djeluje simetričnom silom; karakteristika opruge sustava je linearna i tvrda, te ovisi o brzini vozila kao i vlastita frekvencija.

Bitni nedostaci uređaja nul-toka prema uređaju normalnog toka jesu kompliciranija izvedba magneta u vozilu i vodiča u pruzi, veća težina magneta i jača noseća konstrukcija vozila. Zbog toga se u današnjim istraživanjima daje prednost uređajima na principu normalnog toka, iako je odnos sile dizanja i kočenja na principu nul-toka povoljniji.

Uz pretpostavku vrlo snažnog zagona vozila moglo bi se s elektromagnetskim dinamičkim uređajima za lebđenje postići stanje lebdenja i pri ekstremno niskim brzinama vozila. Praktički se, međutim, prelazi na lebdeći režim rada kad se postigne brzina  $v_0$  (red veličine 80 km/h), kad je preokračen maksimum sile kočenja  $F_x$  (sl. 13). Do brzine  $v_0$  vozilo se kreće na posebnim okretnim postoljima, sličnim kao u željezničkih vozila. Konstrukcija postolja i kotača ujedno osigurava potrebni razmak između magneta i vodiča u pruzi, koji odgovara približno računskoj visini lebdenja pri brzini  $v_0$ . Kad se pri brzini  $v_0$  prijeđe na lebdeći režim, rasterećuju se kotači i uvlače se u postolje. Oni se ponovno izvlače kad se vozilo zaustavlja.

Važno je svojstvo elektromagnetskih dinamičkih uređaja za lebđenje da jakost magnetskog polja postepeno opada kad se pojavi kvar na uređajima za lebđenje. Zbog toga vozilo ne dodirne u istom momentu prugu, nego u kratkom vremenskom intervalu (do ~100 sekunda) djeluju uređaji za prisilno spuštanje na prugu.

**Elektromagnetski statički uređaji za lebđenje.** U principu, mogući su elektromagnetski statički uređaji za lebđenje, koji se osnivaju ili na odbojnim silama istoimenih polova magneta ili na privlačnim silama raznoimenih magnetskih polova. Prvi princip je nepovoljan za praktičnu primjenu, jer su potrebna dva elektromagneta, jedan u vozilu i drugi u pruzi, što komplicira i poskupljuje konstrukciju uređaja, te povećava potrošnju energije. Drugi princip, koji se temelji na privlačnim silama raznoimenih magnetskih polova, primjenjuje se na eksperimentalnim lebdećim pružnim vozilima u dvjema osnovnim varijantama. U prvoj za nošenje i vođenje vozila, slično kao i u elektromagnetskim dinamičkim sustavima, služe dva međusobno neovisna magneta, a u drugoj obje funkcije istodobno obavlja jedan magnet (sl. 15).

U elektromagnetskim statičkim uređajima za lebđenje na principu privlačnih sila raznoimenih magnetskih polova stvara se primarno magnetsko polje pomoću konvencionalnih elektromagneta istosmjerne struje smještenih u lebdećem vozilu. Primarno magnetsko polje djeluje privlačnom silom na feromagnetski materijal položen uzduž pruge kao beskonačna traka jednostavnog pravokutnog profila, kad su odvojene funkcije nošenja i vođenja vozila, odnosno kao U-profil, kad su integrirane funkcije nošenja i vođenja lebdećeg pružnog vozila (sl. 15).

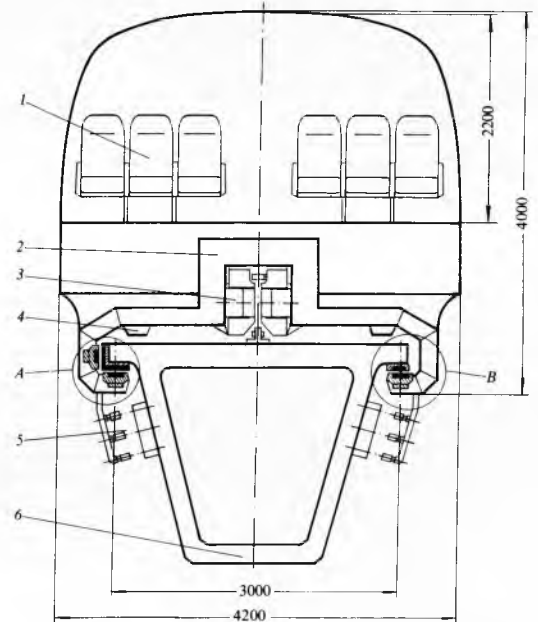
Elektromagnetski su statički uređaji oscilatorno nestabilni sustavi, tako da je prijeko potreban visokokvalitetni elektronički regulacijski uređaj za uspostavljanje i održavanje stabilnog lebdećeg stanja. Specifični problemi vezani uz primjenu elektromagnetskih statičkih uređaja za lebđenje jesu proračun i optimiranje elektromagneta i projektiranje sustava za regulaciju.

Za proračun elektromagneta moraju se uzeti utjecaji i veličine različitih faktora, od kojih su slijedeći posebno važni:

specifično opterećenje pruge (pruga s manjim specifičnim opterećenjem ekonomičnija je za gradnju zbog jednostavnije konstrukcije i manje potrošnje materijala), dimenzije i konstrukcija vozila, srednja nazivna visina lebdenja (red veličine 10...30 mm, visina lebdenja utječe na težinu magneta, potrošnju energije i energetske gubitke u uređaju za lebđenje) i termičko opterećenje magneta.

Uzimajući specifične utjecaje tih faktora, postaje optimiranje magneta nužan proces, kojim se traži najpovoljniji odnos između nosivosti magneta i njegove težine uz najmanje moguće energetske gubitke u uređaju, i sve to pri određenim dinamičkim svojstvima uređaja.

Energetski gubici u uređaju za lebđenje nastaju zbog vrtložnih struja u feromagnetskom materijalu uzduž pruge, pobuđenih kretanjem primarnog magnetskog polja, tj. vozila. Utjecaj se vrtložnih struja očituje: prvo, u pojavi kočne sile s obzirom na kretanje vozila, koja se mora svladati snagom zagona, i drugo, u slabljenju magnetskog polja, što ujedno znači i smanjenje nosivosti magneta.



Sl. 15. Shematski prikaz elektromagnetskih statičkih uređaja za lebđenje na principu privlačnih sila raznoimenih magnetskih polova. Detalj A: nošenje i vođenje vozila pomoću dva neovisna magneta (projektna koncepcija lebdećeg vozila AVF/1-P tvrtke Transrapid-E.M.S., SR Njemačka). Detalj B: isti magnet služi za nošenje i vođenje vozila. 1 vozilo (sekundarna masa, prostor za putnike), 2 noseća konstrukcija elektromagneta linearnog elektromotora itd., 3 linearni elektromotor, 4 klizne plohe za prisilno spuštanje na prugu, 5 dovod električne energije vozilu, 6 pruga

Nestabilni odnos između razmaka (visine lebdenja) i sila magnetskog polja moguće je stabilizirati pomoću uređaja za regulaciju. Osim toga, zadatak je regulacije da prigušuje utjecaje vanjskih poremećaja (npr. zbog neravnosti pruge, utjecaj jakih vjetrova itd.) s obzirom na postavljene uvjete sigurnosti i udobnosti za vrijeme vožnje. Izvedba regulacijskog uređaja jest opsežan i skup zahvat, a tzv. regulacija visine lebdenja može se provesti elektronički. Naročito je složena regulacija magnetskog polja s integriranim zadatkom za nošenje i vođenje lebdećeg pružnog vozila, pa se zato istraživanja i razvoj elektromagnetskih statičkih uređaja za lebđenje sve više usmjeruju prema optimiranju uređaja s odvojenim funkcijama nošenja i vođenja vozila.

Za razliku od elektromagnetskih dinamičkih uređaja za lebđenje, magnetsko polje elektromagnetskih statičkih uređaja trenutno se razgrađuje kad je uređaj u kvaru, koji time istodobno gubi sposobnost nošenja i vođenja vozila. Da bi se premostio trenutak naglog prekida struje i zadržalo za neko vrijeme magnetsko polje, posebne naprave osiguravaju dovod struje magnetu. Osim toga, konstruktivna izvedba i električna

povezanost magnetna provedeni su tako da kad je kvar na jednom magnetu, ostali preuzimaju dio njegova udjela u nošenju, odnosno vođenju vozila. Te mjere imaju, dakle, zadatak spriječiti naglo nalijetanje vozila na prugu. Vozilo je, osim toga, konstruirano za prisilno spuštanje na prugu pri bilo kojoj brzini, jer su na dnu vozila predviđene posebne klizne plohe od specijalnog materijala, velike postojanosti prema trošenju uz mali koeficijent trenja pri suhom klizanju po čeličnoj ili betonskoj površini pruge.

#### Stanje razvoja lebdjećih vozila

Danas se lebdjelice već nalaze u redovnom prometu i služe kako za civilne tako i za vojne svrhe. Lebdjeća pružna vozila još nisu uključena u redovni promet, nego su u fazi ispitivanja prototipova vozila i pruga, odnosno razrade njihovih novih konstrukcijskih rješenja. Sliku sadašnjeg stanja u razvoju lebdjećih vozila najbolje daju slijedeći opisi karakterističnih izvedbi suvremenih lebdjelica i prototipova lebdjećih pružnih vozila.

Lebdjelice sa zračnim statičkim uređajima za lebđenje. U tu vrstu lebdjećih vozila spadaju mnogobrojni tipovi lebdjelica različitih veličina i namjena, od malih sportskih jednosjeda do velikih komercijalnih vozila, mase veće od 200 t, i brzih, pokretljivih i moderno naoružanih vojnih jedinica za operacije po najrazličitijim vrstama tla, često nedostupnim za ostala vozila. Gotovo sve industrijski veoma razvijene zemlje (kao npr. SAD, Velika Britanija, Sovjetski Savez, Francuska, Japan) sudjeluju u razvoju i komercijalizaciji lebdjelica sa zračnim statičkim uređajima.



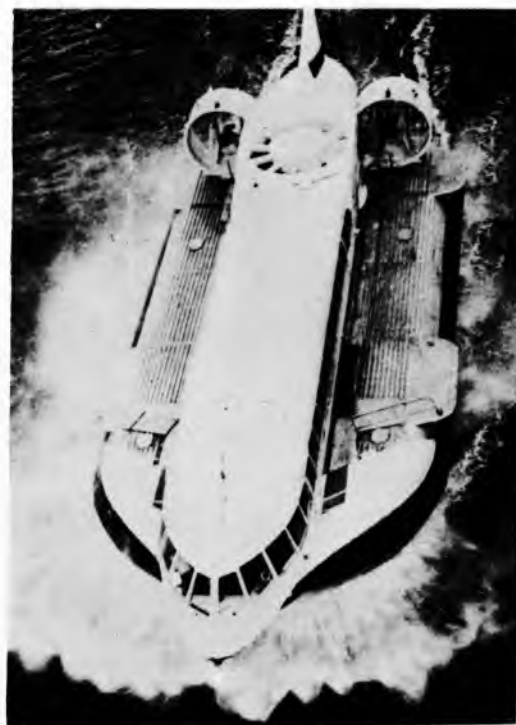
Sl. 16. Lebdjelica tipa Mountbatten SR.N4 Mk2 (British Hovercraft Corporation). Dimenzije: duljina 39,68 m, širina 23,77 m, visina u stanju lebđenja 11,48 m. Masa 200 t. Pogonski uređaj: četiri plinske turbine Rolls-Royce Marine Proteus, svaka snage 2535 kW (maksimalno 3170 kW). Uređaj za lebđenje: četiri radialna turbokompresora promjera 3,5 m. Zagon: četiri zračna vijka promjera 5,79 m. Brzina 130 km/h



Sl. 17. Lebdjelica Naviplane N 300 tvrtke SEDAM, Francuska. Dimenzije: duljina 24 m, širina 10,5 m, visina u stanju lebđenja 7,5 m, visina elastičnih bočnih stijenki 2 m. Masa 27 t. Pogonski uređaj: dvije plinske turbine Turbomeca Turmo III N3 svaka snage 2237 kW. Uređaj za lebđenje: dva aksijalna turbokompresora promjera 1,9 m. Zagon: dva zračna vijka promjera 3,6 m. Brzina 115 km/h

Jedan od najpoznatijih i najvećih proizvođača lebdjelica za civilne i vojne svrhe jest britanska tvrtka British Hovercraft Corporation, koja proizvodi lebdjelice u tri osnovne izvedbe, i to: 10-tonska serija Winchester (sl. 1), 50-tonska serija Wellington, i 200-tonska serija Mountbatten. Vozila iz serije Mountbatten, tip SR.N4 Mk2 (sl. 16), za mješoviti prijevoz putnika i robe služe u redovnom prometu preko Engleskog kanala. Ta lebdjelica može ponijeti do 280 putnika i 37 automobila.

Francuska tvrtka SEDAM, u suradnji s tvrtkom Bertin & Cie, također proizvodi lebdjelice za mješoviti promet putnika i robe. Tvrtka SEDAM proizvodi komercijalni tip lebdjelice Naviplane N 300 (sl. 17) u varijantama, i to ili samo za prijevoz putnika (100-120 osoba), odnosno kao trajekt za prijevoz do 8 automobila, ili za mješoviti prijevoz.



Sl. 18. Lebdjelica Sormovič ACV izgrađena u SSSR. Dimenzije: duljina 29,2 m, širina 10 m, visina u stanju lebđenja 7 m. Masa 36,5 t. Pogonski uređaj: plinska turbina Ivčenko AI-20K snage 1715 kW. Uređaj za lebđenje: aksijalni turbokompresor. Zagon: turbopropelerni sa dva zračna vijka. Brzina 120 km/h



Sl. 19. Sportska lebdjelica Sunrider za dvije osobe; proizvođač Surface Flight Ltd., Velika Britanija. Dimenzije: duljina 4,06 m, širina 1,98 m, visina 1,12 m. Masa 480 kg. Za zagon i lebđenje služe dva 2-taktna benzinska motora. Brzina 56 km/h

U Sovjetskom Savezu također se vrlo aktivno radi na razvoju lebdjećih vozila, i više se lebdjelica nalazi u redovitom prometu. Tvrtka Крaчoе Сoрмoвo proizvodi nekoliko vrsta lebdjelica za civilne i vojne svrhe (sl. 18).



Osim relativno velikih vozila za masovni promet, odnosno vojne svrhe, proizvodi se za individualni promet i za sportske svrhe mnogo srednjih i malih lebdjelica sa zračnim statičkim uređajima za lebđenje. Dva primjera tih vrsta lebdjelica prikazani su na sl. 19 i 20.

**Lebdjelice sa zračnim dinamičkim uređajima za lebđenje.** Lebdjelice te vrste, pri određenoj brzini kretanja u blizini podloge, koriste se dodatnim uzgonom koji nastaje na krilnim plohama zbog stvaranja dinamičkoga zračnog jastuka. Za sada se takva lebdeća vozila još uvijek nalaze u projektnoj, odnosno eksperimentalnoj fazi.

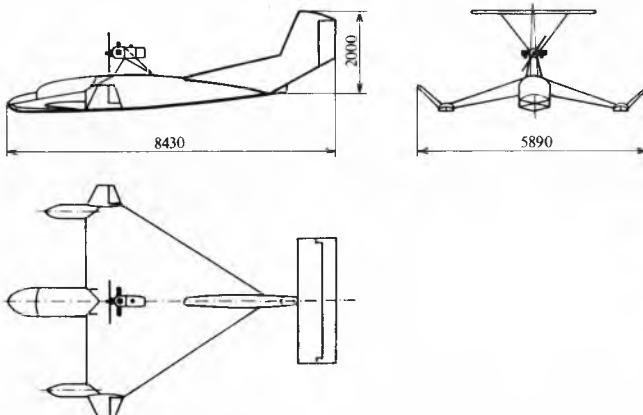
Američka tvrtka Lippisch Research Corporation i tvrtka Rhein-Flugzeugbau u SR Njemačkoj zajednički su projektirale i eksperimentirale s vozilom X-113 Am (sl. 21 i 22). To vozilo,



Sl. 20. Lebdjelica Missionaire Mk 1 za pet osoba. Proizvođač Missionary Aviation Fellowship, Velika Britanija. Dimenzije: duljina 6,70 m, širina 3,81 m, visina 2,84 m. Masa 1630 kg. Za lebđenje i zagon služe dva VW 4-taktna benzinska motora. Brzina 70 km/h



Sl. 21. Lebdjelica RFB X-113 AM; graditelj Lippisch Research Corporation, SAD, i Rhein Flugzeugbau, SR Njemačka. Dimenzije: raspon krila 5,89 m, duljina 8,43 m, visina 2,07 m. Masa 345 kg. Pogon zagonskog zračnog vijka: motor Nelson H 63-CP snage 36 kW



Sl. 22. Generalni plan eksperimentalne lebdjelice RFB X-113 AM

po konstrukciji veoma slično jednosjednom hidroavionu, ostvaruje zračni dinamički jastuk ispod krilnih ploha i prelazi na režim lebđenja pri brzini 50 km/h. U 1978. godini izvršene su uspješne pokusne vožnje novim vozilom za šest osoba iz iste serije X-114 (sl. 23), proizvedenim u tvrtki Rhein-Flugzeugbau.

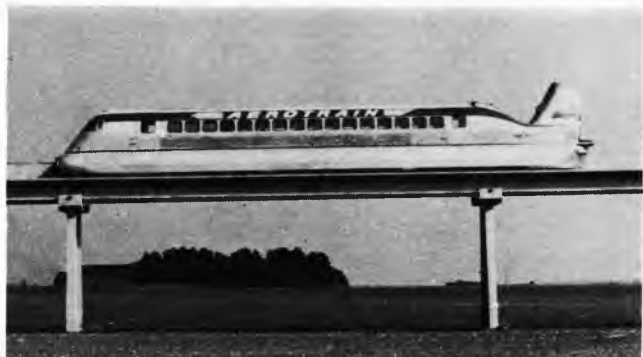


Sl. 23. Lebdjelica RFB X-114 za šest osoba: brzina ~150 km/h

Po konstrukciji slično vozilo na dinamičkom zračnom jastuku, s oznakom ESKA-1, ispituje se u Sovjetskom Savezu, gdje se ta vrsta lebdjelica zove *ekranoplan*. Prvi uspješni rezultati eksperimenata s tim vozilima odražuju se u projektima novih lebdjelica na dinamičkom zračnom jastuku, kojih se pokusne vožnje uskoro očekuju.

Istodobnom primjenom zračnih statičkih i dinamičkih uređaja za lebđenje na jednom te istom vozilu istražuju se najbolje mogućnosti kombinacija tih uređaja. Takve lebdjelice, s tzv. *hibridnim* zračnim uređajima, upotrebljavaju za lebđenje na mjestu, pri polasku i zaustavljanju zračni jastuk proizveden pomoću statičkih uređaja, dok se od neke određene brzine oslanjaju i na dinamički zračni jastuk formiran brzinom strujanja zraka oko specijalnih krilnih ploha. Tako je moguće održavati ta vozila u stanju lebđenja uz optimalno smanjenje snage za lebđenje.

**Lebdeća pružna vozila sa zračnim statičkim uređajima za lebđenje.** Francuska tvrtka Société de l'Aérotrain, u suradnji s tvrtkom Bertin & Cie, izvršila je 1965. prve uspješne pokusne vožnje lebdećim pružnim vozilom za velike brzine pod nazivom Aérotrain expérimental 01. S tim je vozilom u 1967. godini postignuta brzina od 345 km/h. Slijedeće pružno vozilo pod nazivom Aérotrain expérimental 02 postiglo je početkom 1969. godine brzinu od 422 km/h. Za stvaranje zračnog jastuka služio je uređaj na principu površinskog mlaznika. Istodobno je izgrađeno vozilo Aérotrain Interurbain I-80 Orléans (sl. 24) za 80 putnika i pruga duljine 18,5 km između Orléansa i Pariza.



Sl. 24. Lebdeće pružno vozilo Aérotrain Interurbain I-80 Orléans. Dimenzije: duljina 25,6 m, širina 3,2 m, visina 3,3 m. Turbopropelerni zagon pomoću dvije plinske turbine Turmo 111, svaka snage 970 kW. Za lebđenje služe dva aksijalna turbokompresora zagonjena plinskom turbinom Turmo Astazou XIV snage 530 kW. Uređaj za lebđenje proizvodi osam zračnih jastuka za nošenje i šest zračnih jastuka za vođenje tipa površinski mlaznik. Brzina 300 km/h

U razdoblju od 1970. do 1972. godine to je vozilo bilo u pokusnoj vožnji 750 sati i prevezlo više od 10000 putnika. Nakon toga je turbopropelerni uređaj zamijenjen mlaznim pogonskim motorom (sl. 25), pa je modificirano vozilo s oznakom Aérotrain Interurbain I-80 HV Orléans početkom 1974. godine postiglo pod punim opterećenjem rekordnu brzinu od 430 km/h. Ista tvrtka obavlja pokuse i s vozilima za prigradski promet (Aérotrain Suburban S-44, tjeran linearnim elektromotorom), a u toku su razvoja i različita eksperimentalna vozila kao rezultat kooperacije te francuske tvrtke s tvrtkama u SAD, Brazilu i Švedskoj.



Sl. 25. Lebdeće pružno vozilo Aérotrain Interurbain I-80 HV Orléans. Duljina 30,5 m, širina 3,2 m, visina 5,1 m. Masa 28 t. Za zagon služi mlazni motor Pratt & Whitney JT 8D-II, s potiskom 66 kN i s posebnim prigušivačem buke. Uređaj za lebđenje jednak kao u vozila na sl. 24. Brzina 430 km/h



Sl. 26. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 03 tvrtke Krauss-Maffei, SR Njemačka. Dimenzije: duljina 11,7 m, širina 2,9 m, visina 2,5 m. Masa 9,6 t. Lebđenje: šest zračnih jastuka za nošenje i osam zračnih jastuka za vođenje tipa površinski mlaznik. Svaki zračni jastuk ima vlastiti aksijalni turbokompresor tjeran elektromotorom; ukupna snaga svih 14 turbokompresora iznosi 178 kW. Zagon: asinhroni linearni elektromotor maksimalne vučne sile 29 kN. Brzina 140 km/h

U SR Njemačkoj započela je 1969. godine tvrtka Krauss-Maffei AG (München) opsežan program razvoja lebdećih pružnih vozila. U razdoblju od 1971. do 1973. godine eksperimentalno vozilo Transrapid 03 (sl. 26) s uređajima za lebđenje i formiranje zračnog jastuka s površinskim mlaznikom i sa zagonom pomoću linearnim elektromotorom uspješno je ispitivano do brzine od 140 km/h.

Britanska tvrtka Tracked Hovercraft Limited izgradila je eksperimentalno vozilo RTV 31 (sl. 27) s uređajima za lebđenje i formiranje zračnog jastuka s rubnim mlaznikom i sa zagonom pomoću linearnog elektromotora. S tim vozilom predviđenim za velike brzine obavljene su pokusne vožnje 1972. i 1973. godine.

Američka tvrtka Grumman Aerospace Corporation proizvela je 1973. godine vozilo Grumman TLRV (Tracked Levitated Research Vehicle, sl. 28) s uređajima za formiranje zračnog jastuka na principu rubnog mlaznika i sa zagonom pomoću linearnih elektromotora. S njim je postignuta brzina od ~200 km/h. U zajednici s tvrtkom Garrett pregrađeno je to vozilo na zagon s linearnim elektromotorom i za brzine do 480 km/h, pa je druga



Sl. 27. Lebdeće pružno vozilo RTV 31, tvrtke Tracked Hovercraft Ltd., Velika Britanija. Dimenzije: duljina 22,15 m, širina 3,73 m, visina 3,76 m. Masa 23 t. Lebđenje: dva zračna jastuka za nošenje i šest zračnih jastuka za vođenje tipa rubni mlaznik s radijalnim turbokompresorima tjeranim elektromotorima ukupne snage 740 kW. Zagon: asinhroni linearni elektromotor maksimalne vučne sile 31 kN. Brzina ~400 km/h



Sl. 28. Lebdeće pružno vozilo Grumman TLRV. Dimenzije: duljina 15,54 m, širina 3,65 m, visina 4,01 m. Masa 28,1 t. Uređaj za lebđenje i zagon u prvoj fazi ispitivanja: plinske turbine Canadian Pratt & Whitney JT 15D-I snage 1075 kW; četiri zračna jastuka za nošenje i četiri zračna jastuka za vođenje tipa rubni mlaznik. Zagon u drugoj fazi: linearni elektromotor Garrett maksimalne vučne sile 33,36 kN. Brzina 480 km/h

faza eksperimenata nastavljena 1976. u američkom Centru za ispitivanje vozila velikih brzina (High Speed Test Centre, Pueblo, Colorado).

**Lebdeća pružna vozila s elektromagnetskim dinamičkim uređajima za lebđenje.** U zajedničkim istraživanjima tvrtke AEG, BBC i Siemens, u SR Njemačkoj, proizvele su vozilo EET (Erlanger Erprobungsträger, sl. 29) s uređajima za formiranje



Sl. 29. Lebdeće pružno vozilo Erlanger Erprobungsträger EET. Dimenzije: duljina 12,3 m, širina 3,8 m, visina iznad ruba pruge 1,75 m. Masa 16 t. Lebđenje pomoću elektromagnetskog dinamičkog uređaja, a zagon pomoću asinhronog linearnog elektromotora AEG maksimalne vučne sile 35 kN

elektromagnetskog dinamičkog jastuka na principu normalnog toka. Za ispitivanje tog vozila načinjen je posebni pružni poligon u obliku kruga promjera 280 m i nagiba pruge od  $45^\circ$  (sl. 30). Vozilo EET, tjerano asinhronim linearnim elektromotorom, postiglo je 1976. godine na pokusnoj vožnji brzinu veću od 100 km/h pri visini lebđenja od  $\sim 250$  mm. Za stajanje, polazak i zaustavljanje vozila služe posebno konstruirani podvozci s kotačima.



Sl. 30. Pokusni poligon za lebdeće pružno vozilo EET u Erlangenu, SR Njemačka. Promjer kruga 280 m, nagib pruge  $45^\circ$

U Japanu se pod vodstvom Japanske nacionalne željeznice (JNR) istražuju elektromagnetski dinamički uređaji za lebđenje i obavljaju eksperimenti s vozilom JNR (sl. 31). Do sada su izvršene pokusne vožnje pri manjim brzinama, ali je vozilo predviđeno za brzine do 500 km/h. Zagon vozila je pomoću sinhronog linearnog elektromotora s dugim statorom (primarni



Sl. 31. Lebdeće pružno vozilo JNR Japanskih nacionalnih željeznica. Dimenzije: duljina 7,2 m, širina 5,2 m, visina 2,0 m. Masa 3,4 t. Brzina do 500 km/h

namot položen uzduž pruge, sekundarni u vozilu), preko čijeg se magnetskog polja ujedno i vodi vozilo, tj. odvaja od pruge u horizontalnom smjeru, dok za lebđenje služi elektromagnetski dinamički uređaj. Za stajanje, polazak i zaustavljanje vozilo ima posebna podvozja s kotačima.



Sl. 32. Lebdeće pružno vozilo bez posade HSST-01, Japan Airlines. Dimenzije: duljina 4,2 m, širina 2,9 m, visina 1,1 m. Brzina 300 km/h

**Lebdeća pružna vozila s elektromagnetskim statičkim uređajima za lebđenje.** Pod pokroviteljstvom Japanskog aerotransporta (JAL) u Japanu se istražuju i elektromagnetski statički uređaji za lebđenje. Eksperimentalno vozilo HSST-01 (sl. 32) zagonjeno je asinhronim linearnim elektromotorom kratkog statora i posjeduje elektromagnetske statičke uređaje za lebđenje s integriranim funkcijama nošenja i vođenja vozila.



Sl. 33. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 02 tvrtke Krauss-Maffei, SR Njemačka. Dimenzije: duljina 11,7 m, širina 2,9 m, visina 2,9 m. Masa 11,3 t. Za lebđenje služi elektromagnetski statički uređaj. Zagon asinhronim linearnim elektromotorom maksimalne vučne sile 31 kN

Razvoj lebdećih pružnih vozila s elektromagnetskim statičkim uređajima naročito je intenzivan u SR Njemačkoj. U razdoblju od 1969. do 1974. godine tvrtke Krauss-Maffei i Messerschmitt-Bölkow-Blohm u Münchenu, neovisno jedna o drugoj, istražuju i eksperimentiraju s različitim lebdećim pružnim vozilima. Za vrijeme pokusnih vožnji 1972. godine vozilom Transrapid 02 (sl. 33), tvrtke Krauss-Maffei, postignuta je brzina od 164 km/h uz zagon s asinhronim linearnim elektromotorom kratkog statora. Spomenute tvrtke osnivaju 1974. godine zajedničko poduzeće Transrapid-EMS radi zajedničkih istraživanja



Sl. 34. Lebdeće pružno vozilo bez posade Komet. Dimenzije: duljina 8,5 m, širina 2,5 m, visina 1,5 m. Masa 8,8 t. Maksimalni potisak raketnog zagona 500 kN. Brzina 401,3 km/h

lebdećih pružnih vozila i za njih potrebnih pruga. Da bi se ispitali principi lebđenja s uređajima, kojima elektromagnetska polja imaju zadatak ili samo nošenja ili samo vođenja vozila, obavljani su eksperimenti s vozilom Komet bez posade (sl. 34). Pomoću zagona s raketama na pregrijanu vodenu paru to je vozilo postiglo početkom 1976. godine rekordnu brzinu za vozila s elektromagnetskim uređajima za lebđenje od 401,3 km/h.

U približno istom vremenskom razdoblju stavljeno je u pokusni pogon vozilo Transrapid 04 (sl. 35 i sl. 2) s elektromagnetskim uređajima koji su imali integriranu funkciju nošenja i vođenja vozila. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 04 sa zagon-skim asinhronim linearnim elektromotorom kratkog statora postiglo je potkraj 1977. godine na specijalnoj pruzi (sl. 3 b) brzinu



Sl. 35. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 04 tvrtke Krauss-Maffei. Dimenzije: duljina 15,0 m, širina 3,4 m, visina 2,8 m. Masa 18,5 t. Lebdenje pomoću elektromagnetskog statičkog uređaja. Zagon asinhronim linearnim elektromotorom maksimalne vučne sile 35 kN. Brzina 253 km/h



Sl. 36. Lebdeće pružno vozilo Transrapid 05 tvrtke Krauss-Maffei. Dimenzije: duljina 26,3 m, širina 3,1 m, visina 3,5 m. Masa 36 t. Kapacitet 72 putnika. Zagon sinhronim linearnim elektromotorom maksimalne vučne sile 25,2 kN. Brzina 90 km/h

od 253 km/h. U okviru Internacionalnog simpozija i izložbe o prometu i prometnim vozilima 1979. godine u Hamburgu, SR Njemačka, izvršena je prva praktična demonstracija lebdećeg pružnog vozila Transrapid 05 s elektromagnetskim statičkim uređajima za lebdenje i zagonom s linearnim elektromotorom (sl. 36).

LIT.: A. L. Jaumotte, A. Kiedrzyński, Statique des véhicules à coussin d'air. Institut de Mécanique appliqué et Institut d'Aéronautique de l'Université de Bruxelles, N.T.1, 1965. — W. A. Ribich, H. H. Richardson, Dynamic analysis of heave motion for a transport vehicle fluid suspension. Massachusetts Institute of Technology, January 1967, U. S. Department of Commerce, Contract No. C-85-65 (PB 173 685). — G. H. Elsley, A. J. Devereux, Hovercraft design and construction. David & Charles Newton, Abbot 1968. — L. Giraud, A preliminary design study for a tracked air cushion research vehicle, Modification 3. U. S. Department of Transportation, PB 183 319, 1969. — R. L. Trillo, Marine hovercraft technology. Leonard Hill, London 1971. — N. Dujmović, Untersuchungen über die statische und dynamische Stabilität des Gaskissens. M.A.N. Forschungsbericht NT-13/73, München 1973. — C. Albrecht, Elektrodynamische Trag-Führungssysteme. ETZ 96(1975). — P. Appun, H. J. Thum, Ein elektromagnetisches Trag- und Führungssystem für schienengebundene Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge. Elektrische Bahnen, 46(1975). — R. McLeavy, Jane's surface skimmers 1975-76. Jane's Yearbooks Edition, London 1976.

N. Dujmović

**LIJEKOVI**, sredstva za koja je znanstvenim postupkom utvrđeno da se u određenim količinama i na određen način mogu upotrebljavati radi otkrivanja, suzbijanja i liječenja bolesti, odnosno radi drugih medicinski opravdanih ciljeva.

Upotreba ljekovitih tvari i njihovo oblikovanje u gotove lijekove u neku su ruku nerazdvojivi od historije čovječanstva, jer ispunjavaju jednu od najosnovnijih potreba, zaštitu zdravlja. Autentični podaci o liječenju, odnosno izradbi lijekova oko — 3500 godine našli su se u Kini, Indiji, Perziji, Babilonu, Egiptu, Grčkoj i Rimu. Tako su, npr., Babilonci i Egipćani proizvodili male glinene tablete. Iz staroegipatskih tekstova o medicini (Papyrus-Ebers) može se zaključiti da su Egipćani poznavali i proizvodili, doduše na vrlo primitivni način, i mnoge druge pripravke: inhalacije, vode za grgljanje i pilule. Pri tome su kao izvorne ljekovite tvari upotrebljavali bilje, životinjske dijelove i mineralna sredstva. Takav način proizvodnje i iz sličnih sirovina zadržao se praktički sve do početka naše ere. Središta za proizvodnju lijekova bile su ljekarne, a kasnije i laboratoriji u samostanima, jer su oni bili središta intelektualnog života. Znatniji napredak proizvodnje lijekova ostvaren je od XVI do XIX stoljeća, kad se iz ljekovitih biljaka uspjelo izolirati djelatne tvari (npr. alkaloidi). Tako su dobivene mnoge važne ljekovite tvari (kofein, morfin, kinin, atropin i dr.). Istodobno su se počeli upotrebljavati i proizvoditi različiti farmaceutski preparati na bazi sintetski dobivenih kemijskih supstancija. Naglim napretkom kemije i gotovo svakodnevnim otkrićima novih supstancija, laboratoriji pri ljekarnama postali su tijesni za ozbiljniju proizvodnju, tim više što su ta otkrića bila popraćena usavršavanjem i uvođenjem novih i specijaliziranih uređaja i strojeva za proizvodnju lijekova. Tako je postepeno izradba lijekova u ljekarnama prešla u industrijsku proizvodnju, u za tu svrhu predviđenim pogonima. Posljednjih nekoliko desetljeća ostvarena su naročito važna otkrića na polju znanosti vezane uz proizvodnju lijekova, pa je, zahvaljujući posebnom interesu tržišta za te proizvode, omogućen i izvanredno snažan razvoj farmaceutске industrije.

Danas se proizvodnja lijekova nalazi na trećem mjestu u ukupnoj svjetskoj proizvodnji kemijske industrije, tj. iza derivata nafte te boja i lakova. S obzirom na veliku važnost tih proizvoda, jer im je osnovno zaštititi zdravlje, posvećuje im se posebna pažnja (s obzirom na sastav, tehnologiju izradbe, kvalitetu, dozu), pa su u skladu s time doneseni i posebni zakonski propisi. Jugoslavija se svrstala u red vrlo naprednih zemalja s relativno dugom tradicijom u donošenju zakonskih propisa o lijekovima, prema kojima se oni tretiraju kao proizvodi općedruštvenog značenja. Danas se općenito prihvaćeni osnovni principi zakonske regulative na području lijekova sastoje u prvom redu u zahtjevu da lijekovi budu što djelotvorniji i neškodljiviji, te da su propisane kvalitete.

## PODJELA LIJEKOVA

Jugoslavensko zakonodavstvo svrstava lijekove u nekoliko grupa. Prema načinu proizvodnje razlikuju se gotovi lijekovi, te magistralni i galenski pripravci. Gotovim lijekovima smatraju se proizvodi prirodnoga, biološkoga ili sintetskog podrijetla, koji se proizvode industrijski ili laboratorijski, a upotrebljavaju se u obliku i pakovanju u kojem ih proizvođač stavlja u promet. Magistralni i galenski pripravci jesu proizvodi koji se izrađuju u ljekarnama. Za njihovu pripremu služe ljekovite supstancije prirodnoga (biljnoga, životinjskoga) ili kemijsko-sintetskog podrijetla. Prema djelovanju, odnosno namjeni, jugoslavenska klasifikacija lijekova svrstava lijekove u 19 osnovnih skupina: 1) lijekovi koji djeluju na imunološke mehanizme (serumi, vaccine, dijagnostici, proizvodi ljudske krvi koji djeluju na imunološke mehanizme, imunosupresivi); 2) lijekovi koji djeluju na uzročnike infektivnih i parazitarne bolesti (antibiotici, npr. penicilini, polusintetski penicilini, cefalosporini, tetraciklini, kloramfenikoli i dr., antituberkulotici, sulfonamidi, antiprotozoici, anthelmintici, antivirusna sredstva); 3) lijekovi za liječenje neoplazmi (citostatici, alkilancije, citostatski antibiotici, antimetaboliti); 4) lijekovi koji djeluju na endokrine bolesti (hormoni tireoideje i paratireoideje; inzulini, oralni antidijabetici, hormoni hipofize, mineralokortikoidi, glukokortikoidi, spolni hormoni); 5) lijekovi koji djeluju na metabolizam i prehranu (vitamini, minerali, enzimi, roboransi, tonici, anabolni hormoni, nutrijencije, antihistaminici); 6) lijekovi koji djeluju na bolesti krvi i krvotvornih organa (lijekovi protiv anemije, antikoagulansi, fibrinoliti, hemostiptici, otopine aminokiselina); 7) lijekovi koji se primjenjuju protiv duševnih poremećaja, psihofarmaci (neuroplegici, trankvilizatori, antidepresivi, psihostimulansi, lijekovi protiv alkoholizma, lijekovi protiv neurocirkulatornih distonija); 8) lijekovi koji djeluju na živčani sustav (anesteti, hipnotici, sedativi, antikonvulzivi,