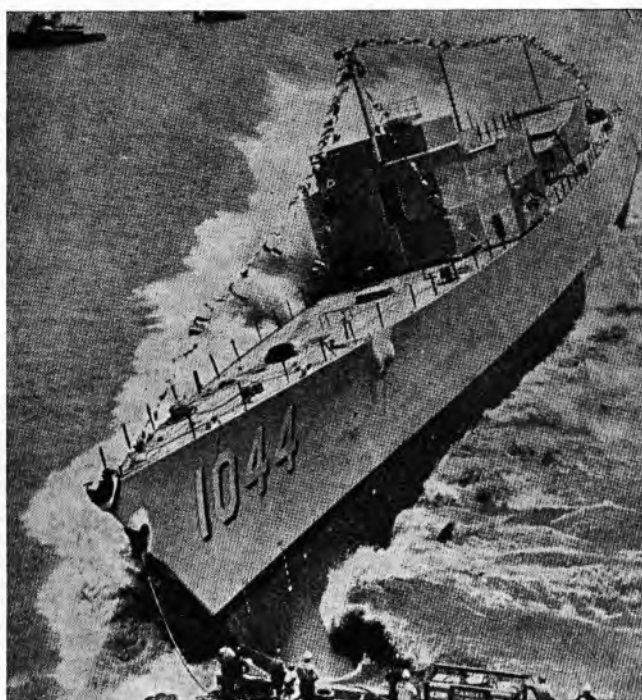


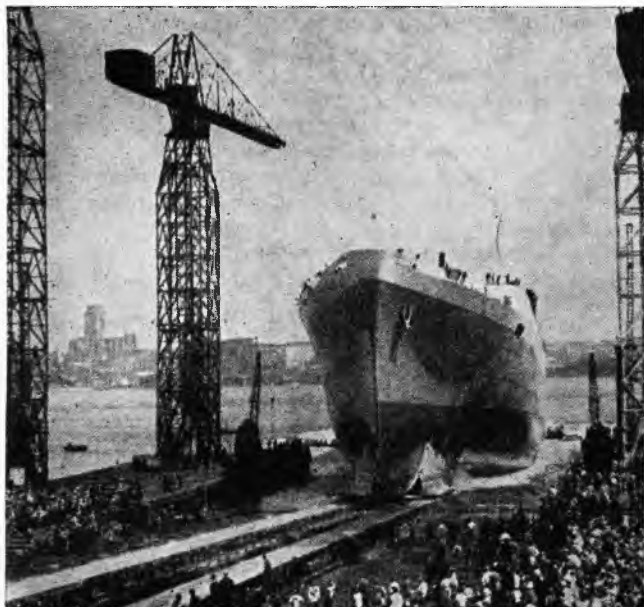
gente granice urona, odrede se grafičkom metodom pomoću areala rebara do tangenata na granicu urona i odgovarajući razmaci pregrada koji daju proračunati volumen  $\nabla_p$  naplavljenih prostorija i apscise  $x_p$  njihovih težišta. Prema tome svaka tangenta daje jednak razmak nepropusnih pregrada, tj. jednu tačku pregradne krivulje, a kad bi se naplavio prostor između pregrada, brod bi uronio upravo do odgovarajuće tangente na granicu urona. Tačke pregradne krivulje dobivaju se tako da se na okomici povučenoj u polovici pojedinih razmaka pregrada nanese ti razmaci. Krajnje tačke pregradne krivulje, koje leže na pravcima nagnutim pod  $63,5^\circ$  spram horizontale, odrede se posebnom grafičkom konstrukcijom.

**PRORAČUN PORINUĆA BRODA**

Porinuće broda je postupak kojim se brod izgrađen na kopnu, na navozu ili vraci brodogradilišta, spušta u vodu. Najuobičajeniji je način porinuća da brod učvršćen na posebne saonice po drvenom saoniku na navozu klizi u vodu uslijed svoje vlastite težine. Prema tome da li brod ulazi u vodu u uzdužnom ili poprečnom smjeru, razlikuje se uzdužno porinuće (sl. 1) i poprečno porinuće (sl. 2). Pri uzdužnom porinuću brod ulazi u vodu najprije krmom, i to sa slijedećih razloga: oblici su krme puniji pa brod prije dobiva uzgon koji će ga dignuti s navoza; otpor vode pri kretanju krmom veći je nego pri kretanju pramcem, pa će se brod nakon porinuća prije zaustaviti; zbog uskih oblika pramca i njegove čvrste konstrukcije lakše je preuzeti na pramcu nego na krmu veliku reakciju koja se javlja prilikom okretanja na čelu sa-



Sl. 2. Bočno (poprečno) porinuće



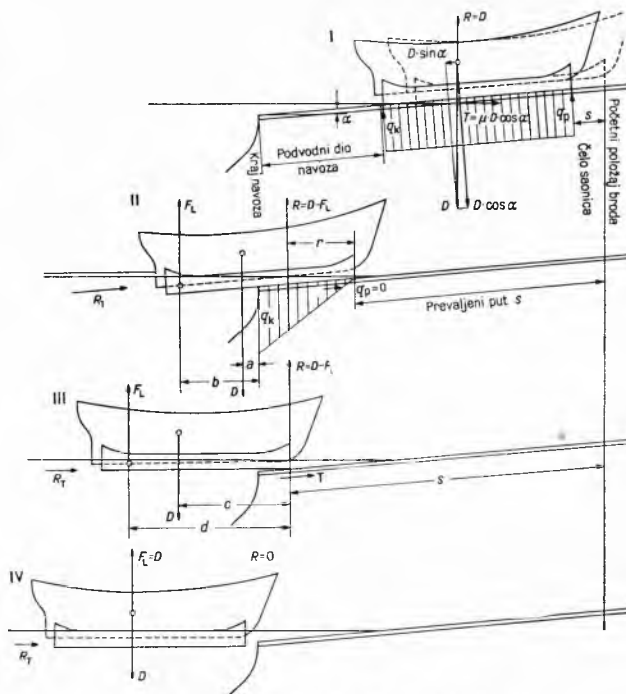
Sl. 1. Uzdužno porinuće

nica, i konačno, krma je mnogo osjetljivija prema većoj deformaciji, zbog osovinskih vodova i uređaja za kormilarenje, pa je treba postaviti u područje manjih pritisa.

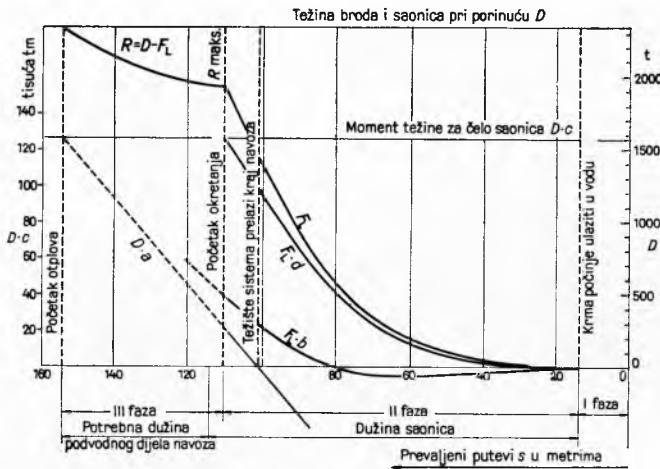
Porinuće pri kojem brod klizi u vodu uslijed svoje vlastite težine skopčano je s priličnim rizikom, jer kad se jednom pokrene masa broda, koja može iznositi i nekoliko tisuća tona, više se ne može kontrolirati njeno gibanje, pa treba proračunom porinuća unaprijed odrediti sve kritične momente koji ugrožavaju sigurnost broda. Važnost pomnijovog proračuna pokazuju slučajevi neuspjelih porinuća, koji su prouzročili goleme troškove. Najeklatantniji takav slučaj je prevrnuće transatlantika »Principessa Jolanda« 1909. Da bi izbjegla rizik porinuća, neka brodogradilišta grade brodove u suhom doku. (Za tehnološki postupak porinuća broda v. Gradnja broda u ovom članku).

**Uzdužno porinuće.** Proračunom uzdužnog porinuća određuju se sile i momenti koji djeluju na brodsku konstrukciju i, pored toga, potrebna dužina podvodnog dijela navoza. Rezultati proračuna nanose se u dijagrame porinuća u kojima su sile i momenti, brzine i ubrzanja, pritisci na saonik i pritisci na saonice nanoseni u zavisnosti od prevaljenog puta broda po navozu.

Cijelo porinuće dijeli se u četiri karakteristične faze (sl. 3). U prvoj fazi brod se kreće po suhom dijelu navoza, pa treba samo provjeriti da li je sila trenja  $F_T = \mu D \cos \alpha$  manja od uzdužne komponente težine broda i saonice  $D \sin \alpha$ , da brod krene sam od sebe kad se otpuste zaporni uređaji. U tim formulama znači  $\mu$  koeficijent trenja, čija je vrijednost za stanje mirovanja  $0,03 \dots 0,07$ , a pri gibanju  $0,0125 \dots 0,015$  za maziva na bazi naftinih derivata, odnosno  $0,025 \dots 0,035$  za maziva na bazi loja i sapuna (manje vrijednosti vrijede za veći pritisak, odnosno za višu temperaturu),  $D$  ukupna težina broda i saonice,  $\alpha$  nagib navoza. Vrijednosti  $\tan \alpha$  leže između  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{1}{4}$ . Veći nagibi se upotrebljavaju pri porinuću manjih brodova. Kut nagiba navoza  $\alpha$  može biti promjenljiv ako navoz nije ravan nego zakrivljen po kružnom luku (radijusi od 5000 do 15000 m). Zakrivljeni navoz ima bliže vodi



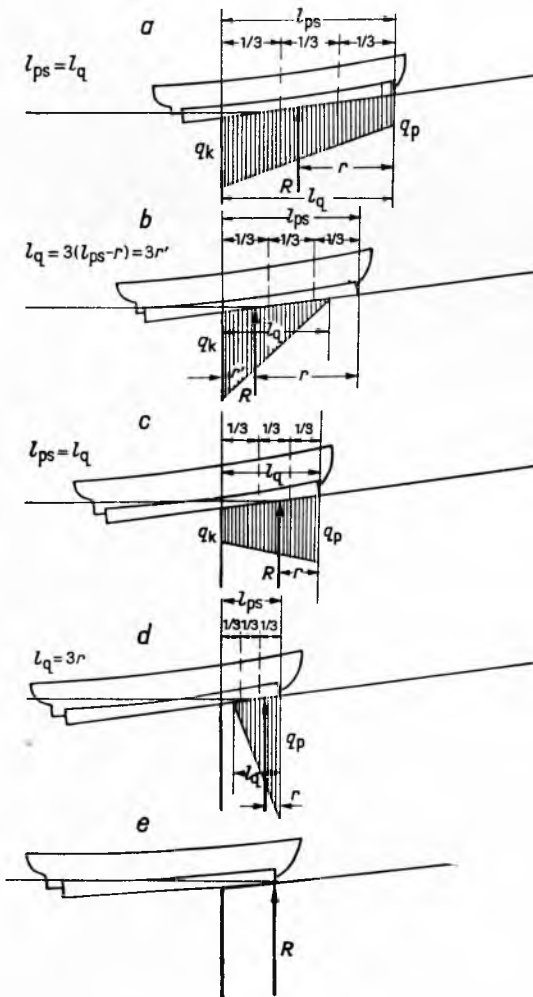
Sl. 3. Pojedine faze uzdužnog porinuća



Sl. 4. Statički dijagram uzdužnog porinuća

povećani nagib, kako bi brod prije dobio uzgon, a da njegova brzina pri otplovu ipak ne bude prevelika.

U drugoj fazi porinuća brod ulazi jednim svojim dijelom u vodu, pa se javljaju sile uzgona i otpora vode. Kad težište broda prelazi preko kraja navoza, momenti uzgona  $F_L b$  moraju biti veći od momenta težine  $D a$  za kraj navoza (sl. 3), tj. u dijagramu porinuća (sl. 4) krivulja  $F_L b$  mora stalno ležati iznad krivulje  $D a$ . Ako se te krivulje sijeku, pa moment težine postane veći od momenta uzgona za kraj navoza, doći će do tzv. *ponika*. Brod će se zaokrenuti oko kraja navoza, tako da mu se izdigne pramac. U tom položaju brod se oslanja na navoz samo u jednoj tački, i to



Sl. 5. Raspored pritisaka na navoz tokom uzdužnog porinuća

svojom sredinom. Zbog naglog povećanja pritiska istisne se mazivo ispod saonica, trenje poraste pa se brod može zaustaviti i slomiti konstrukciju saonica, a može se slomiti i konstrukcija broda, koja na tom mjestu (oko sredine broda) nije predviđena za preuzimanje tako velikih sila. Ako se i ne dogodi nijedna od tih nezgoda, pramac će malo kasnije zbog naglog povećanja uzgona udariti natrag o navoz i razbiti saonice. Kako je u bilo kojem od navedenih slučajeva porinuće propalo, ponik se mora na svaki način spriječiti.

Što više brod ulazi u vodu to više raste uzgon. Kad moment uzgona  $F_L d$  postane jednak momentu težine broda  $D c$  za čelo saonica (odgovarajuće krivulje momenata u dijagramu porinuća se sijeku) nastupa treća faza porinuća. Brod se počinje okretati oko čela saonica, te se cjelokupni pritisak koncentrirani na tome mjestu, kao reakcija  $R$ . Maksimalna veličina reakcije dobiva se iz dijagrama porinuća kao razlika između ordinata krivulja težine i uzgona broda. Za vrijeme cijele treće faze porinuća moment uzgona ostaje jednak momentu težine za čelo saonica, a vrijednost reakcije  $R$  smanjuje se sve više, dok u času otplova ne postane jednaka nuli, jer je tada uzgon jednak težini broda. Potrebna dužina podvodnog dijela navoza odredi se iz dijagrama porinuća tako da se od puta prevaljenog u drugoj i trećoj fazi odbije dužina saonica. Obično se zbog skupoće podvodnih radova podvodni dio navoza izvodi nešto kraći. Brod u momentu napuštanja navoza ima određenu brzinu pa zato, ako je navoz prekratak, brod ne pada vertikalno dolje, nego po paraboli koja se može izračunati. Zbog toga se navoz može skratiti bez opasnosti da brod udari pramcem o kraj navoza na kraju treće faze porinuća.

Da se bar približno odrede pritisci koje mora izdržati konstrukcija saonica i saonika, odnosno brod i navoz, pretpostavlja se pravocrtna podjela pritisaka po dužini saonica, ili, drugim riječima, pretpostavlja se apsolutna krutost broda. U stvarnosti dolazi do deformiranja brodskog trupa, a posljedica je raspodjela pritisaka po nekoj krivulji, čiji bi tačni proračun bio veoma dugotrajan. Stoga se u praksi obično izvodi samo približni proračun uz spomenutu pretpostavku.

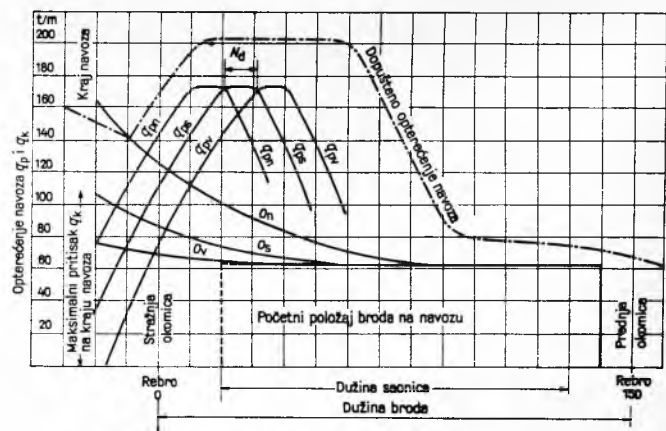
Iz jednačbe momenata za čelo saonica (sl. 3),

$$F_L b - D a + R r = 0,$$

može se izračunati položaj rezultante svih pritisaka, reakcije:

$$R = D - F_L, \quad r = \frac{D a - F_L b}{D - F_L}.$$

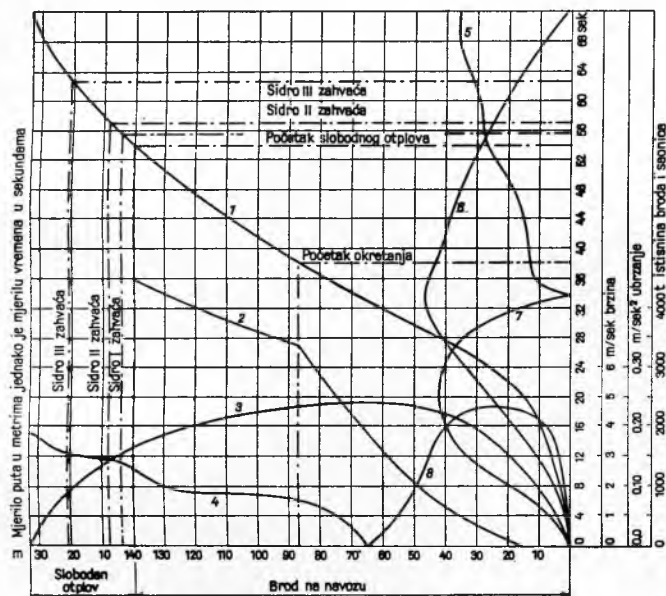
Položaj reakcije  $R$  zavisi od načina raspodjele pritisaka duž saonica. Promjena raspodjele pritisaka i položaja resultantne reakcije  $R$  tokom spuštanja broda niz navoz prikazani su na slici 5. Iz te se slike vidi da u pojedinim fazama porinuća maksimalni pritisci nastaju ili iznad kraja navoza ili ispod čela saonica. Ako se u



Sl. 6. Dijagram pritisaka pri uzdužnom porinuću

zavisnosti od položaja broda na navozu proračunaju maksimalni pritisci iznad kraja navoza  $q_k$  i ispod čela saonica  $q_p$ , može se konstruirati dijagram koji daje opterećenje navoza (sl. 6). Takav je proračun porinuća sasvim statičke prirode pa vrijedi samo ako brzine pri porinuću ne prelaze stanovitu vrijednost ( $6 \cdot \dots \cdot 7$  m/sek).

Radi kontrole i proračuna brzina i kinetičke energije broda u času otplova, koju treba poznavati radi dimenzioniranja sredstava za zaustavljanje broda, potrebno je odrediti brzine broda u bilo kojem trenutku porinuća. Brzina broda može se izračunati na osnovu bilance energije (potencijalna energija broda troši se na povećanje njegove kinetičke energije i na rad sile trenja i sile otpora vode) ili iz jednadžbe gibanja. Budući da se sve veličine u tim izrazima mijenjaju u zavisnosti od prevaljenog puta,



Sl. 7. Dijagram brzina i ubrzanja pri uzdužnom porinuću

treba cijelo porinuće podijeliti u pojedine dovoljno kratke intervale i raditi proračun za svaki pojedini interval posebno.

Prema osnovnom poučku dinamike, umnožak mase i akceleracije broda jednak je sumi komponenata svih sila koje djeluju na brod u smjeru njegova kretanja:

$$\frac{D}{g} a = (D - F_L) \sin \alpha - \mu (D - F_L) \cos \alpha - R_T$$

U toj jednadžbi je  $D/g$  masa broda,  $D$  težina broda i saonica,  $g$  akceleracija sile teže,  $a$  akceleracija broda,  $F_L$  uzgon broda,  $\mu$  koeficijent trenja,  $R_T$  otpor vode,  $\alpha$  kut nagiba navoza. Pretpostavivši koeficijent trenja  $\mu$  i otpor vode  $R_T$  prema iskustvu s prijašnjih porinuća (otpor vode je približno proporcionalan kvadratu brzine), dobiva se iz gornje jednadžbe akceleracija u zavisnosti od prevaljenog puta  $s$ . Iz jednadžbe:

$$\frac{V^2}{2} = \int_0^s a \, ds$$

nalazi se brzina broda  $V$  planimetriranjem površine ispod krivulje akceleracije  $a$ , nanesene u zavisnosti od prevaljenog puta  $s$ . Proračunate vrijednosti nanose se u dijagram sl. 7.

Obično se pri svakom porinuću mjeri prevaljeni put broda u zavisnosti od vremena. Za tako dobivenu krivulju puta odrede se krivulje brzine i akceleracije grafičkom derivacijom, pa se iz osnovne jednadžbe gibanja broda mogu izračunati koeficijent trenja i otpor vode  $R_T$ , što služi za kontrolu pretpostavljenih vrijednosti. Kako je prostor za slobodan otplov broda ograničen, važno je da se brod nakon porinuća što prije zaustavi. Zato se na krmu broda ugrađuju štitovi koji povećavaju otpor vode i spuštaju se sidra kojima se može promijeniti i smjer kretanja broda, ako ih se s jednog boka obori više nego s drugog. Ako se namjeravaju upotrijebiti sredstva za zaustavljanje, kontrolni proračun brzine se vrši pomoću spomenute jednadžbe bilance energije, uvrstivši u nju još jedan član koji predstavlja rad sredstava za kočenje, na putu njihova djelovanja.

Osim navedenih proračuna treba izvršiti i kontrolu stabiliteta. Stabilitet je najkritičniji na početku okretanja, kad je reakcija na

čelu saonica maksimalna. Za taj položaj broda treba odrediti reduciranu metacentarsku visinu na isti način kao što je to opisano za nasukani brod (v. str. 174). U slučaju da je reducirana metacentarska visina jednaka nuli ili čak negativna, brod bi se pri porinuću prevrnuo, pa treba poduzeti odgovarajuće mjere da se ona poveća (zgodnijim rasporedom težina ili balasta).

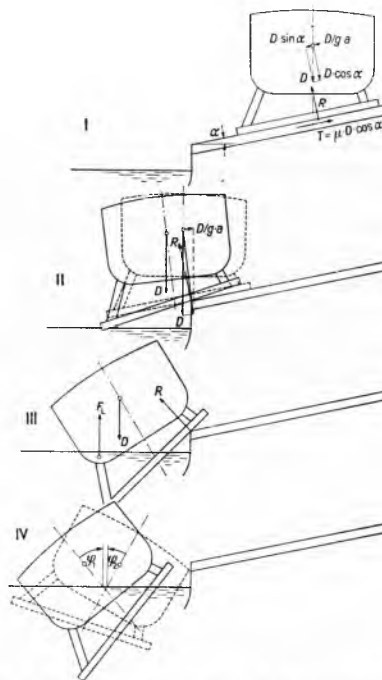
**Bočno porinuće** uobičajeno je na rijekama, zbog male uzdužne čvrstoće plitkih i širokih riječnih brodova i male dužine slobodnog otplova. Ali ono nije ograničeno samo na male brodove. Na Velikim jezerima u Americi upotrebljava se bočno porinuće za velike brodove za prevoz rude, nosivosti i preko 20 000 tona. Osim manjeg opterećenja i bržeg zaustavljanja broda nakon ulaska u vodu, poprečno porinuće ima pred uzdužnim i niz drugih prednosti. Otpadaju skupi podvodni radovi jer se saonik prostire samo na suhom dijelu navoza, brod se na navozu nalazi u horizontalnom a ne u kosom položaju, a to olakšava njegovu gradnju.

Cijelo se porinuće može podijeliti u četiri faze (sl. 8). U prvoj fazi brod se kreće cijelom dužinom saonica po navozu i na kretanje djeluju: vlastita težina broda i saonica  $D$ , čija komponenta  $D \sin \alpha$  paralelna sa smjerom saonika prouzrokuje gibanje; sila inercije

$\frac{D}{g} a$ ; sila trenja  $\mu D \cos \alpha$  i pritisak podloge  $R = D \cos \alpha$ . U toj fazi porinuća treba paziti da se krmeni i pramčani dio broda kreću istom brzinom, inače dolazi do zanošenja jednog dijela broda, zbog čega brod može da padne sa staze saonika i da slomi saonice.

U času kad rezultanta sile inercije i vlastite težine broda i saonica pređe rub navoza, cjelokupna reakcija  $R$  djeluje u tom bridu pa počinje druga faza porinuća, okretanje oko kraja navoza. Zbog skupoće podvodnih radova i zbog mogućnosti da se brod zaustavi na navozu uslijed velikog bočnog otpora vode, navoz se obično ne produžava ispod vode, pa je okretanje oko kraja navoza (koje se mora svakako spriječiti kod uzdužnog porinuća) redovita pojava kod poprečnog porinuća.

U trećoj fazi porinuća razlikuju se dva slučaja. Pri visokom vodostaju brod ulazi u vodu prije potpunog silaza s navoza, pa se treća faza, zbog novopridošlih sila otpora vode i uzgona, računa od početka ulaska broda u vodu do njegovog potpunog silaza s navoza. Pri niskom vodostaju brod pada s navoza prije nego što



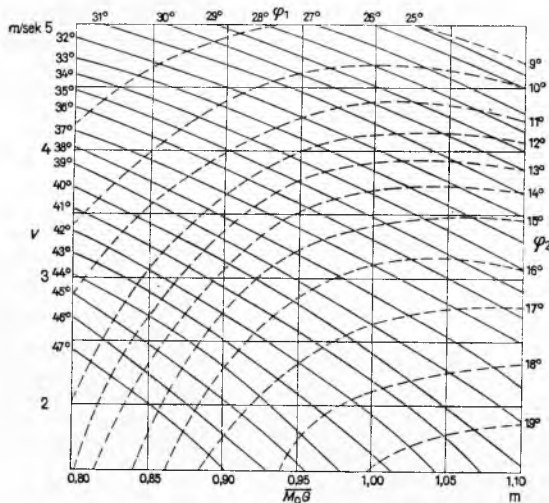
Sl. 8. Pojedine faze poprečnog (bočnog) porinuća

uranja u vodu, pa se kao treća faza računa slobodan pad broda, kad nestane reakcija podloge  $R$ , a na brod djeluje samo njegova vlastita težina i sila inercije.

Najopasnija je četvrta faza porinuća, kada se brod giba slabodno u vodi. Ako je vodostaj nizak, brod se može razbiti o dno, a ako se jako nagne, može se prevrnuti ili udariti bokom o obalu.

Teorijski proračun porinuća svodi se na pronalazanje i rješavanje diferencijalnih jednačbi gibanja za svaku fazu. U tu svrhu postavlja se koordinatni sistem s jednom vertikalnom a drugom horizontalnom osi na kraj navoza, pa se umnošci mase broda s komponentama njegove akceleracije u smjeru odabranih osi izjednačuju sa sumom komponenta svih sila koje djeluju na brod u smjeru dotičnih osi. Treća jednačba dobiva se tako da se izjednači suma momenata svih sila s obzirom na ishodište koordinatnog sistema s umnoškom momenta tromosti mase broda i njegove kutne akceleracije. Rješenjem tih jednačbi dobivaju se kutovi zaokreta i prevaljeni putovi broda u horizontalnom i vertikalnom smjeru kao funkcije vremena, čime je u svakom času fiksiran položaj broda. Prva i druga derivacija tako određenih vrijednosti po vremenu daju odgovarajuće brzine i akceleracije broda.

Teorijski proračun je kompliciran i netačan jer je teško odrediti utjecaj otpora vode, dodatnih masa, popuštanja podloge itd., a osim toga dobivene diferencijalne jednačbe nisu linearne, pa se rješavaju približnim metodama uz sukcesivne aproksimacije, što je prilično dugotrajno. Zato se porinuće obično vrši prema



Sl. 9. Ovisnost kutova nagiba  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  o brzini gibanja i početnoj metacentarskoj visini pri poprečnom porinuću broda

iskustvu ili pomoću dijagrama sastavljenih na osnovu ispitivanja modela (sl. 9).

Za poprečno porinuće potrebno je znati (v. sl. 8): maksimalni kut nagiba  $\varphi_1$  kad brod side s navoza (ne smije preći stanovitu granicu da se brod ne prevrne), maksimalni kut nagiba  $\varphi_2$  na suprotnu stranu (ne smije biti tolik da bi brod udario o kraj navoza) i maksimalnu dubinu urona broda (mora biti manja nego što je raspoloživa dubina vode pred navozom). Teorijska i praktična ispitivanja (sl. 9) pokazala su da se u četvrtoj fazi porinuća postiže to manji kut nagiba broda  $\varphi_1$  što su veće početna metacentarska visina, istisnina i brzina broda, što je veći nagib navoza i što su manji razmak površine vode od kraja navoza i dubina vode, dok širina vode nema znatnijeg utjecaja. Mali kut nagiba  $\varphi_2$  postiže se malom metacentarskom visinom i malom istisninom broda, većim nagibom navoza i većom brzinom broda pri porinuću, malom udaljenosti površine vode od kraja navoza i manjom dubinom vode. S porastom istisnine, porastom udaljenosti površine vode od kraja navoza i smanjenjem dubine vode raste mogućnost da se brod ošteti udarom o dno. Ako se na brod postave ljuljne kobilice, nešto se smanjuju kutovi  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  i dubina urona broda. Kako su gornji uvjeti za postizanje sigurnog porinuća ponekad i protuslovni, treba ih dobro ocijeniti u svakom pojedinom slučaju. Za to mogu dobro poslužiti dijagrami dobiveni na osnovu ispitivanja modela (sl. 9) u kojima su nanosene sve vrijednosti od interesa za bočno porinuće, u zavisnosti od početne metacentarske visine i brzine broda, u trenutku kad se težište sistema  $G$  nalazi iznad kraja navoza. U svakom dijagramu konstantne su ove vrijednosti:

$H_B$ , visina kraja navoza od dna vode;  $H_W$ , dubina vode pred navozom;  $D$ , težina broda pri porinuću;  $d$ , visina osnovke broda (gornjeg brida kobilice) iznad razine vode u času kad se težište sistema  $G$  nalazi iznad kraja navoza. Variranjem vrijednosti gornjih veličina dobiva se serija dijagrama. Brzina broda može se proračunati u svakom trenutku, slično kao i pri uzdužnom porinuću, iz jednačbe bilance energije:

$$Dh = \frac{D}{g} \frac{V^2}{2} + \int_0^S \mu D \cos \alpha \, ds \pm C_v \int_0^S A_L \frac{\rho}{2} V_v^2 \, ds.$$

Lijeva strana ove jednačbe daje gubitak na potencijalnoj energiji.  $D$  je težina broda i saonica a  $h$  je vertikalni razmak za koji se je spustilo težište sistema pri porinuću. Prvi član desne strane daje kinetičku energiju.  $D/g$  je masa broda, a  $V$  je njegova brzina. Drugi član daje rad sile trenja  $\mu D \cos \alpha$  na putu  $s$ . Treći član daje rad sile vjetrova, koji se zbog velike bočne površine broda  $A_L$ , izložene vjetru mora uzeti u obzir,  $\rho$  je gustoća zraka,  $V_v$  je brzina vjetrova,  $C_v$  je koeficijent otpora, zavisan od oblika broda.

J. Uršić

### OTPOR BRODA

Otpor broda je sila koja se suprotstavlja kretanju broda. Svako tijelo pri gibanju kroz vodu nailazi na otpor čija veličina ovisi o raspodjeli strujanja vode oko tijela. Strujanje oko broda je vrlo složena pojava, pa ga je nemoguće tačno matematički definirati i time matematički proračunati oblik brodskog trupa koji bi bio za otpor najpovoljniji.

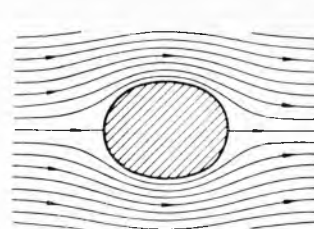
Vjekovima su se brodovi gradili na osnovu iskustva i osjećaja, a oblik brodskog trupa se je vrlo sporo usavršavao. Tek u XVIII st. po prvi put naučnjaci pokušavaju da teorijskim i eksperimentalnim putem odrede oblik brodskog trupa koji bi pružao najmanji otpor. Newton, Euler, Bernoulli, d'Alembert i drugi istraživali su otpor tijela raznih oblika u tekućini, ali ta prva istraživanja nisu dala za praksu korisne rezultate jer su, s jedne strane, radovi naučnjaka bili nerazumljivi praktičnim brodograditeljima, a s druge strane, izvedeni zaključci nisu bili tačni zbog tadanjeg vrlo oskudnog poznavanja zakona hidrodinamike.

U XIX st. uvodi se parni stroj kao pogonsko sredstvo broda i prelazi se sa drvene na čeličnu brodsku konstrukciju, što znači revoluciju čitave brodogradnje i jedan novi kvalitet, koji nužno zahtijeva da se i oblik broda prilagodi većim brzinama i zahtjevima ekonomičnosti pogona. Brojni naučni radnici se počinju baviti problemom otpora broda, pa 1869 engleski inženjer William Froude postavlja svoj »zakon sličnosti« i na osnovu njega razvija metodu određivanja otpora broda prema rezultatima ispitivanja modela. Froudeova metoda se je održala do danas i primjenjuje se u svim bazenima za ispitivanja brodskih modela. Nova naučna otkrića u XIX i početku XX st. dala su teorijske osnove za bolje razumijevanje problema otpora broda. Reynolds (1883) formulira svoj zakon sličnosti za pojave strujanja tekućine pod utjecajem samo unutarnjih sila trenja; Kelvin (1890) nalazi matematičko rješenje problema valova koje stvara brod; Mitchell (1898) postavlja osnove hidrodinamičke teorije otpora valova; Prandtl (1913) objavljuje teoriju graničnog sloja, itd.

Zahvaljujući tim solidnim teorijskim osnovama i intenzivnim eksperimentalnim istraživanjima sa brodskim modelima, nauka o otporu broda se je u novije vrijeme naglo razvila. Teoretičari, kao Havelock, Hogner, Wigley, Weinblum, Guilloton i drugi, postigli su vrlo značajne rezultate u primjeni čisto matematičkih metoda za proračun otpora valova, pa je danas pomoću elektroničkih računala već moguće odrediti otpor valova nekih određenih, matematički tačno definiranih formi brodskog trupa. Sistematska ispitivanja brodskih modela i eksperimentalna istraživanja otpora trenja koja su vršili Taylor, Kempf, Schoenherr, Gebers, Todd, Hughes, Lap i drugi razjasnila su mnogome ovisnost otpora broda o glavnim parametrima oblika trupa i usavršili način prenosa rezultata ispitivanja modela na uvjete stvarnog broda.

### Strujanje tekućina oko tijela

Strujanje tekućine oko tijela predočeno je shematski na sl. 1. Na kratkoj udaljenosti ispred tijela strujnice se počinju razilaziti,



Sl. 1. Oblik strujnica uz površinu krutog tijela

brzina strujanja pada a pritisak raste. Na samoj srednjoj strujnici, na prednjem i na stražnjem kraju tijela, brzina padne na nulu i sva se pretvori u pritisak.

Taj se pritisak zove *pritisak brzine* ili *dinamički pritisak*, a jednak je  $\frac{1}{2} \rho V^2$ , gdje je  $\rho$  gustoća tekućine,  $V$  brzina strujanja.

Prema sredini tijela strujnice se suzuju, i to više nego što su se ranije širile, pa brzina strujanja raste a pritisak pada. U idealnoj tekućini bez trenja na krajnjoj krmenoj tački tijela pritisak ponovo poraste na vrijednost dinamičkog pritiska. Ako je tijelo duboko uronjeno u idealnu tekućinu, sile koje nastaju uslijed razlika u pritisacima međusobno se poništavaju, a kako ne postoji ni trenje, neće postojati ni ikakav otpor gibanju tijela (*d'Alembertov paradoks*).

U idealnoj tekućini bez trenja na krajnjoj krmenoj tački tijela pritisak ponovo poraste na vrijednost dinamičkog pritiska. Ako je tijelo duboko uronjeno u idealnu tekućinu, sile koje nastaju uslijed razlika u pritisacima međusobno se poništavaju, a kako ne postoji ni trenje, neće postojati ni ikakav otpor gibanju tijela (*d'Alembertov paradoks*).