

ravati. Para se vodi kroz kondenzator gdje se kondenzira; odande se odvodi u tank slatke vode. Toplina kondenzacije predaje se morskoj vodi, te ona ugrijava ulazi u posudu destilatora. Na dnu posude skuplja se zgusnuta otopina soli, koju posebna pumpa istiskuje van broda.

Posuda destilatora može raditi pod natpritiskom ili pod vakuumom. U ovom drugom slučaju treba priključiti ejektor koji stvara vakuum. Želi li se bolji kvalitet destilata, kakav je potreban za visokopritisne kotlove, postave se u seriju dva do tri destilatora, od kojih prvi iz serije radi sa svježom parom a ostali se koriste parom nastalom u prethodnom isparivaču.

Destilator na brodu proizvodi 6...30 tona slatke vode na dan. Kad su potrebne veće količine, postavi se više destilatora.

Destilirana morska voda može se upotrebljavati i za piće ako se prethodno vodi kroz posebne filtre i ako joj se doda nešto ugljičnog dioksida.

Centrifuge na brodovima služe za pročišćavanje tekućeg goriva i maziva. Savremena tekuća goriva za dizel-motore imaju u sebi čvrstih čestica i vode, što oboje smeta njihovoj upotrebi. Ulje za podmazivanje onečišćuje se u pogonu, a djelomično se i oksidira, što mu smanjuje sposobnost podmazivanja. Zbog toga treba obje tekućine čistiti. Za to se osim običnih protočnih filtera upotrebljavaju na većim brodovima i centrifuge građene slično separatorima kakvi se upotrebljavaju u mljekarstvu za izlučivanje vrhnja (v. *Centrifugiranje*). U njima se onečišćena tekućina podvrgava ubrzanju centrifugalne sile više tisuća puta većem nego što je ubrzanje sile teže, uslijed čega se veći dio težih čestica — čvrste čestice i voda — talože na zid posude. Čvrste čestice se tamo zadrže i povremeno se uklanjaju, voda se s periferije posude kroz posebni otvor izbacuje, a očišćena tekućina izlazi kroz otvor bliže sredini. Takva centrifuga naziva se *purifikator*. Za odstranjivanje još zaostalih čvrstih čestica tekućina se ponovo centrifugira u drugoj centrifugi nazvanoj *klarifikator*. On nema otvora za odvod vode, jer je ova sva već uklonjena u purifikatoru.

Da bi centrifugiranje bilo uspješnije, ulje se prethodno grije. Da bi se iz ulja za podmazivanje isprale oksidacijom nastale masne kiseline, dodaje se oko 1% tople vode.

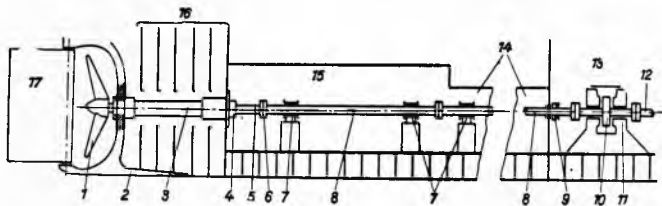
Centrifuge se pokreću elektromotorima, a za dovod i odvod ulja služe posebne privučene pumpe.

Čišćenje taloga iz centrifuga vrlo je prljav posao, pa ga brodska posada nerado obavlja. Stoga se grade i centrifuge koje se tokom pogona automatski ispiru toplom vodom, a isprani talog se odvodi u posebne tankove.

OSOVINSKI VOD

Osovinski vod je uređaj kojim se snaga propulzijskog stroja ugrađenog u brod prenosi na sam uređaj za propulziju: vijčani propeler ili lopatično kolo. Propeler se uvijek okreće oko uzdužne horizontalne osi broda, lopatično kolo se okreće bilo oko horizontalne poprečne osi broda (brod s kotačima) ili oko vertikalne osi (Voith-Schneiderov propeler). Budući da je takav uređaj uronjen u more, osovinski vod mora prolaziti na jednom mjestu kroz brodsku oplatu. Taj prolaz mora biti izveden tako da voda ne može prodirati u brod.

Radom vijčanog propelera stvara se porivna sila okomita na plohu u kojoj rotiraju krila propelera. Ta se sila prenosi na osovinski vod, pa stoga u osovinskom vodu mora biti ugrađen aksijalni ležaj koji preuzima na sebe tu silu; taj ležaj se naziva *odrivni ležaj* i predstavlja hvatište porivne sile. Na brodovima s lopatičnim kolima odrivni je ležaj radijalni ležaj koji nosi osovinu: vodoravnu osovinu lopatičnih kola, a vertikalnu Voith-Schneiderova propelera.



Sl. 1. Osovinski vod. 1 vijak, 2 krmena statva, 3 statvena cijev, 4 brtvenica statvene cijevi, 5 vijčana osovina, 6 spojne pribornice, 7 noseći ležaji, 8 međuosovina, 9 brtvenica na krmenoj nepropusnoj pregradi strojarne, 10 odrivna osovina, 11 odrivni ležaj, 12 osovina porivnog stroja, 13 strojarica, 14 tunel, 15 reces, 16 krmeni pik, 17 kormilo

Dužina propelerskog osovinskog voda ovisi o smještaju propulzijskog stroja: ona je najveća kad je stroj u sredini, a manja kad je stroj na krmi broda. Dužina osovinskog voda broda s kotačima seže od jednog do drugog boka broda. Duži propelerski osovinski vodovi imaju između odzivnog ležaja i *propelerske osovine*, koja nosi propeler, više *međuosovina* (sl. 1). Osovine se među sobom spajaju *spojkama* a položene su u noseće ležaje. Upotrijebi li se električni prijenos energije, može se dužina osovinskog voda znatno smanjiti.

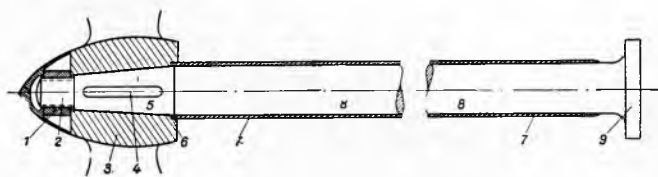
Propelerski osovinski vod nalazi se dijelom u strojarnici, a najvećim dijelom u *osovinskom tunelu*. U tim prostorima vlada određena temperatura, koju poprima i cijeli osovinski vod. Plovi li brod u hladnijoj vodi, poprimit će trup temperaturu koja je niža od temperature osovinskog voda. Uslijed te razlike temperatura mijenja se odnos dužina osovinskog voda i brodske trupa. Da to ne bi imalo štetnih posljedica, treba osovinski vod izvesti tako da se bez smetnji može rastezati i stezati. Kao fiksna tačka kojoj se položaj ne smije mijenjati ostaje samo odrivni ležaj.

Promjer osovinskog voda određuje se prema formuli

$$d = K \sqrt[3]{\frac{P_e}{n}}$$

gdje je K konstanta koja ovisi o vrsti stroja: za parne turbine i elektromotorni pogon iznosi 89, za dizel-motore iznosi 114...90 ovisno o broju cilindara, taktosti i radnosti motora (za manji broj cilindara K je veći), P_e efektivna snaga, n broj okretaja osovinskog voda. Ta formula vrijedi za čelik čvrstoće 44...52 kp/mm². Promjeri pojedinih dijelova osovinskog voda (odrivne osovine, propelerske osovine) moraju se još povećati u skladu sa propisima klasifikacionih društava.

Propelerska osovina prolazi iz unutrašnjosti broda kroz brodski trup. Na svom stražnjem kraju (sl. 2) ima konični završetak



Sl. 2. Vijčana osovina s brončanom košuljicom. 1 matica vijka, 2 kraj s narezom za 1, 3 glavina vijka, 4 klin za spoj s 3, 5 konus vijčane osovine, 6 brtva od gume između košuljice i glavine, 7 košuljica od bronce, 8 vijčana osovina, 9 spojna pribornica

na koji se navuče glavina propelera. Iza konusa nalazi se na propelerskoj osovini narez za maticu kojom se konus glavine propelera pritegne o konus na propelerskoj osovini. Radi prijenosa okretnog momenta uloženi su u utor na konusu propelerske osovine klin koji svojom vanjskom polovinom ulazi u odgovarajući utor glavine propelera. Tačno prijanjanje konusa i klina na oba dijela od velike je važnosti za sigurnost pogona; labavi klin i loše dosjedanje mogu imati za posljedicu ispadanje i gubitak propelera.

Na svom srednjem dijelu (sl. 3) propelerska osovina leži u dva ležaja, predčanom i krmenom. Ti su ležaji najčešće od letava drva rakovine (*Guaiacum sanctum*), a rjeđe od bijelog metala ili valjkasti. U posljednje se vrijeme kao materijal ležaja upotrebljavaju guma i tvrde smole. O vrsti ležaja ovisi sredstvo i način podmazivanja: ležaji s letavama od rakovine, tvrdih smola ili gume podmazuju se vodom, ležaji od bijelog metala uljem, a valjkasti ležaji se podmazuju konzistentnim mastima. Budući da voda, naročito morska voda, korodira čelik propelerske osovine, treba, kad se ležaj podmazuje morskom vodom, na čeličnu osovinu navući košuljicu od bronce. Brončana košuljica mora biti kontinuirana, homogena, bez mikropora kroz koje bi morska voda mogla prodrijeti do čelika osovine. Na stražnjem dijelu košuljica seže sve do glavine propelera, gdje se postavi brtva koja sprečava morsku vodu da prođe u taj međuprostor. Kad bi voda prodrila, nastale bi galvanске struje koje troše čelik propelerske osovine u tolikoj mjeri da se osovina može prelomiti, pa otpadne konus propelerske osovine zajedno s propelerom. Propelerske osovine kojima se ležaji podmazuju uljem pod pritiskom ne dolaze u dodir s morskom vodom pa ne treba da imaju košuljicu od bronce. Propelerske

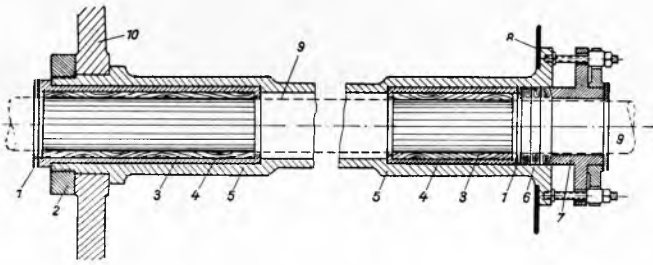
osovine brzih čamaca izvedene od legiranog čelika otpornog prema koroziji mogu imati vodom podmazivane ležaje od gume a da se ne prevuku brončanom košuljicom. Brončane košuljice navlače se u toplom stanju (200°C) ili pod aksijalnim (hidrauličkim) pritiskom. Dugačke košuljice mogu se izraditi od dva cilindrična dijela ako se njihov spoj izvede tako da je nepropustan.

Na pramčanom kraju propelerska osovina je prirubnicom spojena s posljednjom međuosovinom. Na jednopropelerskim brodovima ta spojna prirubnica može biti iskovana na samoj propelerskoj osovini jer se propelerska osovina uvlači u statvenu cijev iz unutrašnjosti broda. Na dvopropelerskim brodovima, gdje kormilo ne predstavlja smetnju za izvlačenje propelerske osovine iz statvene cijevi izvana, mora se prirubnica na pramčanom kraju propelerske osovine postaviti na konus kao posebni dio koji se lako skida.

Propelerska osovina može biti šuplja sa unutrašnjim provrtom promjera do 1/3 vanjskog promjera osovine, a da zbog toga ne treba povećati vanjski promjer. Kod propelera s prekretnim krilima kroz taj provrt prolazi uređaj za prekratanje krila propelera.

Zbog teških prilika rada propelerske osovine (umaranja materijala), donedavna su klasifikaciona društva propisivala da brod mora sa sobom nositi rezervnu propelersku osovina.

Statvena cijev proteže se od prednje nepropusne pregrade krmenog pika kroz pik do oka u krmenoj statvi (odatle i naziv statvena cijev). O pregradu pika pričvršćuje se statvena cijev prirubnicom smještenom na pramčanom kraju. Krmeni kraj statvene cijevi ulazi tačno u oko u statvi (ponekad sa stezним dosjedom), a dio statvene cijevi koji strši van broda (sl. 3) ima narez i maticu koja taj kraj statvene cijevi steže čvrsto uz statvu.



Sl. 3. Statvena cijev s ležajima od rakovine. 1 ograničivač za 3, 2 matica za stezanje 5 na 10, 3 letve od rakovine, 4 tuljak od bronce za 3, 5 statvena cijev, 6 pamučne pletenice brtvenice, 7 zatiska brtvenice s uređajem za stezanje, 8 pramčana pregrada krmenog pika, 9 vijčana osovina s brončanom košuljicom, 10 krmena statva

Statvena se cijev izvodi od sivog lijeva, a na velikim brodovima i od čeličnog lijeva.

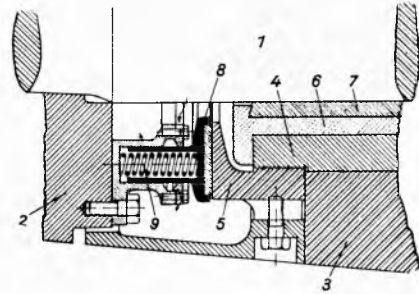
U statvenoj cijevi nalaze se dva ležaja za propelersku osovina. Zbog momenta uslijed težine konzolno postavljenog propelera jako je opterećena donja polovina krmenog ležaja pa se ležaj jako troši. U ovisnosti o promjeru osovine propelera istrošenje ležaja od rakovine može biti do 5 mm, a ležaja od bijele kovine do 2 mm. Uslijed tolikog istrošenja ležaja od rakovine propelerska se osovina znatno savije prilikom svakog okreta, što izaziva umaranja materijala propelerske osovine. Usprkos tome većina brodova ima ležaje od rakovine.

Da bi se smanjilo trošenje rakovine, u donju polovinu krmenog ležaja postavljaju se letve od rakovine izrezane poprijeko iz debla, tako da osovina leži okomito na smjeru vlakana drva. Letve se moraju na rubovima prema osovini zakositi toliko da morska voda može slobodno prolaziti kroz tako nastale utore i onda kad su letve ležaja istrošene. Ako je voda koja ulazi u ležaj muljevita (na ušćima rijeka), čestice mulja ulaze u ležaj, ugrižu se u drvo i uzrok su bržem trošenju brončane košuljice. To se može spriječiti tako da se u statvenu cijev tiska voda, npr. iz sistema drenaže strojarne; ako je ta voda zauhljena, pomaže podmazivanju. Za ležaje propelerskih osovina većeg promjera (od 380 mm) takvo je podmazivanje propisano. Letve ležaja podmazivanih vodom ulažu se u brončane tuljke uvučene u statvenu cijev.

Kroz pramčani ležaj, koji je građen jednako kao i krmeni ali je od njega nešto kraći, mogla bi voda prodrijeti u brod. Zbog toga se mora na pramčani kraj statvene cijevi postaviti brtvenica koja to sprečava. Ta brtvenica mora biti pristupačna sa strane

tunela i mora se izvesti tako da se materijal za brtvenje (lojem natopljena pletenica) jednoliko steže po cijelom opsegu.

Kad se upotrebljavaju ležaji podmazivani uljem pod pritiskom, treba spriječiti gubitak ulja kroz krmeni ležaj statvene cijevi. To se postiže specijalnom brtvenicom (sl. 4) između glavine propelera i krmene statve. Ona je jednim krajem pričvršćena na glavinu propelera tako da rotira zajedno s njome, a drugim krajem klizi po plohi smještenoj na statvi. Ta brtvenica ima u sebi element (pritisnut perom) koji dozvoljava izvjesno smanjivanje i povećanje razmaka između glavine propelera i statve kad se uslijed razlika



Sl. 4. Brtvenica između glavine vijka i krmene statve. 1 vijčana osovina, 2 glavina vijka, 3 krmena statva, 4 statvena cijev, 5 matica za stezanje 4 na 3, 6 tuljak ležaja (brončani), 7 bijeli metal ležaja, 8 brtvena ploha, 9 pero za pritiskivanje 8 na 5

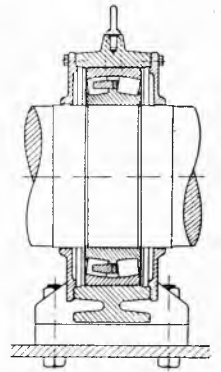
temperature mijenja odnos dužine broda i osovine. Gubitak ulja za podmazivanje prema unutrašnjosti broda sprečava se brtvenicom s pletenicama.

Međuosovine spajaju propelersku osovina s odzivnim ležajem odnosno s propulzijskim strojem. Broj međuosovina ovisi o smještaju strojarne na brodu. Međuosovine imaju na krajevima prirubnice kojima se među sobom spajaju radi prijenosa okretnog momenta i porivne sile pri vožnji naprijed i krmom. Ležaji međuosovina su klizni, s bijelim metalom, a podmazuju se svaki za sebe. Da bi osovina imala izvjesnu slobodu pri savijanju broskog trupa na valovima, ležaji se često izvode tako da su s osovinom u dodiru samo donje blazinice ležaja. Na uzburkanom moru, naročito kad je osovinski vod dug, ležaji međuosovina su teško opterećeni te se griju. Da bi se u tim slučajevima ležaji mogli hladiti, uz svaki se ležaj postavlja priključak na vatrogasni vod kroz koji se ležaji, kad ustreba, hlade morskom vodom.

Radi manjeg trenja u ležajima međuosovina, u novije vrijeme se ugrađuju i valjkasti ležaji. Budući da se oni sastoje, među ostalim, i od prstena koje treba navući na osovina, mora se na svakoj međuosovini bar jedna spojna prirubnica izvesti tako da se može skinuti. Valjkaste ležaje treba izvesti tako da dozvoljavaju aksijalno pomicanje međuosovina prema stalcima ležaja, koji su pričvršćeni o brodski trup (sl. 5).

Da bi se u slučaju potrebe mogla izmijeniti propelerska osovina, na jedno-propelerskim brodovima mora stražnja međuosovina biti toliko duga da se, pošto se ona pomakne ustranu, može propelerska osovina izvući iz statvene cijevi prema pramcu i na njeno mjesto uvući rezervna propelerska osovina. Da bi se takva operacija mogla izvršiti, treba tunel kroz koji prolazi osovinski vod na krmenom kraju ispred pregrade krmenog pika da bude proširen. Tako proširen prostor u tunelu zove se *reces*; u njemu se nalaze i uređaji potrebni za izmjenu propelerske osovine.

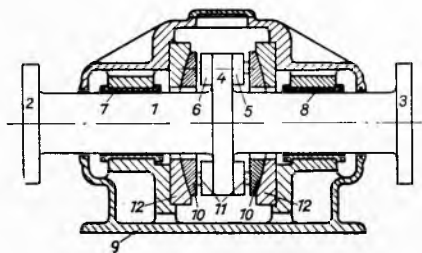
Međuosovine, kao i propelerska osovina, mogu imati aksijalni provrt promjera do 1/3 vanjskog promjera osovine. Kad se upotrebljavaju propelera s prekretnim krilima, kroz taj provrt prolaze uređaji za zakretanje krila propelera, a jedna od međuosovina može imati u sebi proširenje u kojem se nalazi hidraulički cilindar za pokretanje tih uređaja.



Sl. 5. Valjkasti noseći ležaj međuosovine

Odrivna osovina nalazi se na početku osovinskog voda, uz propulzijski stroj. Na nju se, pomoću spojne prirubnice, priključuje s pramčane strane propulzijski stroj, a s krmene strane prva međuosovina.

Da bi odzivna osovina mogla porivnu silu predati odzivnom ležaju, mora na sebi imati kolot — zvan *greben* — okomit na



Sl. 6. Odrivni Michellov ležaj. 1 odzivna osovina, 2 i 3 spojne prirubnice, 4 greben, 5 i 6 paoke, 7 i 8 noseći ležaji, 9 kucište odzivnog ležaja, 10 prsten, 11 potporanj, 12 kuglasto gnijezdo

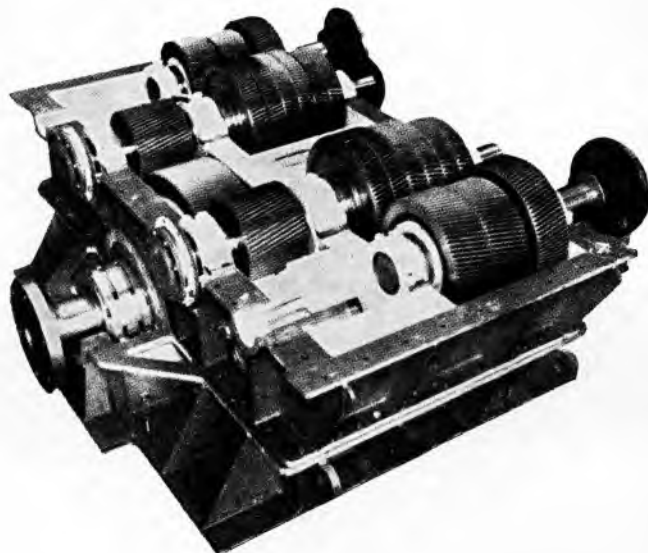
aksijalni smjer porivne sile. Greben prenosi porivnu silu na odzivni ležaj u koji je smještena odzivna osovina. Grebeni se kuju u jednom komadu s odzivnom osovinom. Nekada se je upotrebljavala višegrebeno odzivna osovina i odgovarajući ležaj, a danas je zamijenjena jednogrebenom osovinom u tzv. *Michellovom ležaju* (sl. 6). Michellov ležaj je aksijalni ležaj kakav se upotrebljava na parnim i vodnim turbinama za preuzimanje aksijalnih sila, a karakteriziran je time da se greben osovine oslanja na više samostalnih segmenata zvanih paoke. Pod djelovanjem mehaničke sile i okretanja grebena odzivne osovine nastaju takve hidrostatske sile da se paoke, koje su u izvjesnim granicama pomične, postave u optimalan položaj, pa specifični pritisak u takvom ležaju može biti desetak puta veći (do 40 kp/cm²) nego u višegrebenim ležajima.

Odrivni ležaj s odzivnom osovinom može se smjestiti izvan propulzijskog stroja ili u nj. Zasebno smješten ležaj imaju parni stapni strojevi, parne i plinske turbine, a na dizel-motorima odzivni ležaj može biti ugrađen ili zasebno smješten. U motor ugrađeni ležaj daje nešto manju potrebnu dužinu strojarnice.

Odrivna osovina priključuje se ili izravno na propulzijski stroj ili na prekretnu spojku, ili na zupčanik zupčanog prijenosa.

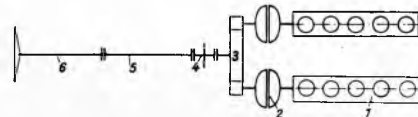
Pogon osovinskog voda može biti izravan ili posredan. *Izravan* je pogon kad je propulzijski stroj neposredno priključen na odzivnu osovinu. Za to su podesni samo oni propulzijski strojevi koji su prekretni i koji imaju tako nizak broj okretaja da je stepen djelovanja propelera dovoljno velik. Prekretnim strojevima nazivaju se oni propulzijski strojevi koji se mogu okretati u oba smisla rotacije, tako da mogu brod pokretati naprijed i krmom. Prekretni mogu biti svi stapni parni strojevi i dizel-motori snaga većih od ~ 500 KS i broja okretaja manjih od ~ 300/min. Izravan pogon mogu imati i oni osovinski vodovi koji nisu priključeni na prekretni propulzijski stroj ali prenose snagu na propeler s prekretnim krilima ili na Voith-Schneiderov propeler. *Posredni pogon* osovinskog voda može biti preko zupčanog prijenosa, električkog prijenosa ili prekretnne spojke. Upotrebljava se pri pogonu parnim turbinama, kad jedan osovinski vod pogoni više dizel-motora i pri pogonu pomoću manjih motora s unutarnjim izgaranjem, koje, zbog male snage ili velikog broja okretaja, nije ekonomično graditi kao prekretno.

Parne turbine treba da imaju velik broj okretaja da bi im stepen djelovanja bio povoljan. Propeler, radi dobrog stepena djelovanja, mora imati mali broj okretaja, pa se između parne turbine i odzivne osovine (početka osovinskog voda) mora ugraditi zupčani prijenos zvan *reduktor*. Kad je potrebno znatno smanjiti broj okretaja turbine (npr. na trgovačkim brodovima od 5000 na 120 min⁻¹) ugrađuje se dvostruki reduktor; ako je potrebno smanjenje broja okretaja manje (npr. na ratnim brodovima od 5000 na 400 min⁻¹) ugrađuje se jednostruki reduktor. Kad se žele smanjiti visina i težina pogonskog dizel-motora, primjenjuju se brzoekretni motori sa zupčanim prijenosom koji reducira broj okretaja na polovinu do petinu. Zupčani prijenosi potrebni su i kad jednu propelersku osovinu pogoni više (2, 3 i 4) dizel-motora



Sl. 7. Reduktor za pogon vijčane osovine dvama dizel-motorima. U reduktor je ugrađen i mjenjač za postizanje dviju brzina

s većim brojem okretaja (sl. 7). U tom slučaju nastaju u radu zupčanika-reduktora smetnje zbog nejednolikog momenta vrtnje pojedinih priključenih dizel-motora. Zbog toga se između motora i zupčanika-reduktora višemotornih brodova moraju ugraditi

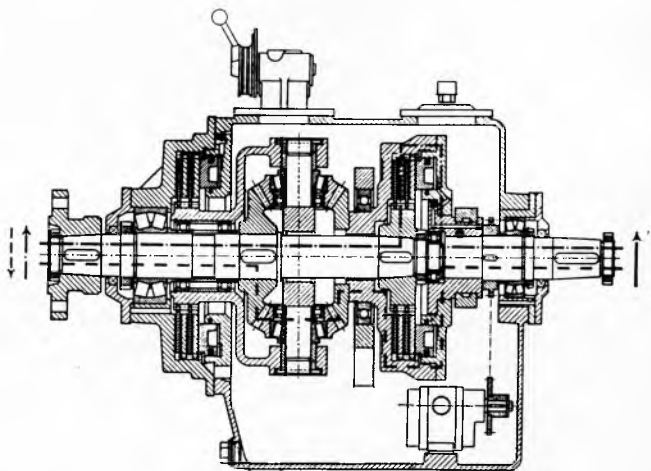


Sl. 8. Osovinski vod pokretan dvama dizel-motorima. 1 dizel-motori, 2 elastična spojka (hidrodinamička), 3 reduktor, 4 odzivni ležaj, 5 međuosovina, 6 vijčana osovina

posebne spojke koje prigušuju nejednolikosti rada motora s unutrašnjim izgaranjem (sl. 8).

Posredan prijenos s pomoću električne struje izvodi se tako da generator struje pokreće toplinska turbina (parna ili plinska: turbo-električki pogon) ili motor s unutrašnjim izgaranjem (dizel-električki pogon). Generator daje struju elektromotoru, koji je izravno spojen s propelerskom osovinom.

Prekretna spojka ima zadatak da pri nepromijenjenom smjeru okretanja propulzijskog stroja (gotovo uvijek se radi o dizel-motoru) omogući da se propeler okreće i u istom smislu kao osovina propulzijskog stroja (vožnja »naprijed«) i u protivnom



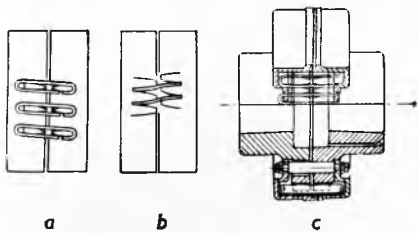
Sl. 9. Prekretna spojka s koničnim zupčanicima i lamelnim spojkama (desna spojka za vožnju naprijed, lijeva spojka za vožnju krmom); upravljanje hidrauličko

smjeru (vožnja »krmom«) i da se prekine veza između motora i propelera tako da propeler miruje (»stoji«). Prekretne spojke su zupčane, s čelnim ili koničnim (sl. 9) zupčanicima. Osim zupčanika moraju prekretne spojke imati mehanizam pomoću kojeg se pojedini zupčanici stavljaju u određeni smjer rotacije ili isključuju iz pogona.

U prekretne spojke motora s većim brojem okretaja mogu se ugraditi i zupčanici reduktora broja okretaja.

Spajanjem dviju hidrauličkih spojki (vidi kasnije) mogu se prekretne spojke izvesti i kao hidrauličke.

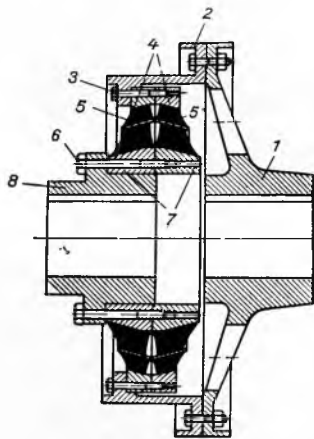
Spojke u osovinskom vodu mogu biti krute ili elastične. Krute spojke su spojne prirubnice, bilo da su iskovane u jednom komadu s osovinom bilo da su navučene na konusni ili cilindrični dio na kraju osovine. Elastične spojke dozvoljavaju da se dio koji se spaja prema dijelu s kojim su spojene može nešto pomicati. Ta sloboda pomicanja sprečava da se vibracije nastale uslijed promjenljivog okretnog momenta jednog dijela prenose na drugi, dakle u elastičnoj spojci vibracije se prigušuju. Zbog toga se mogu te spojke nazvati i spojkama za prigušivanje torzijskih vibracija. One mogu biti mehaničke ili hidrauličke.



Sl. 10. Mehaničke spojke s perima za prigušivanje. a prekinuta spojna pera, b utišnuta plosn. pera, c neprekinuta trakasta pera u utorimal

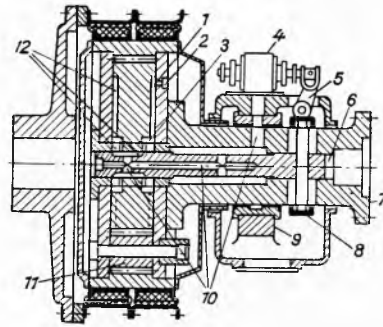
Mehaničke spojke za prigušivanje mogu biti izvedene s perima ili s gumom. U spojkama s perima okretni moment prenose pera koja spajaju pogonski dio s gonjenim (sl. 10), a u spojkama s gumom taj se moment prenosi preko gumenog diska (sl. 11). Elastičnost pera ili gume prigušuje promjene okretnog momenta.

Hidrauličke spojke za prigušivanje mogu biti hidrostatičke i hidrodinamičke. Hidrostatičke spojke (sl. 12) prenose okretni



Sl. 11. Mehanička spojka s diskovima od gume. 1 prirubnica pogonske osovine, 2 spojna prirubnica, 3 vanjski vijak za učvršćenje, 4 vanjski prsten gumenog elementa, 5 gumeni diskovi, 6 unutarnji vijak za učvršćenje, 7 unutarnji prsten gumenog elementa, 8 glavina pogonske osovine

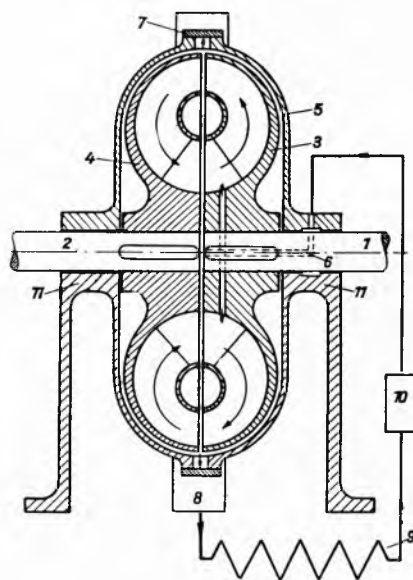
moment kroz sloj komprimirane tekućine (ulja). Budući da između prekretnih dijelova spojke mora postojati mala zračnost, tekućina pod pritiskom djelomično iscure pa je treba nadoknaditi. Između pogonskog i gonjenog dijela ugrade se zupčane pumpe koje prenose silu a ujedno nadoknađuju izgublenu tekućinu. Zupčane pumpe (obično njih 6) nanizane su na obod pogonskog dijela i svojim zubima zahvaćaju u unutarnje ozubljenje vijenca gonjenog



Sl. 12. Hidrostatička spojka. 1 pritiski kanal, 2 mlaznica, 3 ograničenje, 4 upravljački cilindar, 5 poluga, 6 upravljačka šipka, 7 glavna osovina, 8 prsten za uvršćavanje spojke, 9 ležaj, 10 prolazi za ulje iz rashladnika, 11 mali zupčanik, 12 usisni kanali

dijela. Brojevi okretaja pogonskog i gonjenog vijenca razlikuju se za tzv. skliz (do 5% okretaja pogonskog dijela), koji nastaje uslijed odvajanja zupčanika zupčanih pumpi po ozubljenju vijenca gonjenog dijela, a služi za nadoknađivanje izgubljene tekućine. Veličina skliza može se regulirati.

Hidrodinamičke spojke (sl. 13) sastoje se od centrifugalne pumpe i neposredno uz nju postavljene vodne turbine. I pumpa i turbina imaju poseban, od normalnih pumpi i turbina različit oblik. Centrifugalna pumpa spojena je s pogonskim motorom, a vodna turbina s odzivnom osovinom osovinskog voda. Puni li se takva spojka tekućinom (uljem ili vodom), centrifugalna pumpa će slati tekućinu u turbinu i ona će se okretati to brže što je veća količina tekućine u spojci. Tekućina u spojci prenosi okretni moment. Budući da spoj nije krut, već posredovan tekućinom, prigušuju se u tekućini nejednolikosti okretnog momenta pogonskog stroja, te na turbinu i osovinski vod djeluje konstantan moment vrtnje. Broj okretaja turbine je za veličinu skliza manji od broja okretaja pumpe; skliz se može regulirati od 100% do 5%. Skliz ne može nikad postati jednak nuli jer bi onda prestao prijenos okretnog momenta. Skliz je 100% kad u spojci nema tekućine (turbina miruje iako se pumpa okreće), a 5% kad je spojka potpuno ispunjena tekućinom. Veličina skliza može se kontinuirano mijenjati upravljanjem dovoda i odvoda tekućine iz spojke. Uslijed trenja ugrijava se tekućina u spojci te je treba odvoditi van spojke i rashladivati. Ovakve su spojke na brodovima poznate pod imenom spojke »Vulkan-Föttinger«.



Sl. 13. Hidrodinamička spojka (Vulkan-Föttinger). 1 osovina priključena na dizel-motor, 2 osovina priključena na zupčanik reduktora ili odzivni ležaj, 3 centrifugalna pumpa, 4 vodna turbina, 5 stator, 6 kanal za dovod tekućine u spojku, 7 prsten za upravljanje odvoda tekućine iz spojke, 8 kanal za skupljanje tekućine iz spojke, 9 rashladnik tekućine, 10 pumpa tekućine, 11 ležaji za 1 i 2

Hidrodinamičke spojke podesne su i za manevriranje brodom. Prilikom uplovljavanja ili isplovljavanja broda uputi se jedan od prekretnih dizel-motora koji pokreću propeler tako da se trajno okreće u smislu »naprijed«, a drugi tako da se trajno okreće u smislu »krmom«. Punjenjem jedne ili druge spojke okretat će se propeler u odgovarajućem smislu, te brod vozi, prema potrebi, naprijed ili krmom, a da pri tome ne treba motore prekratati (v. sl. 8). Ovakvo manevriranje povećava trajnost dizel-motora, naročito onih koji bi se morali često prekratati.

Elektromagnetske spojke sastoje se od motorom pokretanog rotora s magnetima koji stvaraju magnetsko polje. Rotor je uložen u vijenac koji predstavlja kotvu u kojoj se zatvara magnetsko polje rotora. Moment vrtnje prenosi magnetsko polje, u kojem se prigušuju nejednolikosti okretnog momenta motora, te se vijenac, spojen s osovinskim vodom, okreće konstantnom brzinom. Uključivanjem otpora u strujni krug namotaja kotve može se regulirati skliz.

Vibracije osovinskog voda imaju znatan utjecaj na pogon. Donedavna su bile u osovinskom vodu poznate samo torzijske vibracije, a primjenom dizel-motora snage preko 10 000 KS pojavile su se i longitudinalne vibracije.

Torzijske vibracije nastaju uslijed fluktuacija razlike zakretnog momenta propulzijskog stroja na prednjoj strani osovinskog voda i momenta propelera na kraju osovinskog voda, te uslijed elastičnosti materijala osovine. U osovinskim vodovima pokretanim stapnim parnim strojevima i dizel-motorima torzijske vibracije nastupaju lakše i češće nego pri pogonu toplinskim turbinama.

Za svaki osovinski vod snage veće od 100 KS potrebno je izračunati torzijske vibracije i s njima vezane dodatne napone dijelova osovinskog voda. U osovinski vod pokretan stapnim parnim strojevima ili dizel-motorima treba uračunati i koljenaste osovine strojeva. Kad naponi prelaze dozvoljene, klasifikaciona društva zabranjuju, u potpunosti ili djelomično, vožnju u onom području broja okretaja u kojem se pojave toliki naponi. To su tzv. *kritični brojevi okretaja*. Ako osovinski vod duže vrijeme radi u režimu kritičnih brojeva okretaja, može doći do lomova u pojedinim dijelovima osovinskog voda.

Na osovinskom vodu završenog broda snimaju se torzijske vibracije torziografom. Time se kontrolira proračun i odrede stvarni kritični brojevi okretaja.

Kritični brojevi okretaja mogu se mijenjati promjenom promjera osovinskog voda (na završenom brodu praktički neprovedivo), promjenom zamašnjaka, ugradnjom elastičnih spojka za prigušivanje ili ugradnjom prigušivača torzijskih vibracija (Holset-prigušivača) na pramčani dio koljenaste osovine dizel-motora.

Longitudinalne vibracije nastaju uslijed poprečnih sila kojima pritisak u cilindrima motora (snage 1500 KS po cilindru i više) djeluje na osna koljena te ih u uzdužnom smjeru širi, kao i uslijed promjena porivne sile propelera za vrijeme jednog okretaja. Budući da se prvi uzročnik ovih oscilacija (broj cilindara i snaga po cilindru) ne može ukloniti, pokušavaju se te vibracije smanjiti promjenom broja i uspona krila propelera, odnosno, ukoliko je broj krila propelera i broj cilindara motora jednak, zakretanjem propelera na osovini u takav položaj da sinhronizirani impuls krila s impulsima sila koje proizvode cilindri motora bude što manji. Od ovih vibracija trpe odzivni ležaji koji preuzimaju aksijalnu silu, jer se aksijalna sila često mijenja kad se pojave ovakve vibracije.

M. Mikuličić

PROJEKTIRANJE BRODA

Projektiranjem se smatra sav posao (proračuni, nacrti, opisi) oko određivanja karakteristika i elemenata broda.

Proces projektiranja počinje postavljanjem projektnog zadatka, a nastavlja se razradom pretprojekta i zatim projekta, koji se produžuje razradom konstruktivnih, radnih i drugih nacrti, proračuna, opisa i specifikacija. Teško je povući granicu među pojedinim fazama projektiranja; one prelaze i zadiru jedna u drugu.

Trgovački brod služi prevozu robe ili putnika. Pojedine se funkcije broda tokom njegova trajanja mijenjaju već prema ekonomskim, komercijalnim i tehničkim prilikama. U brod su uložena velika novčana sredstva; to je razlog da se nastoji produžiti

njegov život što je moguće više; u nekim slučajevima brod traje 15, u drugim 25, a u nekim i preko 50 godina — što ovisi o raznim faktorima. Dobro projektiran brod treba da zadovoljava i uz promjene u uvjetima rada koje su neminovne u tako dugom vremenskom periodu.

Brodovi koji su namijenjeni samo jednoj funkciji (što je rijedak slučaj) treba da je obavljaju s visokim stupnjem iskoristivosti. Brod namijenjen obavljanju većeg broja različitih funkcija jeftiniji je u gradnji i eksploataciji od većeg broja brodova od kojih je svaki namijenjen obavljanju samo jedne funkcije, ali je jasno da je on manje pogodan za obavljanje svake pojedine od tih funkcija. Kad se projektira brod namijenjen obavljanju više različitih funkcija, treba uočiti koje su važnije, primarne, a koje manje važne, sekundarne. Pri rješavanju zadatka treba nastojati da brod zadovoljava u potpunosti primarnu funkciju, a sekundarne toliko da to ne smeta obavljanju njegove glavne funkcije.

Težina, nosivost i zapremnina broda. Ukupna težina (zapravo masa) broda se dijeli na vlastitu težina (masu) i na nosivost. *Vlastita težina* broda je težina potpuno opremljenog broda, bez goriva, maziva i zaliha hrane i vode, ali je u nju uključena težina vode u kotlovima, kondenzatoru i cijevnim vodovima pogonskog postrojenja, kao i težina rezervnih dijelova stroja. *Nosivost broda* (deadweight) DW dijeli se na korisnu nosivost i posrednu nosivost. Korisna nosivost obuhvata težine za koje se plaća vozarina, tj. teret, putnike i njihov prtljag. Posredna nosivost obuhvata težine za koje se ne plaća vozarina, ali su neophodne za funkcioniranje broda, a to su: gorivo, mazivo, hrana, pitka voda, kotlovena i sanitarna voda u tankovima, brodski potrošni materijal, posada i prtljaga posade.

Stepen nosivosti η_{DW} je omjer između nosivosti broda i istisnine: $\eta_{DW} = DW/\Delta$. Stepem nosivosti služi pri projektiranju broda i jedno je od mjerila iskoristivosti broda.

Zapremnina broda je unutrašnji raspoloživi prostor broda u koji se može smjestiti neki teret. Zapremnina se mjeri registarskim tonama RT. Registarska tona je volumenska mjera a iznosi 100 kubnih stopa ili 2,832 m³. Zapremnina broda se određuje raznim međunarodnim propisima o baždarenju broda, a dijeli se na bruto tonažu BRT i neto tonažu NRT (v. *Baždarenje broda*).

Specifična prostornost tereta je volumen potreban da se smjesti težina od 1 t ili ts nekog tereta. Izražava se obično u kubnim metrima po toni ili kubnim stopama po tonsu težine. *Sposobnost krcanja* broda je omjer volumena brodskih skladišta i potrebnog prostora za robu koju treba prevoziti. Sposobnost krcanja ovisi o specifičnoj prostornosti tereta.

Projektni zadatak. Projektiranje počinje projektnim zadatkom, koji sadrži: glavnu funkciju (ili funkcije) broda; pomoćne funkcije; brzinu na pokusnim vožnjama (maksimalnu) i prosječnu brzinu potpuno natovarenog broda u službi; potrebni akcijski radijus; područje plovidbe i trajanje zadržavanja u lukama; zahtijevanu količinu i vrste tereta; eventualna ograničenja dimenzija (gaza, dužine), istisnine ili cijene; posebne zahtjeve ili ograničenja u vezi s propisima i zakonima ili s ličnim željama brodovlasnika. Uz navedene zahtjeve u zadatku je obično određena i vrsta pogonskih strojeva. Jasan i tačno određen projektni zadatak prvi je preduvjet dobrog projekta, pa stoga projektni zadatak treba da postavi dobar stručnjak kojemu su poznati uvjeti rada budućeg broda.

Prva je dužnost projektanta da odredi istisninu, dimenzije i koeficijente forme broda, stabilitet za razne uvjete krcanja i propulzivna svojstva broda, a zatim da razradi generalni plan broda, glavne konstruktivne nacрте, opise i specifikacije. Kompletan projekt obuhvata još i raspored prostora, tip konstrukcije trupa, vrstu, broj i snagu glavnih i pomoćnih brodskih strojeva, sisteme za razvod tekućina, plinova i električne energije, kao i opremu za navigaciju, za nastambe, za krcanje, kormilarenje, privez i sl.

Time se uglavnom završava kreativni dio posla. Pretprojekt mora sadržavati sve podatke potrebne iskusnom brodograditelju da bi mogao odrediti troškove i potrebno vrijeme gradnje broda, a ujedno pružiti naručitelju jasnu sliku o budućem brodu. Na osnovu pretprojekta razrađuje se ponuda, poslije koje se eventualno sklapa ugovor o gradnji (narudžba) broda.