

### Dodatna oprema za specijalne brodove

Osim standardnih instrumenata i opreme koje posjeduje svaki trgovački brod, postoji i specifična oprema koja se primjenjuje samo na pojedinim vrstama brodova.

*Ribarski brodovi* upotrebljavaju za brže i lakše pronalaženje ribljih jata tri različita ultrazvučna uređaja. Riblji »asdik«, tako nazvan prema engleskim uređajima za otkrivanje podmornica, služe za traženje i praćenje ribljih jata i za određivanje smjera kretanja jata i udaljenosti broda od jata. Riblji ultrazvučni dubinomjer omogućava praćenje jata ispod broda i daje dubinu na kojoj se nalazi centar jata. Dubinomjer za otvor može služiti za tačno određivanje dubine na kojoj se nalazi otvor mreže, da bi se dubina mreže mogla podesiti tako da zahvati što veći dio ribljeg jata. Svi ovi uređaji rade na potpuno istom principu kao i ultrazvučni dubinomjeri. Razlika je jedino da se oscilator pramčanog ribljeg asdika može okretati po strani kao i po visini i što on ne zrači prema dnu već u horizontalnom ili kosom položaju. Dubinomjer za mreže ima oscilator učvršćen na gornjem otvoru mreže i kabelom vezan za uređaj na brodu. Podatke svih dubinomjera registriraju pisači (rekorderi). Postoje i uređaji koji imaju sva tri spomenuta instrumenta spojena u jednu zajedničku aparaturu (sl. 51).

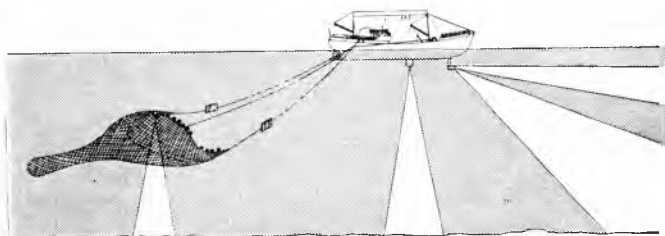


Sl. 51. Riblji asdik i dubinomjer

Postupak prilikom lova ribe ultrazvučnim uređajima je dakle ovakav: zvučnim snopom asdika uperenim skoro horizontalno naprijed pretražuje se more. Kad se pronade jato, brod usmjeri kurs na jato i asdikom ga prati sve dok jato ne stigne ispod broda. Tada praćenje preuzme dubinomjer i odredi dubinu centra jata, a dubinomjerom mreže podesi se dubina sredine otvora mreže tako da zahvati što više riba (sl. 52).

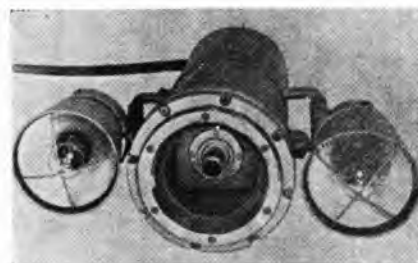
*Brodovi za spasavanje* imaju ponekad i uređaj za podvodnu televiziju. Taj uređaj omogućava traženje potonulih objekata na većim dubinama i praćenje rada ronilaca, što znatno olakšava davanje uputa, jer stručnjaci nisu uvijek i ronionci. Kamera za podvodnu televiziju ima specijalnu optiku, a smještena je u nepropusnom kućištu. Za osvjtljenje objekta služe jaki reflektori učvršćeni oko kućišta. Kućište kamere je kabelom spojeno sa TV-prijemnikom na brodu. Kamera se spušta pod vodu ili s pomoću 3 čelik-čela ili je nose ronionci (sl. 53).

*Hidrografski brodovi* imaju osim klasične opreme za hidrografiju, triangulaciju, topografiju i nivelman još i tačne meha-



Sl. 52. Primjena ribljeg asdika, ribljeg dubinomjera i dubinomjera za mrežu

ničke i akustičke dubinomjere za male i veće dubine, kao i instrumente za geomagnetska istraživanja. Danas takvi brodovi obično imaju i kompletnu elektroničku opremu za tačno određivanje pozicije kad je udaljenost od obale veća od optičke vidljivosti.



Sl. 53. Ručna kamera za podvodnu televiziju

U tu se svrhu upotrebljavaju elektronski impulsi sistemi SHORAN i EPI ili sistemi na principu mjerenja fazne razlike kao što su LORAC, RADYST, RANA i drugi. Dok impulsi sistemi daju kružne stajnice, stajnice faznih sistema su hiperbole. Da bi hidrografski brod s pomoću jednog od tih sistema mogao odrediti svoju poziciju, moraju se postaviti odgovarajući elektronički uređaji i na kopnu, i to na prikladnim tačkama čija je pozicija tačno određena.

*Veliki tankeri* i neki brodovi za prijevoz rasutog tereta imaju specijalne ultrazvučne razinomjere, tj. mjerače sadržine tankova, koji rade na sličnom principu kao ultrazvučni dubinomjeri, a služe za daljinski prijenos mjernih podataka, kako bi se s centralnog mjesta moglo pratiti ukrcavanje i iskrcavanje tereta. Kontrola opterećenja broda je potrebna radi sprečavanja prevelikih naprezanja brodske konstrukcije. Na tankerima razinomjeri pokazuju, osim razine nafte, i razinu vode na kojoj nafta pliva. Mjerači razine su sastavni dio uređaja za automatsko krcanje tereta. Na osnovi podataka razinomjera pumpe se automatski zaustave ako pri krcanju tereta dođe do nejednakomjernog opterećenja broda.

V. Podlesnik

### BRODSKA POGONSKA POSTROJENJA

Brodsko pogonska postrojenja jesu energetska uređaji koji proizvode mehaničku, električku, toplinsku i druge oblike energije neophodne brodu. *Glavni energetski uređaj* služi za propulziju broda, a *pomoćni energetski uređaj* namiruje energijom ostale brodske potrebe. Prema tome se i strojevi koji služe za pogon propelerne osovine zovu *glavni*, a ovi ostali *pomoćni*. Snage glavnih strojeva zavise su od veličine i brzine broda, a snaga koja otpada na pomoćne strojeve zavisi od veličine i namjene broda. Snaga potrebna za pomoćne strojeve obično iznosi 10-20% snage glavnih strojeva.

Glavni i pomoćni pogonski strojevi mogu biti *primarni* i *sekundarni*. U primarne se ubrajaju: parni stapni strojevi, parne i plinske turbine i dizel-motori. Sekundarni pogonski strojevi jesu: elektromotori, hidraulički i pneumatski pogonski strojevi.

*Goriva* služe za proizvodnju topline ili za proizvodnju snage u strojevima direktno ili posredstvom radnog medijuma. Generatori radnog medijuma su na brodovima parni kotlovi, nuklearni reaktori i generatori plinova.

*Prijenosi* su uređaji s pomoću kojih se energija primarnih pogonskih strojeva predaje pogonskoj osovini. Prijenosi mogu biti mehanički, električki ili hidraulički. Brodski osovinski vod prenosi mehaničku energiju od prirubnice prijenosu ili pogonskog stroja do propelera.

*Sistemi pogonskih postrojenja* obuhvaćaju sve cijevne vodove, pumpe, filtre i izmjenjivače topline s njihovom armaturom, mjernim i kontrolnim instrumentima. Zadaća je sistema da energetsko postrojenje snabdijeva vodom, zrakom, gorivom, uljem za podmazivanje i radnim medijumima i da postrojenje povezuje u jedan energetski kompleks. Prema tome postoje sistemi napojne vode, rashladne vode, goriva itd.

Brodsko se pogonska postrojenja dijele prema vrsti upotrijebljenog goriva na postrojenja na ugljen, ulje, plin ili na nuklearno gorivo; prema tipu glavnih strojeva na motorna, parnotur-

binska, plinskoturbinska i parno-stapna postrojenja; prema načinu predaje energije na postrojenja sa direktnom predajom energije osovinskom vodu i na postrojenja sa prijenosom (zupčanim, hidrauličkim, električkim); prema broju osovina dijele se na jednoosovinska i višeosovinska.

Električni prijenos energije se prema tipu glavnog pogonskog stroja dijeli na dizel-električni i turbo-električni.

Specifične osobine brodskih pogonskih postrojenja odnose se uglavnom na težinu, dimenzije, ekonomičnost, prikladnost za manevriranje, ponašanje pri različitim opterećenjima, bešumnost i sigurnost broda u eksploataciji.

Težina mora biti što manja, jer veća težina smanjuje korisnu nosivost broda. Smanjenje se težine postiže odgovarajućim projektiranjem elemenata strojeva, pravilnim razmještajem strojeva i uređaja, izborom optimalnih parametara radnog medijuma, racionalnom toplinskom shemom, izborom odgovarajuće opreme te primjenom lakih metala i plastičnih masa. U poredbenim kalkulacijama se u težinu postrojenja obično ubraja i količina potrebnog goriva, koja zavisi od ekonomičnosti glavnog energetskog postrojenja i od vrste upotrijebljenog goriva.

Od dimenzija čitavog postrojenja zavisi veličina prostora u kojem se postrojenje mora smjestiti. Male dimenzije postrojenja povećavaju korisni prostor, a time ekonomičnost broda. Nakon izbora tipa glavnih i pomoćnih strojeva i toplinske sheme mogu se povoljnim razmještajem pojedinih elemenata postrojenja smanjiti dimenzije potrebnog prostora.

Veća ekonomičnost pogonskog postrojenja snizuje izdatke za gorivo, a budući da se istodobno snizuju i potrebne rezerve goriva na brodu, povećava se korisna nosivost broda. Stoga povećanje ekonomičnosti pogonskog postrojenja ima veći korisni efekt na brodu nego na nekom kopnenom postrojenju. Ekonomičnost pogonskog postrojenja zavisi od ekonomičnosti svih njegovih elemenata, a najviše od ekonomičnosti glavnih strojeva. Na ekonomičnost postrojenja još utječe pravilno posluživanje strojeva, usklađenje rada glavnog stroja s pomoćnim uređajima i dobro održavanje strojeva.

Prikladnost za manevriranje glavnih brodskih strojeva mora biti što bolja. Ta prikladnost zavisi od trajanja upućivanja, od vremena potrebnog za reverziranje, od snage koju stroj razvija pri vožnji broda krmom, a za dizel-motore i od broja upućivanja koje se može obaviti jednim punjenjem rezervoara zraka. Na prikladnost za manevriranje utječe i mogućnost brzog prilagodivanja glavnih strojeva različitim režimima rada, a da se pri tom ne pojavljuju nedopuštena toplinska ili mehanička naprezanja.

Mora postojati mogućnost da se opterećenje glavnih strojeva mijenja u širokim granicama, a da pri tom strojevi još uvijek rade sigurno i ekonomično. Propulzijski strojevi moraju dozvoljavati da se preopterete, kako bi se brod mogao što bolje prilagoditi različitim vremenskim prilikama. Potrebno je da se broj okretaja brodskih propulzijskih strojeva može mijenjati kontinuirano, a zabranjenih zona kritičnih okretaja treba da je što manje i sa što užim kritičnim područjem. Brodski strojevi moraju biti kadri kroz dulje vrijeme voziti s malim brojem okretaja.

Postrojenje mora raditi relativno tiho, jer jaka buka umara ljudstvo, otežava posluživanje i time snizuje sigurnost pogona. Gornja dozvoljena granica intenziteta buke je 95-100 decibela.

Najvažnije svojstvo brodskih pogonskih postrojenja je sigurnost pogona, jer od nje zavisi ne samo sigurnost broda i tereta već i životi posade i putnika broda. Sigurnost pogona zavisi od sigurnosti pojedinih elemenata postrojenja, tj. od njihove sposobnosti da pri normalnom posluživanju rade bez kvara i prinudnog zaustavljanja. Na sigurnost pogona također utječe razmještaj strojeva i kvalificiranost osoblja koje poslužuje strojeve. Pregledan razmještaj i dobra pristupačnost strojevima i uređajima poboljšava sigurnost pogona. Trajnost brodske postrojenja treba da je ujednačena za sve dijelove, tako da bi se glavnim popravcima obuhvatilo što više jednovremeno dotrajalih dijelova i da bi vremenski razmaci popravaka bili što veći.

**Brodsko pogonska goriva.** Na brodovima se danas još uvijek najviše upotrebljavaju *fosilna goriva*, tj. uglj, zemna ulja i zemni plinovi. Ugalj je ranije bio najvažnije gorivo za brodove pa se je 1914 96,6% svjetske tonaže brodova koristilo ugljem. Kasnije on brzo gubi na važnosti i njegovo mjesto preuzima

zemno ulje, tako da krajem 1964 još svega ~ 3% tonaže upotrebljava ugljen. Jedan od glavnih razloga tome je motorizacija brodova, ali i činjenica da parni brodovi umjesto ugljena sve više upotrebljavaju teška ulja za loženje kotlova.

Ulje za loženje ima kao brodsko gorivo ove ekonomske prednosti pred ugljenom: njegova veća kalorična moć uzrokuje uštedu na prostoru i tonaži; mogućnost smještaja ulja u dvodnu broda povećava korisni prostor broda; jednostavnije i brže krcanje ulja štedi vrijeme i radnu snagu; uslijed jednostavnijeg loženja uljem potrebno je manje osoblja; bolji stepen djelovanja, manja težina i manje dimenzije kotlova loženih uljem povećavaju ekonomičnost broda; pri loženju uljem brže se dobiva para i brže se regulira opterećenje; dobava goriva i loženje mogu se automatski regulirati.

Kao gorivo motornih brodova ranije se je najviše upotrebljavalo dizelsko ili plinsko ulje, čija je cijena ~ 1,5-1,6 puta veća od cijene ulja za loženje kotlova. Ta je razlika u cijeni pomagala parnim pogonima većih snaga da konkuriraju dizel-motornom pogonu, pa je ranije dizel-motor bio ekonomičniji samo do ~ 10 000 KS. U nastojanju da se za sve snage dizelmotorni pogon učini ekonomičniji od parnog pogona razvile su se konstrukcije velikih motora prikladne i za upotrebu teških ložnih ulja. Istodobno se je pročišćavanje teških ulja na brodu usavršilo, a podmazivanje prilagodilo tom gorivu, tako da danas veći dio velikih propulzijskih motora upotrebljava teška ulja. Time su dizel-motori postali konkurentni parnoj turbini do najvećih snaga do kojih se proizvode. Srednji i mali motori još i dalje upotrebljavaju dizel-ulje jer je s njim pogon tih motora jednostavniji i sigurniji, a komplikirani uređaji koji su potrebni za pročišćavanje i zagrijavanje teških ulja se za male snage ne isplate. Danas uglavnom još i svi brodski pomoćni motori rade sa dizel-uljem, iako se već i za njih počinje razmatrati mogućnost upotrebe teških ulja, te se u tu svrhu čine pokusi.

Uz fosilna se goriva na brodovima danas pojavljuje *nuklearno gorivo*, jer ono omogućava skoro neograničeno velike akcijske radijuse broda. Stoga je to idealno gorivo za ratne brodove, a kako za nuklearne reakcije nije potreban zrak, osobito je prikladno za podmornice. Zbog visoke cijene reaktorskog uređaja, a i samog goriva, u trgovačkoj mornarici nuklearni pogon je zasad uglavnom ograničen na eksperimentalne brodove. Kako su svjetske zalihe fosilnih goriva ograničene, nuklearno gorivo se može smatrati potencijalnim brodskim gorivom budućnosti.

*Plin* se kao gorivo upotrebljava na modernim brodovima za prijevoz gorivih plinova u kapljevitom stanju (metan, butan). Konstruirani su specijalni dizel-motori koji se koriste plinovima kao gorivom; najprikladniji je za tu svrhu metan. Na riječnim se brodovima kao gorivo katkada upotrebljava i plin koji se proizvodi u generatorima plinova iz drva, drvenog uglja, antracita ili koksa. Generatorski plin se upotrebljava u plinskim Otto-motorima.

**Generatori radnog medijuma.** Na brodovima se kao radni medijumi upotrebljavaju para, plinovi i kapljevine pod pritiskom.

Za generaciju *pare* služe na brodovima kotlovi i generatori pare. Od kotlova danas se najviše upotrebljavaju vodocijevni kotlovi s prirodnom cirkulacijom vode, loženi uljem. Radi veće ekonomičnosti u novije vrijeme primjenjuju se viši pritisci i više temperature pare, ali zbog potrebne sigurnosti pogona na brodovima ti parametri pare još u uvijek znatno niži nego kod stacionarnih postrojenja.

Moderni brodski kotlovi, osim povišenih parametara pare, imaju i sve jače ekraniziranje ložišta, tako da se veći dio topline predaje u ložištu zračenjem, a i površine zagrijača zraka i napojne vode su znatno povećane. Primjenom tih i drugih mjera postiglo se da kotlovi loženi uljem sada imaju stepen djelovanja 92%, pa i veći. Povećanje specifičnog opterećenja ogrjevnih površina i smanjenje dimenzija kotla omogućeno je i usavršavanjem separacije pare, pripremom vode i automatizacijom rada kotla. Daljnji razvoj brodskih kotlova najviše je usmjeren na pojednostavnjenje konstrukcije, smanjivanje dimenzija i težine i na još veću automatizaciju.

Danas se za brodove grade uglavnom cilindrični kotlovi s plamenim cijevima, vodocijevni sekcijski kotlovi s kosim cijevima.

vima i vodocijevni kotlovi sa strmim cijevima, sa prenosom topline zračenjem i sa prirodnom cirkulacijom vode. Kotlovi s prirodnom cirkulacijom vode i kotlovi s ložištem pod pritiskom za primjenu na brodovima još su u fazi razvoja. Neke karakteristike uobičajenih tipova brodskih kotlova, važne za projektiranje brodova navedene su u tablici 1.

Tablica 1  
KARAKTERISTIKE BRODSKIH KOTLOVA

Karakteristika	Cilindrični kotlovi (škotski)	Sekcijski kotlovi	Vodocijevni kotlovi na zračenje
Kapacitet, t/h	do 6,5	do 30	do 60
Radni pritisak pare, kp/cm <sup>2</sup>	do 18	do 45	do 65
Temperatura pare, °C	do 350	do 460	do 500
Ogrjevna površina, m <sup>2</sup>	do 300	do 750	do 1500
Težina kotla zajedno s vodom, Mp	do 100	do 120	do 200
Težina vode u kotlu, % ukupne težine	35...50	7...10	7...15
Jedinična težina parospremnih kotlova, kp/kp pare na sat	14...20	4...7	2,5...6
Promjer bubnja za paru, mm	do 5000	1150...1250	1100...1600
Opterećenje ogrjevne površine isparivača, razvite pare kp/m <sup>2</sup> h	24...25	30...35	30...60
Opterećenje ložišnog prostora kotla, kcal/m <sup>2</sup> h	(1...1,2) 10 <sup>6</sup>	(0,4...0,6)·10 <sup>6</sup>	(0,4...0,95)·10 <sup>6</sup>
Stepen djelovanja kotla, %	75...80	85...92	87...92,5
Izlazna temperatura plinova iz kotla, °C	300	155...200	135...200

Napomena: Manje vrijednosti jediničnih težina parospremnih kotlova kp/kp pare na sat odnose se na novije kotlove većih kapaciteta, a veće vrijednosti na kotlove manjih kapaciteta.

Cilindrični kotlovi imaju jednostavan i siguran pogon, nisu osjetljivi na kvalitet napojne vode i prikladni su za loženje ugljenom. Nedostatak im je velika težina, mali kapacitet, niski parametri pare i dugo trajanje potpaljivanja (od 10 do 24 sata). Zbog toga se cilindrični kotlovi ugrađuju kao glavni kotlovi samo na plovnim jedinicama s malim snagama, kao što su ribarski brodovi, tegljači, lučke i tehničke jedinice, i uglavnom tamo gdje se traži jednostavan pogon s niskim parametrima pare. Mnogo se upotrebljavaju na motornim tankerima kao pomoćni kotlovi za grijanje ulja i pranje tankova.

Sekcijski kotlovi su lakši od cilindričnih, grade se za veće kapacitete i više parametre pare, mogu se dobro čistiti i nisu osobito osjetljivi na kvalitet napojne vode. Od strmocijevnih kotlova su teži, zahtijevaju više prostora, a trebaju i više vremena za potpaljivanje. Upotrebljavaju se kao glavni kotlovi na trgovačkim

parnim brodovima kad se traže osobine vodocijevnih kotlova uz određenu otpornost prema grubom rukovanju. Kao pomoćni kotlovi dolaze na motornim tankerima.

Vodocijevni kotlovi na zračenje, od kojih se danas najviše upotrebljavaju strmocijevni s prirodnom cirkulacijom vode, odlikuju se malom težinom i malim dimenzijama, prikladni su za velike kapacitete i visoke parametre pare, brzo se zagriju, a loženi uljem dobro se prilagodavaju naglim promjenama opterećenja. Zbog otežanog unutarnjeg čišćenja i velikog opterećenja ogrjevnih površina mora napojna voda biti dobrog kvaliteta. Taj tip kotlova obično imaju trgovački parni brodovi većih snaga, a zbog male težine i malih dimenzija redovno se upotrebljavaju i na ratnim brodovima.

Za proizvodnju toplinske energije iz nuklearnih goriva na brodovima se upotrebljava reaktor s vodom pod pritiskom (PWR), a za generaciju pare iz te topline služe vodocijevni kotlovi (izmjenjivači topline) grijani visokopritisnom vodom reaktora. Razmatraju se i reaktori s ključalom vodom i reaktori hlađeni i moderirani organskim tekućinama s visokim vrelištem, iako do praktične primjene tih reaktora na brodovima još nije došlo. Osim reaktora i uređaja koji s pomoću reaktorske topline proizvode paru, u razvoju su projekti reaktora i uređaja za proizvodnju vrućih plinova pod pritiskom, koji bi se kao radni medij direktno koristili u plinskim turbinama.

Za generaciju plinova kao radnog medija sadašnjih brodskih plinskih turbina upotrebljavaju se izgarne komore s kompresorima, dizel-motori i motori sa slobodnim klipovima sistema Pescara. Plinovi se generiraju pod visokim pritiskom i s visokom temperaturom, a njihova se energija ekspanzije pretvara u mehaničku energiju u plinskim turbinama.

Za generaciju kapljevine pod pritiskom upotrebljavaju se stepne pumpe i različite vrste rotacijskih pumpi. Kapljevine se pod pritiskom od ~ 100 kp/cm<sup>2</sup> vodi u hidrauličke motore ili preše koje služe za pogon pomoćnih strojeva. Hidraulički se motori u novije vrijeme upotrebljavaju za pogon vitala i drugih palubnih pomoćnih strojeva, a već su se ranije često upotrebljavali za pogon pumpi koje mogu raditi u poplavljenom prostoru kao i za različite svrhe na ratnim brodovima.

### Brodski pogonski strojevi

Na brodovima se uglavnom upotrebljavaju isti tipovi pogonskih strojeva kao i na kopnu. Konstruktivno se od stacionarnih strojeva bitno razlikuju samo strojevi za propulziju broda, dok su razlike kod pomoćnih strojeva male. Za propulziju brodova upotrebljavaju se parni stapni strojevi, parne turbine, plinske turbine i motori s unutarnjim izgaranjem.

**Parni stapni strojevi.** Brodski parni stapni strojevi obično imaju vertikalne cilindre (tzv. stojeći strojevi), a samo riječni brodovi s kotačima imaju strojeve s koso ležećim cilindrima (tzv. dijagonalni strojevi). Na brodovima se upotrebljavaju strojevi

Tablica 2  
PARNI STAPNI STROJEVI

Vrsta parnog stapnog stroja	Pritisak kotla kp/cm <sup>2</sup> /temp. pare, °C	Snaga, KS	Broj okretaja, min <sup>-1</sup>	Potrošak pare, kp/KS <sub>1</sub> h	Indic. stupanj djelovanja η <sub>i</sub>	Mehanički stupanj djelovanja η <sub>m</sub>	Jedinična težina, kp/KS	Duljina, mm
Trostruka ekspanzija, 3 cilindra	14/280	1500/1700	85	5,15	0,676	0,88	46,5	5286
Trostruka ekspanzija, 3 cilindra	15,5/300	3300	105	4,9...5,2	0,68...0,64	0,93	32,3	7200
Trostruka ekspanzija, 4 cilindra	18/350	5000	110	4,5	0,69	0,95	28	7550
Trostruka ekspanzija, 3 cilindra, za remokere	15/300	500/600	160/170	5,4	0,65	0,86	30	3300
Trostruka ekspanzija, 3 cilindra, s visokim parametrima	31/380	2500/3000	100/120	3,88	0,75	0,93	33	7000
Trostruka ekspanzija, s Bauer-Wachovom ispušnom turbinom	31/380	2500/3000	100/120	3,30	0,86	0,91	40	7500
Dvostruka ekspanzija, 3 cilindra	15/300	1300	110	5,35	0,62	0,88	50	4500
Udvojena dvostruka ekspanzija, (4 cilindra ukupno), ventilni razvod	14,5/325	1250	100	4,9	0,67	0,89	38,5	5400
Istosmjerni trocilindarski stroj s jednostrukom ekspanzijom	21/325	620	200	5,2	0,58	0,865	25	3150
Visokopritisni stroj sa četverostrukom ekspanzijom	45/460	200	200	3,93	0,69	0,88	38	3000

Tablica 3  
 PARNE TURBINE ZA PROPULZIJU BRODOVA

Tip broda	Snaga na osovini, KS	Broj okretaja propelera, min <sup>-1</sup>	Broj okretaja turbine vis. prit., min <sup>-1</sup>	Broj okretaja turbine niski prit., min <sup>-1</sup>	Pritisak pare ispred turbine, kp/cm <sup>2</sup>	Temperatura pare ispred turbine, °C	Potrošnja pare, kp/KSh	Stepen djelovanja turbine η <sub>e</sub>	Jedinična težina turbine sa zupčanicom i kondenzatorom, kp/KS	Duljina sa zupčanicom prijenosom do spojke, m
Teretni brod	11 000	100	5 120	3 330	42	443	—	—	13,6	7
Teretni brod	9 130	105	5 500	3 800	41	450	—	—	17,5	8
Teretni brod	26 500	108,5	—	—	80	500	2,5	80	—	—
Ratni brod	30 000	200	7 767	6 023	40	440	3,42	70,5	—	—
Ratni brod	50 000	350	10 000	7 500	57	560	—	74	—	—
Putnički brod	2 × 12 500	131	5 632	3 665	45	505	—	—	—	7,9

s dvostrukom, trostrukom i četverostrukom ekspanzijom, sa dva do četiri cilindra, i istosmjerni strojevi s jednostrukom ekspanzijom, koji obično imaju više jednakih cilindara. Često se primjenjuju i strojevi s dvostrukom i trostrukom ekspanzijom i s ispušnom turbinom, da bi se postigla veća ekonomičnost čitavog postrojenja. Neke karakteristike glavnih tipova parnih strojeva za propulziju brodova prikazane su u tablici 2.

Parni su se stapni strojevi ranije gradili za velike snage do 20 000 KS, a danas se upotrebljavaju samo za male snage, u novije vrijeme do 3000 KS<sub>1</sub>.

Prednosti parnog stapnog stroja za brodski pogon jesu: velika sigurnosti u pogonu; jednostavno posluživanje; velika trajnost; dobar početni zakretni moment; dobar srednji zakretni moment pri malom broju okretaja; dobra manevarska svojstva zbog mogućnosti brzog preokretanja stroja, mogućnosti vožnje pri malom broju okretaja i mogućnosti vožnje punom snagom krmom.

Nedostaci su: manja ekonomičnost pogona u usporedbi s dizel-motorom, a pri većim snagama i s parnim turbinama; veća težina i veće dimenzije postrojenja u usporedbi s dizelmotorskim ili turbinskim postrojenjem.

**Parne turbine.** Turbinsko postrojenje za propulziju broda razlikuje se od stacionarnog postrojenja po tome što ima ugrađenu posebnu turbinu za hod krmom, što je lakše i manjih dimenzija, što ima dobra manevarska svojstva, tj. brzo može preći iz jednog režima vožnje u drugi, što se brzo može reverzirati i uputiti iz hladnog stanja i što mu je inače konstrukcija prilagođena općim uslovima koje moraju zadovoljavati brodski strojevi.

U pomoćne se svrhe parne turbine na brodovima upotrebljavaju za pogon pumpi, ventilatora i generatora struje. Brodske se propulzijske parne turbine u jednoj jedinici grade do snaga od 100 000 KS, a najmanja snaga koja se upotrebljava za propulzijske turbine je ~ 1000 KS. Turbine za pogon brodskih pomoćnih strojeva grade se i za snage ispod 5 KS.

Na trgovačkim se brodovima za pogon parnih turbina normalno upotrebljava para do ~ 60 at apsolutnog pritiska i temperature do 500°C, a tendencija je da se ovi parametri povise.

Na ratnim se brodovima već primjenjuju pritisci do preko 80 at aps. i temperature do 550°C. Kondenzatorski pritisak na trgovačkim brodovima je od 0,4 do 0,06 at aps. Broj okretaja brodskih propulzijskih parnih turbina sa jednostepenim zupčanicim prijenosom obično je između 2000 i 6000 min<sup>-1</sup>, a broj okretaja modernih turbina s dvostepenim zupčanicim prijenosom iznosi 3000...15 000 min<sup>-1</sup>. Broj okretaja propelera je na većim teretnim brodovima između 90 i 120 min<sup>-1</sup>.

Snaga turbine za vožnju krmom je na trgovačkim brodovima obično 40% snage za vožnju naprijed, no može u nekim slučajevima dostići i 70...75%. Na ratnim brodovima je ta snaga 25...35% pune snage za vožnju naprijed. Najčešće se na trgovačkim brodovima traži da zakretni moment turbine za vožnju krmom bude ~ 80...90% zakretnog momenta turbine za vožnju naprijed pri 50% broja okretaja. Vrijeme preokretanja ventila od punog hoda naprijed na puni hod krmom traje ~ 20 sekundi, a vrijeme dok osovina postigne puni broj okretaja u protivnom smjeru 1...3 minute.

U tablici 3 prikazane su osnovne karakteristike nekih brodskih turbina.

U usporedbi s parnim strojem parne turbine imaju prednost da su lakše i da zauzimaju manje mjesta, da se mogu graditi i za

najveće snage koje dolaze u obzir na brodovima, da odgovaraju za visoke parametre pare, da pri većim snagama imaju bolji stepen djelovanja, da kondenzat nije onečišćen uljem i da imaju potpuno miran hod. U usporedbi s dizel-motorom prednosti parne turbine jesu ove: ona ima mirniji hod, prikladna je i za najveće snage, sigurnija je u pogonu, ima veću trajnost, ima dobar srednji zakretni moment i pri malom broju okretaja, može voziti i s vrlo malim brojem okretaja, općenito ima bolja manevarska svojstva, a u slučaju velikih snaga cijelo postrojenje je lakše. Turbine daleko zaostaju za dizel-motorima s obzirom na efektivni stepen djelovanja i na potrošak goriva, a turbinsko postrojenje treba i znatno duže vrijeme dok se stavi u pogon jer treba najprije proizvesti dovoljno pare određenog pritiska i određene temperature.

**Plinske turbine.** Do sada plinske turbine nisu imale širu primjenu kao brodski pogonski stroj. Tome je u prvom redu uzrok njihova mala ekonomičnost u usporedbi s ostalim pogonskim strojevima, a djelomično i manja trajnost i manja sigurnost u pogonu. Jedna od glavnih poteškoća pri upotrebi plinskih turbina za pogon broda je preokret. Vožnja krmom ne može se na plinskim turbinama riješiti kao na parnim ugradnjom kola za hod krmom, jer se u tom slučaju turbina za hod naprijed ne hladi parom, pa se pregrije. Zbog toga se plinska turbina na brodovima upotrebljava u kombinaciji s prekretnim zupčanicima, električkim prijenosom ili vijcima s prekretnim krilima. Daljnji nedostatak plinske turbine je njezina mala trajnost i žilavost u uvjetima brodske pogona. Obično se traži trajnost od najmanje deset godina, a u novije se vrijeme zahtijeva čak 100 000 pogonskih sati, što odgovara vijeku trajanja turbine od ~ 20 godina. Za trgovačke se brodove traži i ekonomičnost postrojenja, a ta se kod plinskih turbina može postići samo upotrebom visokih temperatura plina i širokom primjenom izmjenjivača topline. Time se s jedne strane snižuje trajnost, a s druge strane se povećavaju težina i dimenzije postrojenja. Osim toga je za plinske turbine obično potrebno kvalitetno gorivo. Zbog male težine plinska je turbina samo u najjednostavnijem obliku prikladna za pogon lakših ratnih jedinica jer u tom slučaju ekonomičnost pogona nije od primarne važnosti. Za lake ratne jedinice konstruirane su takve plinske turbine s težinama od 1 do 2,5 kp/KS, ali im je potrošak goriva relativno visok: od 0,450 do 0,300 kg/KSh, zavisno od težine turbine. Za trgovačke brodove računa se da bi se mogla postići, uključujući zupčani prijenos, jedinična težina od ~ 15 kp/KS uz potrošak goriva od svega ~ 0,250 kg/KSh. Bolja se ekonomičnost postiže kombinacijom plinske turbine s generatorima plina sa slobodnim stapovima (sistem Pescara), pa je potrošak goriva takvog uređaja 0,160...0,190 kg/KSh, a jedinična težina ~ 40 kp/KS.

Za pogon duvala za nabijanje brodskih dizel-motora našla je široko polje upotrebe plinska turbina s iskorištavanjem ispušnih plinova, tako da je današnji brodski dizel zapravo kombinacija klipnog motora i plinske turbine. U tom je slučaju dizel-motor generator plina. Za ratne se brodove razmatra upotreba kombinacije plinske turbine s parnom turbinom.

Efektivni stepen djelovanja plinske turbine s otvorenim procesom bez izmjenjivača topline iznosi 15...20%; plinske turbine s otvorenim procesom s umjerenim iskorištavanjem izlazne topline, 22...25%; plinske turbine s otvorenim procesom, s iskorištavanjem izlazne topline, međuhlađenjem zraka i meduloženjem, 26...32%; plinske turbine s generatorima plina sa slobodnim stapovima (Pescara), 35...40%.

Glavne prednosti plinske turbine jesu: što ima jednostavnu konstrukciju i malu težinu, a u usporedbi s parnom turbinom također što nema kotlova. Fundamenti su lagani jer plinska turbina ima samo rotirajuće dijelove. Od svih strojeva plinska turbina dopušta najveću koncentraciju snage. Nedostaci su: velika osjetljivost prema okolnoj temperaturi, osjetljivost prema vlažnom slanom morskom zraku, manja ekonomičnost u usporedbi s dizel-motorom, jaki šum ispuha i velike dimenzije zračnih i plinskih vodova. Konstrukcija se plinskih turbina neprestano usavršava, pa se može očekivati da će se u skoroj budućnosti više upotrebljavati za pogon brodova.

**Motori s unutrašnjim izgaranjem.** Motorna su postrojenja osobito prikladna za upotrebu na brodovima jer u odnosu na parna pogonska postrojenja imaju ove prednosti: bolje iskorištavaju toplinu sadržanu u gorivu, te je efektivni stepen djelovanja 37,5...45%, što odgovara potrošku goriva od 0,170...0,140 kg/KSh; uvijek su spremna za rad; troše malo goriva, koje se može smjestiti u dvodnu, pa se stoga povećava akcijski radijus broda; imaju manje dimenzije i manju težinu za snage do 10 000 KS jer otpadaju kotlovi; vrlo su sigurna s obzirom na požar i eksplozije; ne zagrijavaju strojarnicu na visoku temperaturu. U odnosu na prednosti, nedostaci dizel-motora nisu veliki i uglavnom su ovi: konstrukcija mu je komplicirana; ne odgovara za rad pri niskim brzojavima okretaja (ako je broj okretaja manji od  $\frac{1}{3}$ ... $\frac{1}{4}$  normalnog); kad mu se smanji broj okretaja, zakretni moment opada; vrlo je bučan. Brodski se propulzijski motori razlikuju od stacionarnih ili brodskih pomoćnih motora time što su obično direktno prekretni, tj. mogu se okretati u oba smjera vrtnje. Neprekretni motori se upotrebljavaju za propulziju u kombinaciji s prekretnim zupčanim prijenosom ili električkim prijenosom.

Kao propulzijski motor na trgovačkim brodovima uglavnom dolazi direktno prekretni sporokretni dizel-motor jer je u eksploataciji povoljniji od brzokretnog motora zbog manjeg potroška goriva, mogućnosti korišćenja jeftinijeg teškog goriva, manje osjetljive i trajnije konstrukcije, veće sigurnosti u pogonu i dužeg perioda eksploatacije do generalnog popravka.

Projekti dizelmotorskih postrojenja izrađuju se na osnovu tačnih podataka koje daju firme za tip dizel-motora određene snage i određenog broja okretaja. Pri izradi ponude i pretprojekata broda, marka dizel-motora obično još nije poznata, pa je potrebno približno mu izračunati težinu, dimenzije i cijenu. Za računanje težine postoji niz formula koje dakako ne mogu biti potpuno tačne, a konstrukcija dizel-motora se osim toga stalno razvija pa se i formule mijenjaju i zastarijevaju.

Jedinična težina motora  $T$  (u kp/KS) može se dosta tačno odrediti za današnje tipove dizel-motora (1965) pomoću ove formule:

$$T = G/P_s = \frac{p_{\max}}{p_e} \cdot \frac{f(z)}{z} \cdot \frac{C}{n},$$

gdje je  $G$  ukupna težina motora,  $P_s$  snaga na osovini,  $C$  empirijska konstanta koja iznosi, u kp po osovinskoj KS i minuti, za jednoradni dvotaktni motor s križnom glavom: 675, za dvoradni dvotaktni motor s križnom glavom: 545, za jednoradni dvotaktni motor bez križne glave: 670, za četverotaktni jednoradni klipni dizel-motor bez križne glave: 615;  $p_{\max}$  je maksimalni pritisak izgaranja,  $p_e$  srednji efektivni pritisak;  $\frac{p_{\max}}{p_e} = 7,5...10$ ;  $z$  broj cilindara;  $f(z) = 2,4 + 0,733 z$ ;  $n$  broj okretaja u minuti.

Ako motor ima prednabijanje, ovoj težini treba pribrojiti jediničnu težinu  $T_n$  (u kp/KS) turbopuhala za nabijanje:

$$T_n = G_n/P_s = 1200 \left( \frac{P_s}{1000} \right)^{-0,1},$$

gdje je  $G_n$  težina turbopuhala u kp.

Dimenzije brodskih motora mogu se približno odrediti prema stapaju  $S$ , promjeru  $D$  i broju cilindara  $z$ , kao što je to navedeno u tablici 4.

Cijena se motora može odrediti također približno na bazi cijena u US\$ koje važe za 1964, pa se dobiveni rezultat lako može preračunati na cijene u promijenjenim prilikama:

$$K = 0,2 + 0,76 \left( \frac{P_s}{1000} \right) - 0,005 \left( \frac{P_s}{1000} \right)^2 \cdot 10^5,$$

gdje je  $K$  cijena cijelog motora u US\$,  $P_s$  broj osovinskih konjskih snaga motora.

Ova formula daje najtačnije cijene za dvotaktna jednoradna dizel-motore s križnom glavom, ali vrijedi općenito i za veće sporokretne brodske motore, dok za brzokretne motore izračunata cijena može znatnije odstupati od stvarne.

Tablica 4  
DIMENZIJE BRODSKIH DIZEL-MOTORA

Oznaka dimenzije	Vrsta motora	Dimenzija motora	
		sporokretnog	brzokretnog
Dužina okvira fundamenta, $L$	4-taktni 2-taktni	(1,6...1,8) $z D$ (1,8...2,1) $z D$	(1,5...1,7) $z D$ (1,6...1,8) $z D$
Širina fundamenta, $B$		(2,3...2,6) $S$	(2,1...2,4) $S$
Visina od osi koljenaste osovine do najviše tačke ventila na cilindarskom poklopcu, $H$	klipni	(4...5) $S$	
	s križnom glavom	(5...6) $S$	

S obzirom na eksploataciju, važna osobina brodskih motora je rok trajanja motora do generalnog popravka. Ovaj rok zavisi od niza faktora kao što su: broj okretaja, srednja stapna brzina, stepen forsiranja (srednji pritisci u eksploataciji), temperatura ispušnih plinova, kvalitet upotrijebljenog materijala, kvalitet posluživanja i održavanja, kvalitet goriva i maziva itd. Računa se približno s ovim satima eksploatacije motora do generalnog popravka: sporokretni ( $100 < n < 200$ ) sporohodni (srednja stapna brzina  $c_m < 6$  m/s) dizel-motori s križnom glavom težine 60...40 kp/KS: 80 000...60 000 sati; srednjekretni ( $200 < n < 500$ ) srednjehodni ( $c_m = 6...7$  m/s) klipni dizel-motori težine 40...25 kp/KS: 40 000...20 000 sati; srednjekretni ( $500 < n < 1000$ ) srednjehodni ( $c_m = 7...9$  m/s) klipni dizel-motori težine 20...10 kp/KS: 15 000...10 000 sati; brzokretni ( $n > 1000$ ) brzohodni ( $c_m = 9...12$  m/s) klipni dizel-motori težine 10...2 kp/KS: 5000...1000 sati.

U tablici 5 navedene su karakteristike nekoliko tipičnih reprezentanata brodskih dizel-motora.

**Usporedba brodskih pogonskih postrojenja i izbor najprikladnijeg tipa.** Osobine cijelog brodskog pogonskog postrojenja uglavnom su određene osobinama glavnih pogonskih strojeva za propulziju broda. Prema tipu broda postavljaju se i različiti zahtjevi koje moraju zadovoljiti propulzijski pogonski strojevi, i s obzirom na te zahtjeve mogu se brodovi podijeliti u dvije osnovne grupe: brodove trgovačke mornarice (koji obuhvaćaju i tehničke jedinice za različite svrhe) i ratne brodove. (Pod ratnim se brodovima ovdje razumijevaju samo borbene jedinice, a ne tehničke i pomoćne jedinice pod upravom ratnih mornarica.) Zahtjevi u pogledu pogonskih strojeva tih dviju grupa bitno se razlikuju. Osnovna je razlika što se od propulzijskih strojeva trgovačkih transportnih brodova prvenstveno traži ekonomičnost i sigurnost pogona, a za ratne je brodove ekonomičnost pogona u drugom planu, a važnija je velika koncentracija snage, tj. da je određenu snagu moguće proizvesti u stroju s najmanje mogućim dimenzijama i težinom.

I unutar tih osnovnih grupa su zahtjevi različiti prema namjeni broda ili plovne jedinice. Pogonsko postrojenje putničkog broda sasvim je različito od postrojenja teretnog, postrojenje tankera od postrojenja broda za prijevoz banana, itd.

Za izbor propulzijskih strojeva jedan je od najutjecajnijih faktora potrebna snaga za određeni brod. Ta snaga uglavnom zavisi od brzine, veličine i oblika broda. U tablici 6 navode se približne granice snage za uobičajene brzine pojedinih tipova brodova.

**Parni stapni stroj** se uprkos mnogih dobrih osobina više ne upotrebljava za snage veće od 3000 KS jer je u poredenju s dizel-motorom i s parnom turbinom pogon s parnim strojem većih snaga suviše neekonomičan. Kod manjih se snaga veći potrošak goriva prema dizel-motoru često tolerira zbog dobrih osobina parnog stapnog stroja za brodove određenog tipa. Zbog odličnog

Tablica 5  
KARAKTERISTIKE BRODSKIH DIZELMOTORA

Vrsta i primjena dizel-motora	Snaga po cilindru, n <sub>min</sub> /n <sub>max</sub> , KSe	Broj okretaja n <sub>min</sub> /n <sub>max</sub>	Broj cilindara	Srednja stupna brzina kod n <sub>max</sub> , m/s	Pronijer cilindra D, mm	Stupaj S, mm	S/D	Snaga po jedinici volumena cilindra, KSl	Jedinična težina, kp/KS	Srednji pritisak, kp/cm <sup>2</sup>	Efektivni stepen djelovanja	Specifični potrošak goriva, kg/KSh	Glavne dimenzije		
													L mm	B mm	H mm
Četverotaktni V-tip sa nabijanjem; za lake jedinice	150	1500	16	10	190	230	1,2	24	2,20	13,7	40,5	0,158	2520	1,500	1,600
Četverotaktni V-tip sa nabijanjem; za borbene čamce	150	1720	20	14,4	185	250	1,35	23	1,58	11,8	40	0,160	4320	1,580	1,830
Četverotaktni za male jedinice i pomoćni brodski bez nabijanja	34/55	360/600	8	6,6	235	330	1,44	4,3	37/23,5	5,8	37	0,170	4030	1020	2050
Četverotaktni jednoređni klipni bez nabijanja; za obalne, putničke i slične brodove	107/143	225/300	10	6	400	600	1,5	1,42/1,9	46/35	5,7	37,5	0,168	8455	1620	3985
Četverotaktni jednoređni klipni sa nabijanjem; za obalne putničke i slične brodove	170/228	225/300	10	6	400	600	1,5	2,26/3,05	30/22,5	9,1	39	0,162	8885	1620	3985
Dvotaktni klipni motor bez nabijanja; za manje obalne brodove	120/130	310	8	5	290	490	1,68	3,7/4	34/32	5,38	36	0,175	6780	1190	1995
Dvotaktni klipni motor bez nabijanja; za veće obalne brodove	275/410	125/187	6	5,6	520	900	1,74	1,46/2,15	60/40	5,1	38,5	0,165	750	2665	4670
Dvotaktni motor s križnom glavom; za srednje trgovačke brodove (nenabijeni/nabijeni)	1080 1340	95/118	6	5,5	780	1400	1,8	1,60/2,00	55/45	7,6	41	0,155	11 500	4000	9800
Dvotaktni motor s križnom glavom; za velike trgovačke brodove	1835/2000	119	10	6,15	900	1550	1,72	1,85/2,05	45/41	7/7,66	42	0,151	20 300	4000	9570

Opaska: Dimenzije i potrošak goriva vrijede za motor s navedenim brojem cilindara; snage po cilindru, snaga po jedinici volumena cilindra i težine navedene su za minimalni i maksimalni broj okretaja.

početnog i srednjeg zakretnog momenta prikladan je za sve vrste brodova koji trebaju velik poriv pri malim brzinama, a to su tegljači, ledolomci, ribarski brodovi, brodovi koji često voze u zaleđenim vodama, minolovci itd. Zakretni se moment parnog stapnog stroja pri smanjenju broja okretaja uz isti potrošak pare po jednom ciklusu praktički ne mijenja, a s povećanjem punjenja cilindra još se i povećava. Osim toga je parni stapni stroj s cilindričnim kotlovima vrlo jednostavno postrojenje, sigurno u pogonu u svim vremenskim prilikama, te se i zbog ovih razloga upotrebljava za ribarske brodove širokih mora. Od svih pogonskih strojeva ima najdulji vremenski period između glavnih popravaka, a manje popravke lako može izvršiti sama brodska posada. To svojstvo, uz jednostavan pogon, često je odlučujući faktor pri odluci da se ugradi na brodove koji često voze u zabitne manje luke u kojima je mogućnost popravaka mala, i na brodove zemalja u kojima nedostaje visokokvalificirano strojarско osoblje. Parni se stapni stroj često ugrađuje i na različite tehničke plovne jedinice, osobito na one koje treba da nešto tegle, kao npr. na polagače kabela, polagače plutača, brodove za spasavanje i gašenje požara, na dizalice, bagere i slično. Također se upotrebljava za manje brodove

koji inače iz nekog razloga trebaju paru, kao npr. za kitolovce i matične brodove za preradu ribe.

Iako parni stapni stroj ima odlična manevarska svojstva jer raspolaže cijelom snagom za vožnju krmom i lako se prekreće, a ima razmjerno miran hod, sve se manje upotrebljava za male putničke brodove. Uzrok je tome što je manje ekonomičan od dizel-motora i što prije puštanja u pogon treba mnogo vremena da se proizvede potrebna količina pare. Ekonomičnost se pogonskih postrojenja sa parnim stapnim strojevima znatno poboljšava upotrebom viših parametara pare, ispušnom turbinom i modernim vodocijevnim kotlovima, ali se time gubi na jednostavnosti, sigurnosti i otpornosti pogona, a nabavna cijena je viša.

Najprikladniji pogonski stroj za velike snage je *parna turbina*. S odgovarajućim lakim vodocijevnim kotlovima, parna turbina omogućava najveću koncentraciju snage, pa se općenito upotrebljava kao propulzijski pogonski stroj na nadvodnim jedinicama ratnih mornarica i na nuklearnim podmornicama. Jedino bi plinska turbina mogla ugroziti dominaciju parne turbine na tom polju, ali je momentano u jednostavnoj izvedbi još suviše neekonomična i manje sigurna u pogonu.

Parnoj turbini, slično kao i parnom stapnom stroju, sa smanjenjem broja okretaja srednji zakretni moment pri jednakom potrošku pare raste, a zakretni moment na osovini može biti najveći kad rotor miruje. Stoga parna turbina vrlo dobro odgovara za ledolomce većih snaga, velike tegljače, brodove za polaganje kabela i slično. Parna turbina je vrlo prikladna i za velike putničke brodove, koji, slično kao ratni brodovi, trebaju velike snage, s razlikom što za putničke brodove nije potrebna takva koncentracija snage, budući da imaju dovoljno raspoloživog prostora i rezerve istisnine. Parna je turbina za putničke brodove prikladna i zbog toga što ima potpuno miran hod i dobra manevarska svojstva. S obzirom na ukupnu ekonomičnost brodske pogona parna turbina može se takmičiti s dizel-motorom tek iznad snaga od 20 000 KS; brodovi tako velikih snaga većinom upotrebljavaju turbine.

Tankeri trebaju velike količine pare za grijanje tereta i za pranje tankova, pa je to razlog da se često primjenjuje para za glavni pogon, jer je tada čitavo postrojenje jednostavnije. Stoga

Tablica 6  
UOBIČAJENE SNAGE ZA BRODOVE

Tip broda	Tonaža, BRT	Brzina, čv	Snaga, KS
Brodovi za suhi teret i tankeri	500...1000	8...12	300...1200
Brodovi za suhi teret i tankeri	1000...5000	9...15	500...5000
Brodovi za suhi teret i tankeri	5000...10 000	12...16	3000...8000
Brodovi za suhi teret i tankeri	10 000...15 000	14...17	5000...10 000
Brodov. za suhi teret i tankeri	15 000...20 000	15...18	8000...16 000
Tankeri	20 000...30 000	15...18	10 000...19 000
Tankeri	30 000...50 000	15...18	15 000...26 000
Tankeri	preko 50 000	15...18	20 000...32 000
Veliki putnički brodovi	80 000	oko 25	160 000
Razarači	1500...3000 tona istisnine	34...37	40 000...70 000
Nosači aviona	85 000 tona istisnine	40	300 000

na modernim tankerima turbinski pogon prevladava već kod snaga iznad 15 000 KS. Tankeri snage 10 000...15 000 KS većinom imaju motorski pogon, ali zbog toga što im je potrebna para, a često i zbog drugih razloga (interesi nacionalne industrije, rokovi isporuke itd.) ponekad upotrebljavaju i turbine.

Novi teretni brodovi manje snage u velikoj su većini motorski jer dobre osobine parne turbine ne mogu kompenzirati znatno veću ekonomičnost dizel-motora. Na putničkim se brodovima katkada upotrebljava parna turbina i kad je potrebna snaga manja, ako se želi osobito miran hod pogonskog stroja. Dizel-motori kao glavni pogonski strojevi danas se upotrebljavaju od najmanjih snaga sve do 30 000 KS u jednoj jedinici.

Na trgovačkim brodovima *dizel-motor* dolazi u obzir za sve vrste teretnih brodova i svuda istiskuje parni pogon. Svoju široku primjenu dizel-motor zahvaljuje uglavnom ovim osobinama: brzo se stavlja u pogon pa je brod stalno pripravan da isplovi, što uvelike povećava sigurnost broda i tereta; potrošak goriva je malen u odnosu na druge pogone, što znatno povećava ekonomičnost broda.

Neki se nedostaci dizel-motora kao brodskog propulzijskog stroja u većini slučajeva mogu smanjiti ili kompenzirati drugim uređajima na brodu, kao što su različiti oblici prijenosa, spojki itd. Dizel-motor se može samo malo preoptereti, pa stoga nije osobito prikladan za brodove koji često nešto tegle ili guraju pred sobom, ako je direktno vezan za propellerskom osovinom, jer pri jačem kočenju osovine on se ugasi. Motorima s unutrašnjim izgaranjem može se poboljšati elastičnost s obzirom na promjene opterećenja ako se ugradi zupčani prijenos sa više brzina, a osobito se to lako može postići električkim prijenosom.

*Plinska turbina* nije našla širu primjenu kao propulzijski stroj trgovačkih brodova i do sada je izrađeno samo nekoliko pokusnih postrojenja. Plinska se turbina pokušava uvesti za pogon generatora struje s time da se izlazni plinovi turbine koriste u pomoćnom kotlu. Na ratnim brodovima, zbog mogućnosti velike koncentracije snage, dolazi u obzir kao dodatni glavni pogonski stroj za postizanje maksimalnih brzina većih jedinica i kao glavni pogonski stroj veoma brzih lakih jedinica kao što su torpedni čamci i slično. Širu primjenu plinska turbina ima u kombinaciji s generatorom plina na slobodne stapove (sistem Pescara), osobito za tegljače i slične brodove, za koje je plinska turbina (kao i parna), prikladna zbog dobrog srednjeg zakretnog momenta pri malom broju okretaja, kao i zbog razmjerno malog potroška i brze spremnosti za vožnju.

Pri izboru glavnog pogonskog stroja za trgovačke brodove redovno se treba odlučiti između parnog i dizelmotorskog pogona, jer dizel-motor kod manjih snaga konkurrira parnom stapnom stroju, a kod velikih snaga parnoj turbini.

**Ekonomska usporedba postrojenja.** Pri izboru glavnog pogonskog stroja treba usporediti ona svojstva cjelokupnog pogonskog postrojenja koja su odlučujuća za upotrebu na određenom tipu broda. Za konačnu je odluku najčešće mjerodavna ekonomičnost eksploatacije broda kao cjeline. Radi lakše provedbe ekonomskog proračuna navode se neki karakteristični podaci za motorska i parna postrojenja, pri čemu su uzeti kao osnov najčešće upotrebljavani tipovi motorskih i parnih strojeva.

**Težine postrojenja.** Težina  $T_d$  kompletnog dizelmotorskog postrojenja sa dvotaktnim jednoradnim dizel-motorom s križnom glavom, zajedno s pomoćnim strojevima i uređajima iznosi u megapondima:

$$T_d = \left[ 1,85 + 0,75 \left( \frac{P_s}{1000} \right) - 0,006 \left( \frac{P_s}{1000} \right)^2 \right] \cdot 100,$$

gdje je  $P_s$  snaga na osovini u KS.

Formula vrijedi za zavarenu konstrukciju dizel-motora. Težine livene konstrukcije dizel-motora od ~ 5000 KS su ~ 10% veće, a od 20 000 KS oko 20% veće. Težina  $T_t$  turbinskog postrojenja sa zupčanim prijenosom, zajedno sa svim pomoćnim strojevima i uređajima, iznosi u megapondima:

$$T_t = \left[ 3,2 + 0,54 \left( \frac{P_s}{1000} \right) - 0,005 \left( \frac{P_s}{1000} \right)^2 \right] \cdot 100.$$

Formula vrijedi za turbinska postrojenja evropske proizvodnje; američanska su postrojenja ~ 8% lakša.

Prosječne jedinične težine cijelih postrojenja (u kp/KS) za različite snage navedene su u tablici 7.

Tablica 7  
JEDINIČNE TEŽINE POSTROJENJA (u kp/KS)

Vrsta postrojenja	Snaga postrojenja $P_s$ , KS				
	5000	10 000	15 000	20 000	25 000
Dizel-motor sam (zavaren)	60	50	45	42	40
Postrojenje sa zavarenim dizel-motorom	105	87,5	78	72	68
Turbinsko postrojenje	114	81	67	60	54

Iz tablice se vidi da su turbinska postrojenja uglavnom lakša od dizelmotorskih, a razlika u težini je to veća što je veća snaga.

Jedinična težina modernih postrojenja s parnim stapnim strojevima i snagama između 1000 i 3000 KS<sub>1</sub> s cilindričnim kotlovima i niskim brojem okretaja (100...125) iznosi 200...180 kp/KS<sub>1</sub>, a sa vodocijevnim kotlovima i višim parametrima pare 140...100 kp/KS<sub>1</sub>.

Sam dizel-motor snage 1000...3000 KS s niskim brojem okretaja (~ 125 min<sup>-1</sup>) težak je 60...70 kp/KS, a cjelokupno postrojenje je teže za ~ 75% tj. ima težinu 105...125 kp/KS.

**Dimenzije strojarница.** Ne postoje opće formule za veličine strojarница dizelmotorskih i parnih postrojenja, jer veličina zavisi od niza faktora, kao što su: smještaj strojeva na različitim visinama, upotreba različitih pomoćnih strojeva, toplinska shema itd.

Općenito se može reći da je strojarница dizel-motora direktno vezanog na propellersku osovinu za ~ 20% duža od strojarnice turbine iste snage. To vrijedi uglavnom za snage veće od 10 000 KS. Pri manjim snagama se dužina za jedan i drugi pogon sve više izjednačuje, a u poređenju sa strojarnicom s parnim stapnim strojem malih snaga može strojarница dizel-motora biti i kraća. Manje, a osobito kraće strojarnice povećavaju raspoloživi prostor za teret i time ekonomičnost broda.

**Cijene postrojenja.** Cijene brodskih postrojenja najviše su zavisne od tipa propulzijskih strojeva, od cijene cijevnih vodova i od troškova radne snage za montažu cjelokupnog postrojenja. Cijene variraju iz godine u godinu te se mogu navesti samo približno i to za jednu određenu godinu, ali se ti podaci mogu lako korigirati za promijenjene prilike. U tablici 8 navedene su cijene postrojenja u godini 1964.

Tablica 8  
USPOREDBE JEDINIČNIH CIJENA (US \$/KS) DIZELMOTORSKIH I TURBINSKIH POSTROJENJA ZA RAZLIČITE OSOVIJSKE SNAGE PROPULZIJSKIH STROJEVA

Vrst postrojenja	Osovinska snaga, KS				
	5000	10 000	15 000	20 000	25 000
Dizel-motor sam	78	74	70	67	64
Dizelmotorsko postrojenje (evropsko)	120	106	97	93	89
Turbinsko postrojenje građeno u USA	200	135	110	100	90

Iz tablice 8 proizlazi da su cijene turbinskih postrojenja manjih snaga znatno više od cijena dizelmotorskih postrojenja i da se kod snaga od 25 000 KS cijene praktično izjednačuju.

Evropska turbinska postrojenja su za 10...20% jeftinija od američkih, tako da praktično između 10 000 i 20 000 KS nema razlike u cijenama jednih i drugih postrojenja, iako se cijene različitih proizvoda mogu razlikovati za 10%. Turbinsko postrojenje većih snaga građeno u Evropi postaje jeftinije od dizelmotorskog. Postrojenja s parnim stapnim strojevima su danas uglavnom skuplja od dizelmotorskih iste snage.

**Potrošak goriva.** Pri izračunavanju stvarnog potroška goriva brodskih pogonskih postrojenja uzima se u obzir potrošak goriva koji je potreban samo za pogonsko postrojenje, tj. za potrošak propulzijskih strojeva i svih pomoćnih strojeva tog postrojenja,

dok se potrošak goriva za brodske svrhe koji nije zavisen od snage propulzijskih strojeva ne uzima u račun.

Potrošak goriva cijelog postrojenja viši je za ~7% od potroška propulzijskog dizel-motora snage od 5000 KS i postepeno pada na 5% kod snage od 25 000 KS. U proračunu potroška goriva pretpostavljeno je da glavni dizel-motor radi s teškim uljem i da ima 3,5...4% otpada pri separaciji ulja. Za pogon dizel-generatora i za manevar glavnog motora (~3% vremena vožnje) uzima se dizel-ulje i preračunava se na odgovarajuću količinu teškog ulja.

Pri procjeni potroška goriva za brod u eksploataciji treba još uzeti u obzir da brod uglavnom ne vozi s punom snagom već samo sa ~80% snage. Potrošak goriva po KS, se u tom slučaju za dizel-motorsko postrojenje samo neznatno mijenja, a za turbinsko postrojenje povisuje se za ~6...7%. Potrošak se goriva dizelmotorskog postrojenja u eksploataciji s vremenom praktično ne mijenja, a potrošak goriva turbinskog postrojenja povisuje se skoro za 1% godišnje.

Potrošak ulja za podmazivanje iznosi za dizel-motor oko 1g/KSh, a za turbinsko postrojenje ~0,1 g/KSh. Troškovi ulja za podmazivanje dizel-motora iznose oko 1/10 troškova goriva računajući s cijenama specijalnih ulja za podmazivanje motora koji rade s teškim gorivom, dok su za turbinska postrojenja troškovi ulja za podmazivanje svega oko 1/150 troškova goriva.

Cijene se goriva i ulja za podmazivanje mijenjaju iz godine u godinu, a različita je cijena i u pojedinim državama. Zbog usporedbe navodi se srednja cijena goriva i ulja godine 1964:

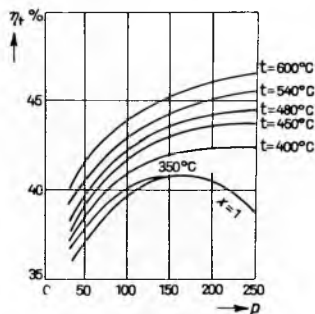
Bunker-C-ulje	17,5	dolara po toni
Dizel-ulje	28,5	dolara po toni
Jeftino ulje za podmazivanje	185	dolara po toni
Dobro ulje za podmazivanje	250	dolara po toni
Emulgirajuće specijalno ulje za podmazivanje dizel-motora	350	dolara po toni

Cijena dizel-ulja je prema tome ~1,6 puta viša od cijene teškog Bunker-C-ulja za loženje.

Troškovi goriva su jedan od najvećih troškova u eksploataciji brodova, a procentno su prema ostalim troškovima veći u zemljama s jeftinom radnom snagom. Odluka o izboru propulzijskog stroja mora se donijeti na osnovu detaljne analize eksploatacijskih troškova i pomnog prosuđivanja prednosti i nedostataka pojedinih tipova strojeva.

Danas su za sve tipove trgovačkih brodova već moguća rješenja s motorskim pogonom, koji je obično ekonomičniji, te će često odlučujuću riječ pri izboru imati i specifični uvjeti pojedinih zemalja, kao npr. mogućnost proizvodnje glavnih strojeva u zemlji, rok isporuke, zaposlenost određene grane industrije, nabavke rezervnih dijelova, raspoloživo stručno osoblje, plaće posade itd.

**Izbor parametara pare i toplinske sheme parnih postrojenja.** Termički stepen djelovanja parnog ciklusa raste s pritiskom i temperaturom pare (sl.1). Suprotno tome unutarnji stepen



Sl. 1. Zavisnost termičkog stupnja djelovanja parnog ciklusa od početnog pritiska pare na različitim početnim temperaturama

stepen djelovanja postrojenja od 20 000 KS opada za svakih 10 at povećanja pritiska za ~0,85%, a postrojenja od 80 000 KS za ~0,35%. S porastom temperature pare unutarnji stepen djelovanja doduše nešto poraste, ali je pozitivni utjecaj povišenja temperature na taj porast mnogo manji nego je negativni utjecaj povećanja pritiska.

Suprotno djelovanje povišenja parametara pare na termički i unutarnji stepen djelovanja i zavisnost tog djelovanja od snage postrojenja razlog je da se povišenjem pritiska iznad neke razumne granice od 30 at aps. može znatno povećati ekonomičnost postrojenja tek kad su snage velike i da visoki parametri pare pri malim snagama donose razmjerno malo poboljšanje. Visoki parametri pare poskupljuju pogonski uređaj, a smanjuju mu i sigurnost i trajnost.

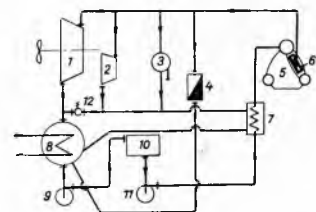
Zbog visokih temperatura nastaju veće poteškoće nego zbog visokih pritisaka pare. To se osobito ispoljava kod pregrijača pare kotlova kojima pri visokim temperaturama korodiraju cijevi. Ako se ne upotrebljava međustepeno pregrijavanje ili separacija vlage iz pare, primjena viših pritisaka na brodskim kondenzacijskim turbinama obično uslovljava i primjenu viših temperatura, kako vlažnost pare u posljednjim stepenima turbine ne bi bila veća od 10...12%. Moderna turbinska postrojenja trgovačkih brodova većinom imaju pogonski pritisak kotla 40...50 at i temperature pare od 450...480°C.

Za snage postrojenja od 15 000 KS povišenjem parametara pare npr. od 50 at i 470°C na 80 at i 510°C termički stupanj djelovanja se povisuje za ~3%, iz čega proizlazi da se pri većim snagama povišenjem parametara pare može još znatno sniziti potrošak goriva. Stoga je tendencija da se na postrojenjima velikih snaga još uvijek povisuju parametri pare, te se već grade brodske turbine s pritiskom pare od 60 at i temperaturama 500...525°C.

Za parne se stapne strojeve rjeđe upotrebljavaju visoki parametri pare jer time postrojenje postaje kompliciranije i zahtijeva pažljivije posluživanje, pa se gube prednosti tih postrojenja, iako se ekonomičnost povećava. Visoko pregrijana para u cilindrima nije poželjna zbog unutrašnjeg podmazivanja i naprežanja materijala, te se radije primjenjuju niže temperature u visokopritisnom cilindru i međustepeno pregrijavanje. Zato veći dio novijih brodova s parnim stapnim strojevima ima pritisak pare ispod 20 at i temperature pregrijanja ispod 450°C.

Na ekonomičnost parnih postrojenja znatno utječe izbor cjelokupne toplinske sheme. Uglavnom se primjenjuju dva osnovna principa: regeneracija topline ili s pomoću ispušne pare pomoćnih strojeva i uređaja ili s pomoću pare izuzete između stepena glavnog pogonskog stroja. Za parna postrojenja koja stalno rade pod različitim režimima opterećenja povoljnije je upotrebljavati regeneraciju topline s pomoću ispušne pare pomoćnih strojeva a ne s pomoću pare izuzete između stepena. Naime, promjenom opterećenja glavnog stroja mijenja se pritisak pare među stepenima, a time i temperatura zagrijanja napojne vode, što je nepovoljno jer je konstantna temperatura napojne vode neophodan uslov za pravilnu eksploataciju kotlova. Postrojenja koja uglavnom stalno

Sl. 2. Jednostepena toplinska shema s kondenzacijom cjelokupne ispušne pare u zagrijaču napojne vode. 1 glavna pogonska turbina, 2 generatori struje, 3 pumpe i ostali pomoćni strojevi na paru, 4 izmjenjivači topline napajani kotlovskom parom, 5 glavni kotlovi, 6 pregrijač pare, 7 zagrijač napojne vode, 8 glavni kondenzator, 9 pumpa kondenzata, 10 tank napojne vode, 11 napojna pumpa, 12 preklopitni ventil



rade pod istim režimom opterećenja mogu imati shemu sa izuzimanjem pare iz međustepena.

Za upotrebu ispušne pare pomoćnih strojeva i uređaja najjednostavnija je shema koja predviđa kondenzaciju cijele količine pare u zagrijačima, jer sva ispušna para ulazi u zajednički cijevni vod pri jednom te istom protupritisaku (sl. 2). Prednost je takve sheme što pri povišenom ispušnom pritisku pare sve pomoćne turbine rade s boljim unutarnjim stepenom djelovanja. Shema bez suviška ispušne pare može se rijetko primijeniti, jer količina pare iz pomoćnih strojeva i uređaja obično je veća nego što mogu kondenzirati zagrijači, naročito kad je opterećenje glavnog stroja

djelovanja turbine s porastom pritiska opada i to znatno brže kad je postrojenje manje nego kad je veliko. U području pritisaka od 30 do 100 at aps. i temperature pare 400...500°C unutarnji

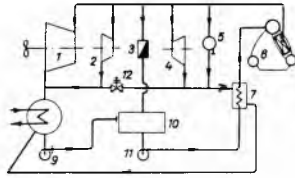


manje. Praktički bi se ova shema mogla izvesti samo ako bi svi pomoćni strojevi bili na električni pogon, a napajao bi ih strujom turbo-generator čija se ispušna para kondenzira u zagrijačima vode. Obično nije moguće kondenzirati svu ispušnu paru u zagrijačima, te se onda dobar dio pare mora pod razmjerno visokim pritiskom pustiti u kondenzator, što je neekonomično.

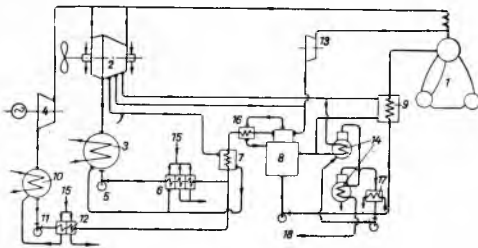
Bolja se ekonomičnost toplinskih shema može postići ovim mjerama: 1. Poboľšanjem stepena djelovanja pomoćnih strojeva, jer se tako smanjuje količina ispušne pare, a time i suvišak neiskorištene pare. — 2. Upotrebom ispušne pare ne samo za zagrijavanje napojne vode već i za druge opće brodske svrhe (npr. zagrijavanje prostora, isparivanje itd.), pa se para ne mora voditi u kondenzator. — 3. Odvajanjem jedne grupe pomoćnih strojeva konstruiranih za rad s kondenzatorskim protupritiskom, a samo ostatak ostaviti da radi s većim protupritiskom ispušne pare koja se zatim vodi u zagrijače. — 4. Vođenjem suviška ispušne ogrjevne pare u međustepen glavnog stroja.

Upotrebu samo jednog dijela ispušne pare pomoćnih strojeva za zagrijavanje napojne vode, dok drugi dio pomoćnih strojeva radi s kondenzatorskim protupritiskom, predviđa tzv. kombinirana shema. Ta shema ima nedostatak da jedna grupa strojeva mora biti blizu kondenzatora, jer ispušni vodovi zbog niskog pritiska

Sl. 3. Jednostepena kombinirana toplinska shema s kondenzacijom jednog dijela ispušne pare, dok drugi dio služi za zagrijavanje napojne vode. Pomoćni strojevi su priključeni na vodove ispušne pare ispred kondenzatora i ispred zagrijača napojne vode. 1 glavna pogonska turbina, 2 generatori struje, 3 izmjenjivači topline, 4 generator struje, 5 pumpe i ostali pomoćni strojevi na paru, 6 glavni kotlovi, 7 zagrijač napojne vode, 8 kondenzator, 9 kondenzatorska pumpa, 10 tank napojne vode, 11 napojna pumpa, 12 prekoprtni ventil koji regulira pritisak pare ispušnog voda



moraju imati velike dimenzije (sl. 3). Još je nepovoljnije voditi suvišak pare u međustepen glavnog stroja, iako ta mjera na prvi pogled izgleda logična i ekonomski potpuno opravdana. Može se naime dogoditi da se s promjenom opterećenja glavnog stroja povisi pritisak u međustepenu, što onemogućuje dovod pare pri predviđenom protupritisku, ili se para odvodi na suviše niski pritisak u međustepenu, a time se smanjuje ekonomičnost. Uzmimo li se u obzir ovi i slični pogonski nedostaci, ipak je bolje primijeniti kombiniranu shemu, s time da se u grupu pomoćnih strojeva koji rade s kondenzatorskim protupritiskom stavljaju samo turbogeneratori. Regeneracija topline s pomoću pare iz međustepena glavnog stroja, u slučajevima kad se trajno može očekivati jedno te isto opterećenje, svrsishodna je ako su svi pomoćni strojevi na električni pogon i ako turbogeneratori rade s kondenzatorskim protupritiskom. Teorijski je ekonomičnije izuzimati paru iz što više međustepena, ali se praktično danas izuzima obično iz tri, a pri visokim parametrima pare iz četiri međustepena, budući da veći broj previše komplicira postrojenje. Na sl. 4 prikazana je pojednostavnjena shema parnog postrojenja sa trostepenim



Sl. 4. Toplinska shema s trostepenim regenerativnim zagrijavanjem napojne vode. 1 kotao, 2 glavna turbina, 3 glavni kondenzator, 4 turbogenerator, 5 glavna kondenzatna pumpa, 6 glavni ejektor, 7 niskopritinski zagrijač napojne vode, 8 otplinivač, 9 visokopritinski zagrijač, 10 kondenzator turbogeneratora, 11 pomoćna kondenzatna pumpa, 12 pomoćni ejektor, 13 pomoćni strojevi na paru, 14 isparivač destilatora napojne vode, 15 dovod pare, 16 kondenzator odušne pare otplinivača, 17 kondenzator isparivača, 18 veza s tankom rezervne napojne vode

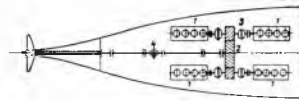
regenerativnim zagrijavanjem napojne vode s pomoću pare oduzete iz međustepena glavne turbine.

**Prijenos snage propulzijskih strojeva na propelersku osovinu.** Snaga se propulzijskih strojeva prenosi na propeler preko propelerske osovine. Optimalni broj okretaja propelera za određeni brod često je mnogo niži od optimalnog broja okretaja propulzijskih strojeva, a osobito turbina. U tom se slučaju upotrebljavaju prijenosi s redukcijom broja okretaja. Prema tome, prijenos snage može biti direktan, tj. srednji zakretni moment pogonskog stroja se direktno prenosi na propeler a da se pri tom njegova veličina ne mijenja, ili indirektan, pa se mijenja veličina srednjeg zakretnog momenta propulzijskog stroja.

**Direktni prijenos** može biti krut, ako je stroj vezan s osovinom s pomoću prirubnice ili krute spojke, ili elastičan, ako je vezan elastičnom spojkom. Osobito elastične su elektromagnetske i hidrauličke spojke. Direktni se prijenos upotrebljava najviše u slučaju pogona sporokretnim parnim stapnim strojevima ili motorima kojima je optimalni broj okretaja blizu optimalnog broja okretaja propelera. Stepent djelovanja osovinskog voda sa direktnim prijenosom je 0,98 do 0,99. Elastična spojka obično omogućuje da se iskopča propulzijski stroj od propelerske osovine, a na osovini stroja smanjuje udarce izazvane radom propelera. Elektromagnetske i hidrauličke spojke ublažuju buku, smanjuju nejednolikosti zakretnog momenta propulzijskog stroja, prigušuju torzijske vibracije osovinskog voda i olakšavaju reverziranje dizel-motora. Kad je spoj elastičan, tačnost montaže pojedinih elemenata osovinskog voda može biti manja. Nedostatak je hidrauličkih i elektromagnetskih spojki da kompliciraju i poskupljuju uređaj osovinskog voda i da su gubici energije veći nego kad je spoj krut.

**Indirektni prijenos** je potreban kad za pogon sporokretnog propelera s velikim zakretnim momentom služe brzokretni glavni strojevi. Za indirektni se prijenos skoro uvijek upotrebljava zupčani prijenos jer ima visok stepent djelovanja (0,97...0,99).

**Zupčani prijenos** upotrebljava se za redukciju broja okretaja turbina i brzohodnih motora s unutarnjim izgaranjem i za prijenos snage višemotorskih postrojenja. Višemotorska postrojenja (sl. 5) imaju veći broj manjih i jednakih dizel-motora koji su na reduktor obično priključeni hidrauličkom spojkom. Ovakav sistem pogona ima više prednosti. Pogon broda je pri djelomičnom opterećenju ekonomičniji jer se može isključiti jedan ili više



Sl. 5. Shema četveromotornog pogona broda s jednom osovinom i zupčanim prijenosom. 1 motori, 2 zupčani prijenos, 3 hidraulička spojka, 4 odzivni ležaj

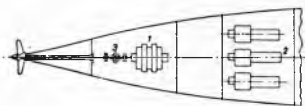
motora iz pogona. Manja je težina postrojenja i potrebna visina strojarne. Moguće je vršiti generalne opravke motora tako da se kompletni popravljivi motor ukrca mjesto onog koji se uzima u popravak, pa brod ne gubi vrijeme. Veća je sigurnost plovidbe jer ima više motora pa brod ne ostaje bez pogona ako se jedan oštećen motor isključi. Nedostatak je veća kompliciranost uređaja, veći potrošak goriva pri punom opterećenju, a potrebno je kvalitetnije i skuplje gorivo. Primjena višemotorskog pogona na jednoj osovini je tek u razvoju, pa njegova ukupna ekonomičnost u odnosu na jednomotorski pogon još nije praktički dokazana.

**Hidraulički transformator** služi za prijenos snage, redukciju broja okretaja na 2/5 do 1/5 i za promjenu smjera vrtnje propelerske osovine tako da dizel-motor ne mora biti preokretan. Dizel-motor s hidrauličkim transformatorom može raditi u vrlo širokom području opterećenja i stoga je prikladan za brodove čiji se režim plovidbe znatno i često mijenja kao i za brodove koji nešto tegle. Stepent djelovanja hidrauličkog transformatora je svega 0,85...0,90, tako da postrojenje s hidrauličkim transformatorom ima ekonomičnost za ~5% nižu nego zupčani prijenos s hidrauličkim spojka. Za sada se hidraulički transformator upotrebljava na brodovima prilično rijetko.

**Električni prijenos** omogućava primjenu jednog ili više brzokretnih turbo- ili dizel-generatora za proizvodnju istosmjerne ili izmjenične struje koja napaja jedan ili više sporokretnih propulzijskih elektromotora. Zbog pomanjkanja mehaničke veze mogu se odabrati optimalni brojevi okretaja propelera, glavnih pogonskih

strojeva i generatora. Prednosti električkog prijenosa jesu ove: glavni strojevi mogu biti brzokretni a energija od nekoliko strojeva služi za pogon jedne propelerske osovine; glavni pogonski strojevi mogu se smjestiti nezavisno od položaja osovinskog voda u prostoru koji najbolje odgovara za određeni tip broda; za vožnju krmom je na raspolaganju ista snaga kao za vožnju naprijed, a nepotrebni su uređaji za reverziranje pogonskih strojeva, što pojednostavnjuje konstrukciju motora s unutarnjim izgaranjem i produžuje period rada do glavnog popravka; poboljšavaju se manevarske osobine broda jer se lako i brzo daljinskim upravljanjem mogu mijenjati režimi rada postrojenja; pri kočenju propelera propulzijski elektromotor može razviti 2...3 puta veći zakretni moment od nominalnog, pa zahvaljujući tome dizel-motori s električkim prijenosom odgovaraju za sve vrste brodova koji moraju nešto tegliti ili gurati; električka energija koju proizvode glavni strojevi ujedno služi za sve brodske svrhe (dizalice i slično); smještajem energetskih strojeva u srednjem dijelu broda i propulzijskog elektromotora u krmenom dijelu broda skraćuje se osovinski vod (sl. 6); udarci i nejednolikosti ne prenose se na glavni stroj;

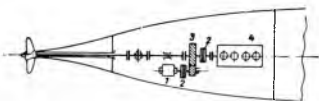
Sl. 6. Dizel-električki pogon s pogonskim elektromotorom u odvojenom krmenom prostoru. 1 pogonski elektromotor, 2 dizel-generatori, 3 odrivni ležaj



potrebno je manje zraka za upućivanje dizel-motora jer se oni mogu upućivati električki. Glavni nedostatak električkog prijenosa je loš stepen djelovanja: on za istosmjernu struju iznosi 85...90%, a za izmjeničnu struju 90...94%. Turboelektrička postrojenja teža su od turbinskih sa zupčanim prijenosom za 5...10%, a težina dizel-električkih postrojenja s brzokretnim dizel-generatorima može biti do 20% manja od dizel-postrojenja s direktnim prijenosom.

Cijena turboelektričkog postrojenja je za 10...20% viša od cijene turbinskog postrojenja sa zupčanim prijenosom, a cijena dizel-električkog obično je viša od cijene dizel-postrojenja s direktnim prijenosom, ili u najboljem slučaju jednaka njoj. Viša

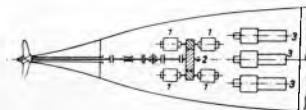
Sl. 7. Dodatni elektropogon. 1 pogonski elektromotor, 2 izvrstive spojke, 3 zupčani prijenos, 4 dizel-motor



cijena postrojenja s električkim prijenosom i veći potrošak goriva zbog lošijeg stepena djelovanja električkog prijenosa glavni su razlozi za to da je postrojenje s električkim prijenosom za sada ograničeno samo na specijalne brodove, kao npr. ledolomce, usisne bagere, trajekte itd. Motorni ribarski brodovi, brodovi za polaganje kabela i slični brodovi kojima električki prijenos odgovara zbog dobrih svojstava tegljenja često imaju dodatni električki pogon (sl. 7). Kad brod tegli, struju za dodatni elektromotor daju brodski dizel-generatori.

Nadalje je električki prijenos povoljan za postrojenja s plinskom turbinom jer omogućava vožnju krmom. Primjenjuje se također

Sl. 8. Dizel-električki pogon s kombiniranim električkim i mehaničkim prijenosom. 1 pogonski elektromotori, 2 zupčani prijenos, 3 dizel-generatori



svagdje gdje bi mehanički prijenos bio suviše kompliciran, pa se zato predviđa i za pogon brodova s podvodnim krilima. Postoji također kombinirani električki i zupčani prijenos koji omogućava pogon propelerske osovine s pomoću nekoliko brzokretnih laganih elektromotora (sl. 8).

Pri konačnoj odluci o načinu prijenosa snage treba imati u vidu da električki prijenos zahtijeva odgovarajuće specijalizirano i visokokvalificirano osoblje za nadzor i rukovanje električkim instalacijama, što također može utjecati na povećanje troškova pogona broda.

## Brodске strojarnice

Prema položaju na brodu razlikuju se tri vrste strojarnica: krmene, centralne i pramčane.

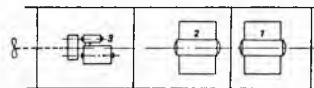
Ako je pogonsko postrojenje na krmu, osovinski vod je kratak, prostori za teret su smješteni jedan pokraj drugog, pogonsko postrojenje se nalazi u dijelu broda koji je manje prikladan za smještaj tereta, operacije ukrcavanja i iskrcavanja su lakše, manja je buka u stambenim prostorijama broda. Takav smještaj se najviše upotrebljava na tankerima, brodovima za rasuti teret i nekim specijalnim brodovima.

Strojarnica na krmu ne odgovara uvijek pravilnoj raspodjeli tereta i optimalnom opterećenju brodske konstrukcije, pa je stoga često treba smjestiti u sredini broda. Dužina osovinskog voda iznosi u tom slučaju nekoliko desetina metara. Centralno smještenu strojarnicu najčešće imaju brodovi za prijevoz suhog tereta, putnički brodovi i tegljači.

Pogonsko postrojenje na pramcu katkada imaju riječni tegljači da bi se izbjegla zatega broda (povećanje gaza na krmu) za vrijeme tegljenja.

Različiti tipovi brodova imaju različite strojarnice. Velika je razlika između strojarnica trgovačkih brodova i strojarnica ratnih brodova. Na trgovačkim brodovima se veličina strojarnice određuje vodeći računa, među ostalim, i o propisima o baždarenju, a na raspored strojeva utječu i propisi klasifikacionih društava; na ratnim brodovima nastoji se što više uštediti na prostoru i težini a istovremeno osigurati brodu što veću žilavost. Isto tako je velika razlika između strojarnica teretnih i putničkih brodova, jer su putnički brodovi obično viševijčani pa imaju više propelerskih osovina. Razlike postoje i između strojarnica na različitim

Sl. 9. Linijski smještaj parnog postrojenja. 1 kotao br. 1, 2 kotao br. 2, 3 parna turbina sa zupčanim prijenosom

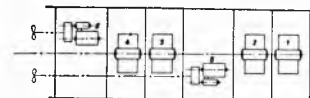


tipovima teretnih brodova, npr. između strojarnice na tankeru i strojarnice na brodu za prijevoz suhog tereta.

Brodске strojarnice se najviše razlikuju prema tipu pogonskog postrojenja, odn. glavnog pogonskog stroja, jer pogonsko postrojenje ima najveći utjecaj na veličinu strojarnice i na raspored strojeva. Prema vrsti pogonskog postrojenja postoje strojarnice s parnim postrojenjem i strojarnice s motorskim postrojenjem.

**Strojarnice s parnim postrojenjem.** Najjednostavnije su strojarnice s parnim stapnim strojevima, jer se obično radi o malim snagama, pa je i toplinska shema jednostavna. Strojarnice s parnim turbinama imaju ratni brodovi, veliki putnički brodovi

Sl. 10. Izmjenični smještaj parnog postrojenja. 1, 2, 3, 4 kotlovi, 5, 6 turbine sa zupčanim prijenosom

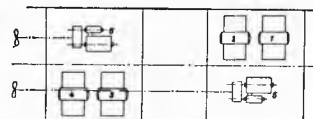


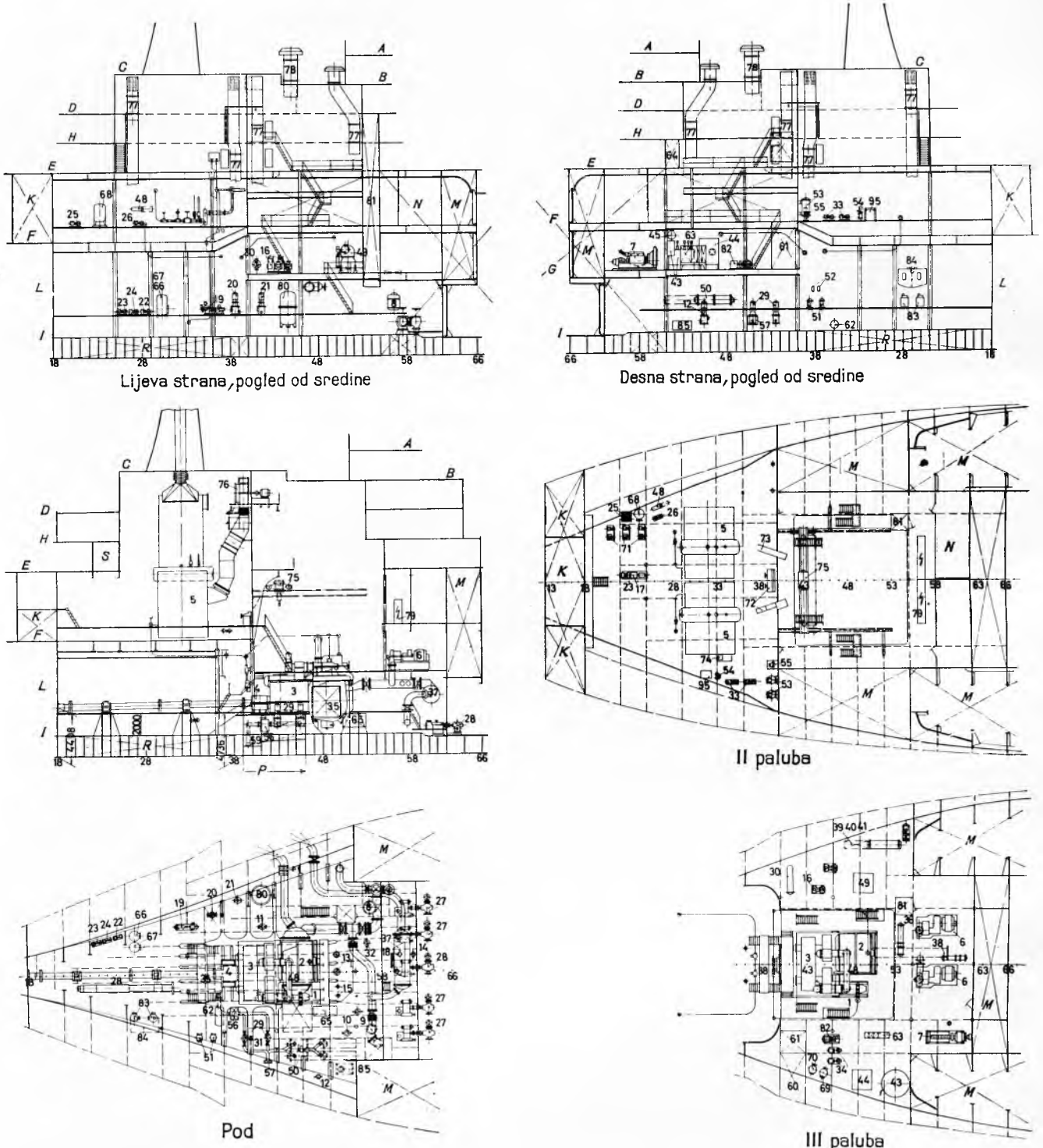
i veliki tankeri. Pogon propelerske osovine je redovito preko zupčanog prijenosa a samo u specijalnim slučajevima primjenjuje se turboelektrički prijenos.

Razmještaj parnog postrojenja na brodu može biti u pravcu, izmjeničan i paralelan. U pravcu je kad se, počevši od pramca, smještaju najprije kotlovi, pa turbine i na kraju zupčani prijenosi (sl. 9). Izmjeničan je raspored kad su na dvoosovinskom brodu, počevši od pramca, smješteni najprije kotlovi, zatim turbina sa prijenosom, pa opet kotlovi i na kraju krmena turbina. Izmjeničan raspored često imaju ratni brodovi radi postizanja veće žilavosti broda (sl. 10). Paralelan raspored je kad su na višeosovinskom brodu kotlovi smješteni paralelno s propulzijskim strojevima (sl. 11).

Strojevi i uređaji moraju biti pravilno raspoređeni s obzirom na pretegu broda. Prostor za strojeve mora biti lako pristupačan

Sl. 11. Paralelni smještaj parnog postrojenja. 1, 2, 3, 4 kotlovi, 5, 6 turbine sa zupčanim prijenosom





Sl. 12. Raspored strojeva u strojarnici parno-turbinskog tankera »Alnair« (56.000 t DW, brzina 15,75/17,25 čv, 13 000/19 000 KS,  $n = 94/102, 59,7$  at natpr.,  $468^{\circ}\text{C}$ , kondenzatorski pritisak  $0,517$  at aps.). 1 visokopritisna turbina, 2 niskopritisna turbina, 3 zupčani prijenos, 4 odrični ležaj, 5 kotlovi ( $2 \times 36/48$  t/h,  $H = 6,5$  m,  $n = 385$ ), 6 turbogeneratori ( $2 \times 700$  kW,  $\sim 450$  V), 7 dizel-generatori ( $1 \times 200$  kW,  $\sim 450$  V,  $n = 1200$ ), 8 glavna rashladna pumpa ( $4500$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 6,5$  m,  $n = 385$ ), 9 pomoćna rashladna pumpa ( $2400$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 6,5$  m,  $n = 700$ ), 10 pumpe morske vode za opću službu ( $2 \times 200$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 25$  m) i rashladivanje uređaja, 11 rashladna pumpa za klima-uređaj, 12 cirkulacijska pumpa uređaja za čišćenje inertnih plinova, 13 glavne kondenzatne pumpe (2), 14 pomoćna kondenzatna pumpa, 15 pumpe za pumpanje kondenzata u otplinjivač ( $2 \times 20$  m<sup>3</sup>/h), 16 glavne napojne pumpe ( $2 \times 65/120$  m<sup>3</sup>/h,  $74$  at natpr.), 17 rezervna napojna pumpa ( $1 \times 5$  m<sup>3</sup>/h,  $74$  at natpr.), 18 pomoćna kondenzatna pumpa, 19 »Butterworth« i požarna pumpa, 20 požarna pumpa, 21 kaljužna i balastna pumpa, 22 sanitarna pumpa, 23 pumpa slatke vode, 24 sanitarna i pumpa slatke vode, 25 pumpe za pitku vodu (2), 26 pumpa za toplu vodu, 27 turbo-pumpe za teret ( $4 \times 1360$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 100$  m,  $n = 1800$ ,  $725$  KS, para  $57$  at natpr.,  $370^{\circ}\text{C}$ , kondenzator  $0,15$  at aps.), 28 turbo-balastna pumpa ( $1000$  m<sup>3</sup>/h,  $H = 30$ ,  $n = 1800$ ,  $200$  KS, para  $57$  at natpr.,  $370^{\circ}\text{C}$ , kondenzator  $0,15$  at aps.), 29 glavne pumpe za podmazivanje (2), 30 visokopritisni zagrijač napojne vode, 31 ručna pumpa za podmazivanje, 32 pumpa za pretakanje ulja za loženje, 33 pumpe za loženje kotlova (2), 34 kompresori zraka regulacijskog uređaja (2), 35 glavni kondenzator ( $1700$  m<sup>2</sup>,  $0,0517$  at aps. pri  $24^{\circ}\text{C}$  rashladivanja), 36 glavni ejektor, 37 pomoćni kondenzator ( $360$  m<sup>2</sup>,  $0,15$  at aps.), 38 ejektor pomoćnog kondenzatora, 39 niskopritisni zagrijač napojne vode, 40 rashladnik kondenzata, 41 kondenzator odušne pare, 42 otplinjivač, 43 čistilac kondenzata od ulja, 44 tank za sakupljanje kondenzata, 45 rashladnik kondenzata, 46 manevarski ventil, 47 zagrijač vode za »Butterworth« pranje tankova i rashladnik kondenzata, 48 zagrijač slatke vode, 49 isparivač morske vode ( $60$  tona za  $24$  sata), 50 rashladnici ulja za podmazivanje (2), 51 purifikatori ulja za podmazivanje (2), 52 zagrijači purifikatora (2), 53 zagrijači ulja za loženje (2), 54 usisni filter ulja za loženje, 55 pritisni filter ulja za loženje, 56 usisni filter ulja za podmazivanje, 57 pritisni filter ulja za podmazivanje, 58 gravitacijski tank ulja za podmazivanje (2), 59 sabirni tank ulja za podmazivanje, 60 taložni tank ulja za podmazivanje, 61 tank za uskladištenje ulja za podmazivanje, 62 tank uljnog mulja, 63 skladišni tankovi različitih ulja za podmazivanje (4), 64 tank za uskladištenje dizel-ulja, 65 sabirni tank kondenzata, 66 hidrofor slatke vode, 67 hidrofor sanitarne vode, 68 hidrofor pitke vode, 69 posuda zraka kontrolnog uređaja, 70 posuda radnog zraka za alate, 71 kompresori za rashladni uređaj hrane (2), 72 ploča glavnih manometara, 73 kontrolna ploča kotla, 74 ploča za kontrolu napojne vode i kondenzata, 75 mosna dizalica, 76 ventilatori (3), 77 ventilacione dovodne cijevi (8), 78 odvodne cijevi ventilacije (2), 79 glavna razvodna ploča, 80 separator kaljužne vode, 81 lift strojarne, 82 kompresor radnog zraka, 83 ejektor otpadne vode, 84 tank otpadne vode, 85 tank kaljužne vode, A paluba kormilarnice, B paluba mosta, C paluba rova strojarnice, D paluba čamaca, E glavna paluba, F II paluba, G III paluba, H krmena paluba, I strop tankova, K tank slatke vode, L krmeni pik, M gorivo, N skladište, O radionica strojarnice, P sabirni tank ulja za podmazivanje, R kondenzat, S pojna voda

i što bolje iskorišćen, pa se stoga za smještaj upotrebljavaju također galerije i međupalube.

Na teretnim brodovima propulzijski strojevi i kotlovi s pripadajućim pomoćnim strojevima obično se nalaze u jednoj zajedničkoj strojarnici, a na ratnim brodovima nastoje se prostorije pogonskog postrojenja što više podijeliti, da bi se povećala žilavost broda. Na ratnim su brodovima kotlovi uvijek odijeljeni od propulzijskih strojeva, a pomoćni strojevi su obično smješteni u posebna odjeljenja. Na trgovačkim brodovima s kotlovima loženim ugljenom kotlovnice su uvijek u zasebnom prostoru. Također na velikim putničkim brodovima kotlovnica je obično odijeljena radi povoljnijeg rasporeda opterećenja.

Kotlovi moraju biti pristupačni sa svih strana, a Jugoslavenski registar brodova propisuje da ravnj zidovi kotlova i dimnih kanala moraju od pregrada ugljenarki, prostora za teret i spremišta tehničkih goriva biti udaljeni najmanje 460 milimetara, a od dvodna s gorivom najmanje 760 mm. Ako su kotlovi u odijeljenom prostoru, često su u kotlovskoj prostoriji smješteni i pomoćni strojevi i uređaji, kao npr. pumpe za prebacivanje goriva, požarne pumpe, pomoćni kotao itd.

Pri rasporedu opreme treba osobito paziti da je moguće demontirati poklopce i rotore turbina radi pregleda i remonta i da je moguće izmijeniti cijevi kondenzatora i drugih izmjenjivača topline. Kondenzator se zato postavlja poprečno na uzdužnu os broda.

Na sl. 12 prikazana je strojarnica turbinskog tankera „Alnair” 56 000 t nosivosti, brzine 15,75/17,25 čv, snage 14 000/19 000 KS pri 94/104 okretaja propelera na minutu. Para ima 59,7 at natpritisaka, a temperatura pregrijanja je 468 °C. Kotlovi imaju kapacitet 36/48 t/h, turbogeneratori 700 kW, 450 V rade sa svježom parom, i to jedan s kondenzatorskim pritiskom a drugi s protupritisakom od 1,7 at natpritisaka. Brod ima dva kondenzatora: glavni i pomoćni. Ima 4 glavne turbo-pumpe za teret, svaka kapaciteta 1360 m<sup>3</sup>/h pri visini tiskanja od 100 m. Snaga turbine za pogon pumpe iznosi 750 KS pri broju okretaja 180/min. Para za pumpe ima natpritisak od 57 at i temperaturu 370 °C. Kondenzatorski protupritisak iznosi 0,15 at aps.

**Strojarnice s motorskim postrojenjem.** Razmještaj strojeva u strojarnici s motorskim postrojenjem znatno se razlikuje prema tome da li postoji samo jedan dizel-motor s direktnim prijenosom ili više dizel-motora koji preko zupčanog prijenosa pokreću propelersku osovinu. U prvom slučaju strojarnica treba da ima veću visinu, a u drugom slučaju veću tlocrtnu površinu.

Pri projektiranju strojarnica dizelmotorskih postrojenja treba predvidjeti dovoljno mjesta iznad motora, a i uređaje za demontažu poklopaca i klipova zajedno s ojnica ili stapajicama. Na pramčanom kraju motora treba ostaviti najmanje 1,2·1,5 m mjesta za posluživanje i prolaz s jedne strane na drugu. Sa strana motora mora biti dovoljno prostora za skidanje poklopaca, tako da se mogu pregledati karter, osnovni ležaji i donji ležaji ojnica. Ako postoji zupčani prijenos, položaj motora je prema prijenosu fiksiran, a obično se na postolju prijenosa montira i glavni odzivni ležaj.

U slučaju dizel-električkog postrojenja nije smještaj glavnih dizel-generatora vezan za položaj propelerske osovine. U produženju propelerske osovine prema pramcu nalazi se propulzijski elektromotor ili zupčani reduktor, ako ima više propulzijskih elektromotora za pogon jedne osovine. Kad su dizel-generatori i propulzijski elektromotori smješteni u jednom prostoru, može se dužina strojarnice znatno smanjiti postavljanjem dizel-generatora iznad propelerske osovine. Takav se raspored može primijeniti ako se upotrebljavaju brzohodni dizel-generatori, pa su dimenzije i težine male. Ako se dizel-generatori nalaze u sredini broda, treba propulzijski elektromotor postaviti sasvim na krmu u prostor koji i onako ne odgovara za teret, jer se time skraćuje propelerska osovin.

Kod direktnog motorskog pogona obično su dizel-generatori električke centrale smješteni uzdužno uz bokove broda, blizu pramčane pregrade strojarnice. Dizel-generatori koji su istovremeno u pogonu postavljaju se s iste strane broda. Radi smanjenja buke u strojarnici često je električka centrala s brzohodnim dizel-motorima posebno odijeljena i zvučno izolirana, a mjesto

s kojeg se upravlja dizel-motorima električke centrale najbolje je smjestiti u prostoriju gdje je manja buka.

Osim dizel-generatora, najviše mjesta zauzimaju električki ili dizel-kompresori s bocama sa zrakom za upućivanje glavnih i pomoćnih motora. Kompresori se postavljaju u grupama uzduž jednog boka broda, a najmanje ih mora biti dva. Isto se tako u grupama postavljaju boce sa zrakom, obično vertikalno u pramčanom dijelu strojarnice ili uz jedan bok. Dobro je boce spustiti što niže ispod podnice strojarnice tako da glave boca vire iznad podnice toliko da su lako pristupačne radi posluživanja.

Pumpe različitih sistema cijevnih vodova postavljaju se u skladu s ostalim elementima sistema, tj. s izmjenjivačima topline, filterima itd. Uvijek je bolje da dužina usisnih vodova bude što manja, pa i kad se time povećava dužina pritisknih vodova.

Filtri za grubo čišćenje goriva, ulja za podmazivanje i vode mogu se smjestiti ispod podnice strojarnice, ali treba osigurati lagan pristup radi čišćenja. Često se filteri goriva i ulja učvršćuju na pregrade ili na bokove broda, što nije naročito povoljno ako se cijevni vod nalazi ispod podnice strojarnice.

Zagrijače goriva i rashladnike ulja za podmazivanje dobro je smjestiti na pregrade i na bokove, a ako su vertikalnog tipa, mogu se upustiti djelomično pod podnicu. Iznad njih treba da ostane dovoljno mjesta za skidanje poklopaca i izmjenu cijevi. Uređaj za separaciju goriva i ulja najbolje je postaviti sa strane upravljačkog mjesta za strojeve i ograditi ga pregradama da se ne zaprlja cijela podnica strojarnice.

Potrošni tankovi goriva i ulja za podmazivanje smještaju se na platforme i u okno strojarnice. Tankove za sakupljanje ulja za podmazivanje treba smjestiti ispod podnice strojarnice ili u pregrađena odjeljenja dvodna. Ekspanzijski se tankovi zatvorenog sistema hlađenja mogu smjestiti na jednoj od paluba iznad pogonskih strojeva kojima sistem služi.

Cijevne vodove većih promjera treba voditi tako da budu što kraći i da broj zavijutaka bude što manji. Cijevne vodove visokog pritiska ili cijevi koje provode vruće tvari treba polagati ispod palube, da bi se što lakše mogle nadzirati.

Ispušni vod glavnih i pomoćnih dizel-motora treba da ima blage zavijutke, ne smije smetati demontaži poklopaca cilindara dizel-motora, ne smije presijecati stazu mosne dizalice i treba da je dovoljno udaljen od električkih razvodnih ploča i tankova goriva.

Pomoćni kotao s uređajem obično se nalazi na ograđenoj platformi u krmenom dijelu strojarnice. Ispušne lonce glavnih i pomoćnih dizel-motora i kotlove grijane ispušnim plinovima najbolje je postaviti u dimnjak.

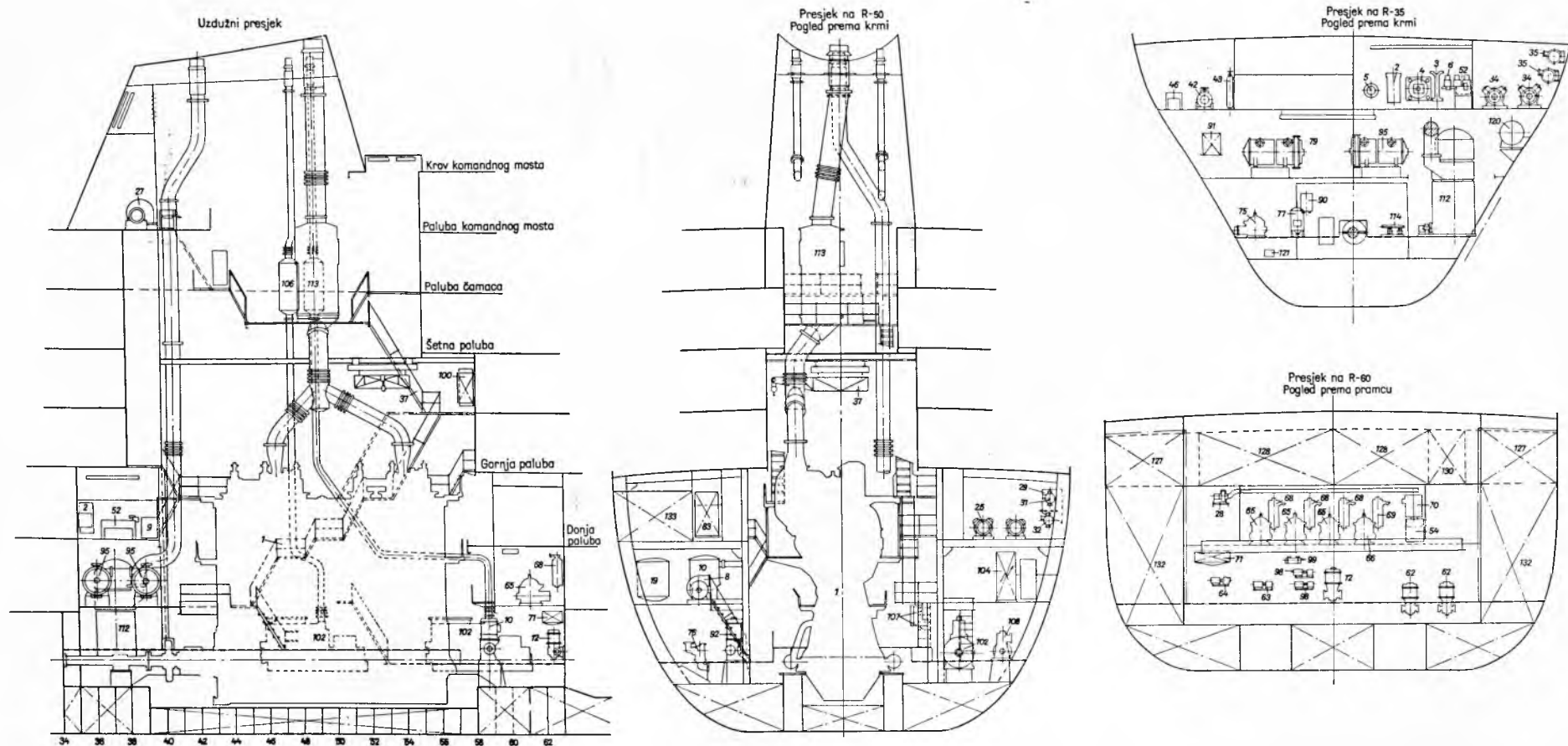
Sl. 13 (str. 340 i 341) prikazuje strojarnicu dizelmotorskog broda »Ljubljana« od 8740 t nosivosti s propulzijskim dizel-motorom firme Burmeister & Wain 674 VT 2 BF 160 od 9000 KS pri  $n = 115 \text{ min}^{-1}$ .

**Pomoćni strojevi i uređaji u strojarnici.** Pomoćni strojevi mogu biti pogonjeni direktno glavnim strojevima, mogu imati svoj zasebni parni pogon s parnim stapnim strojevima ili turbinama, ili su pogonjeni elektromotorima. Direktni motorni pogon pomoćnih strojeva je rijedak i primjenjuje se uglavnom samo za prijenosne pumpe za gašenje požara i za pumpe brodova za spasavanje.

Danas je tendencija da se za pogon pomoćnih strojeva upotrijebe elektromotori, jer su pojedinačni mali parni strojevi neekonomični, pa je jednostavnije, a često i ekonomičnije, imati jake agregate za proizvodnju struje i veći broj potrošača električke energije. Takvi jaki agregati zapremaju dobar dio strojarnice. Trgovački brodovi obično imaju 3 agregata, čija je ukupna snaga 10·15% snage propulzijskih strojeva na brodovima za suhi teret i na tankerima, a 18·20% na putničkim brodovima.

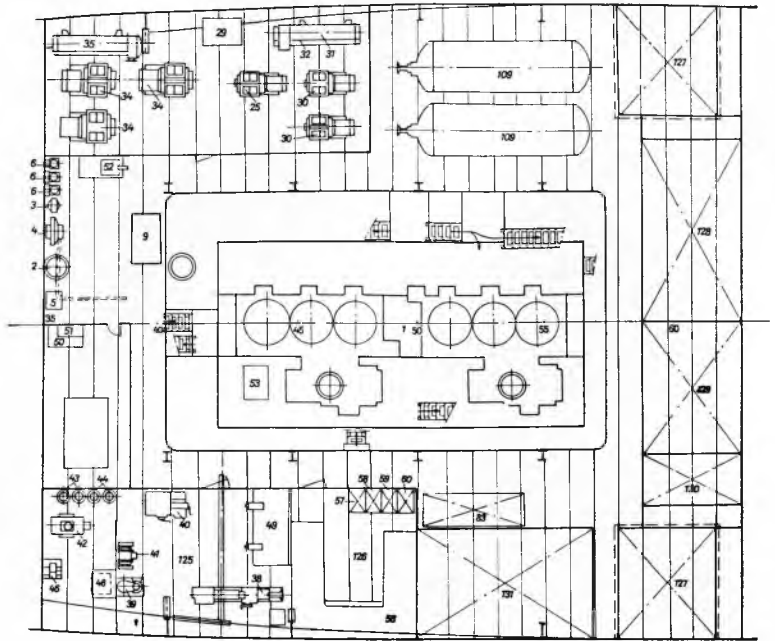
Osim propulzijskih strojeva i dinamo-agregata, u strojarnici se nalazi još nekoliko sistema s pripadajućim cijevnim vodovima i pomoćnim strojevima i uređajima. To su: sistem goriva, sistem ulja za podmazivanje, sistem komprimiranog zraka, rashladni sistem i sistem ispušnih plinova. Parna postrojenja imaju osim toga još sisteme svježje i ispušne pare, napojne sisteme, sistem voda zraka kotlovima i sistem odvodnjavanja.

Uz ove sisteme koji pripadaju pogonskom postrojenju, obično se u strojarnici nalaze još dijelovi brodskih sistema kao npr.

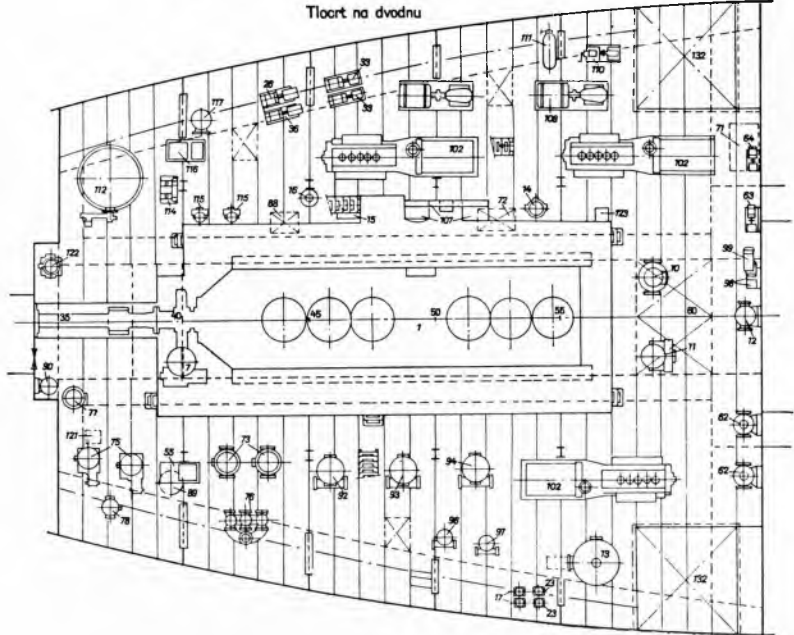


Sl. 13. Opći plan strojarnice (presjeci i tlocrti) motornog broda „Ljubljana“. 1 pogonski stroj B&W 674 VT2BF 160, 2 rezervna košuljica, 3 rezervna stapajica, 4 rezervna glava, 5 rezervni stap, 6 rezervni ispušni ventili, 7 uređaj za okretanje pogonskog stroja, 8 rezervno puhalo, 9 rezervni rotor turbo-puhala, 10 balastna električna pumpa 250 m<sup>3</sup>/h, 11 kaljužna električna pumpa 50 m<sup>3</sup>/h, 12 električna pumpa opće službe 85/55 m<sup>3</sup>/h, 13 separator kaljužne vode 50 m<sup>3</sup>/h, 14 protupožarna električna pumpa 80 m<sup>3</sup>/h, 15 sanduk s pijeskom, 16 aparat za gašenje požara, 17 električna pumpa slatke vode za hidrofor 8 m<sup>3</sup>/h, 18 parno-električni zagrijač slatke vode 2000 l/h, 19 hidrofor slatke vode ~ 1 m<sup>3</sup>, 20 cirkulacijska pumpa tople vode ~ 0,9 m<sup>3</sup>/h, 21 filter pitke vode, 22 klorinator pitke vode, 23 električna pumpa morske vode za hidrofor 8 m<sup>3</sup>/h, 24 hidrofor morske vode ~ 1 m<sup>3</sup>, 25 rashladni kompresor klima-uređaja, 26 električna rashladna pumpa klima-uređaja, 27 ventilator strojarnice 50 000 m<sup>3</sup>/h, 28 ventilator prostora separatora, 29 spremnik mazivnog ulja rashladnog kompresora ~ 800 l, 30 rashladni kompresor za živež, 31 kondenzator rashladnog medija za živež, 32 kondenzator klima-uređaja, 33 električna rashladna pumpa za živež, 34 rashladni kompresor hladenog tereta, 35 kondenzator hladenog tereta, 36 električna rashladna pumpa hladenog tereta, 37 dizalica pogonskog stroja 5 Mp, 38 tokarilica, 39 stupna bušilica, 40 univerzalna glodalica, 41 električni brus sa dvije ploče, 42 električni agregat za lučno zavarivanje, 43 boce kisika za autogeno zavarivanje, 44 boce dissous-plina, 45 kovačka vatra, 46 stol za zavarivanje, 47 nakovanj, 48 stol za alat, 49 radni stol sa dva škripa, 50 radni stol s jednim škripom, 51 ploča za ispitivanje električnih uređaja, 52 stol sa pumpom za ispitivanje ubrizgavanja, 53 stol za brušenje ventila, 54 stol za čišćenje tanjura separatora, 55 stol za čišćenje tanjura separatora, 56 police za inventar i rezervne dijelove, 57 sanduk za kućinu, 58 spremnik loja, 59 spremnik sode 200 l, 60 spremnik kemikalija, 61 spremnik petroleja 200 l, 62 električna transfer-pumpa goriva 30 m<sup>3</sup>/h, 63 električna cirkulacijska pumpa goriva 3 m<sup>3</sup>/h, 64 električna pumpa taloga separatora 0,6 m<sup>3</sup>/h, 65 separator teškog goriva, 66 separator dizel-goriva, 67 zagrijač goriva pogonskog stroja, 4 m<sup>3</sup>, 68 zagrijač teškog goriva za separator, 69 zagrijač dizel-goriva za separator, 70 zagrijač slatke vode za separatore, 71 sabirni spremnik separatora goriva 1 m<sup>3</sup>, 72 sabirni spremnik goriva pogonskog stroja 850 l, 73 električna pumpa mazivog ulja pogonskog stroja 250 m<sup>3</sup>/h, 74 električna pumpa turbo-ulja 3 m<sup>3</sup>/h, 75 separator mazivog ulja 2500 l/h, 76 filter mazivog ulja pogonskog stroja, 77 stream line filter, 78 zagrijač mazivog ulja za separator, 79 rashladnik mazivog ulja 180 m<sup>3</sup>, 80 rashladnik turbo-ulja 1,5 m<sup>3</sup>, 81 spremnik mazivog ulja pomoćnih strojeva 1,2 m<sup>3</sup>, 82 spremnik kompresorskog ulja 250 l, 83 spremnik cilindarskog ulja 8 m<sup>3</sup>, 84 spremnik turbo-ulja 1,5 m<sup>3</sup>, 85 sabirni spremnik turbo-ulja 0,9 m<sup>3</sup>, 86 gravitacijski spremnik turbo-ulja 650 l, 87 gravitacijski spremnik cilindarskog ulja 200 l, 88 sabirni spremnik ulja pogonskog stroja 250 l, 89 sabirni spremnik filtra ulja 140 l, 90 evaporator trikloretilena, 91 spremnik trikloretilena 250 l,

Tlocrt na gornjoj platformi

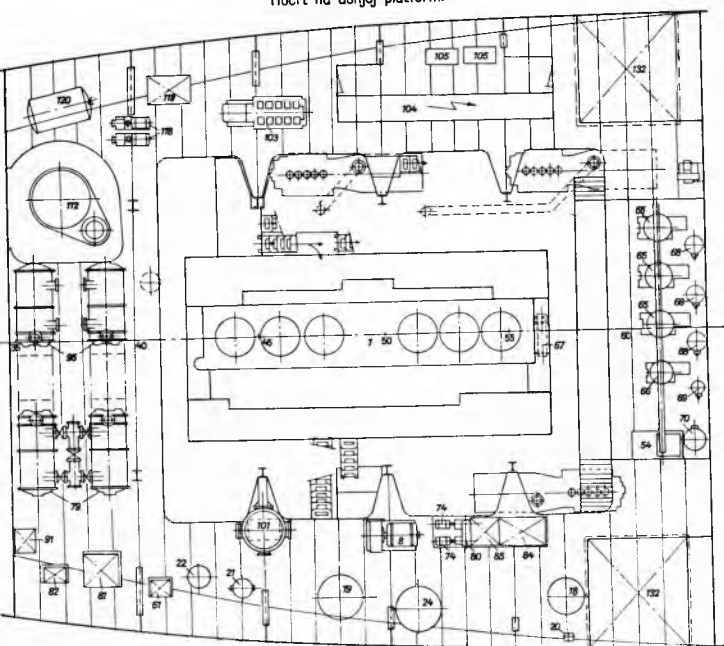


Tlocrt na dvodnu



92 rashladna električka pumpa morske vode pogonskog stroja 290 m<sup>3</sup>/h, 93 rashladna električka pumpa slatke vode pogonskog stroja 290 m<sup>3</sup>/h, 94 rezervna rashladna električka pumpa pogonskog stroja 290 m<sup>3</sup>/h, 95 rashladnik slatke vode 180 m<sup>3</sup>, 96 rashladna električka pumpa morske vode pomoćnih strojeva 35 m<sup>3</sup>/h, 97 rashladna električka pumpa slatke vode pomoćnih strojeva 35 m<sup>3</sup>/h, 98 električka rashladna pumpa dizel-goriva pogonskog stroja 3 m<sup>3</sup>/h, 99 rashladnik dizel-goriva, 4,4 m<sup>3</sup>, 100 ekspanzijski spremnik rashladne slatke vode 800 l, 101 generator slatke vode 15 m<sup>3</sup>/24 h, 102 dizel-generator 375 kVA, 103 lučki dizel-generator 150 KWA, 104 razvodna ploča, 105 transformator, 106 prigušivač zvuka pomoćnih motora, 107 kontrolna stanica, 108 elektrokompresor 175 m<sup>3</sup>/h kod 25 kp/cm<sup>2</sup>, 109 spremnik zraka pogonskog stroja 9 m<sup>3</sup>, 110 pomoćni dizel-kompresor 12,5 m<sup>3</sup>/h, 111 spremnik zraka pomoćnih strojeva 125 l, 112 pomoćni parni kotao ložen naftom 1600 kg/h, 113 utilizacijski kotao 1600 kg/h, 114 uređaj za loženje kotla, 115 napojna električka pumpa 7 m<sup>3</sup>/h, 116 mlaki zdenac, 117 kontrolna posuda, 118 električka cirkulacijska pumpa 30 m<sup>3</sup>/h, 119 spremnik kotlovsog goriva 4 m<sup>3</sup>, 120 spremnik pare, 121 sabirni tank ulja iz purifikatora, 122 električka pumpa tekućeg tereta, 100 m<sup>3</sup>/h, 123 bunar rashladne vode, 125 mehanička radionica, 126 spremište strojarnice, 127 dnevni tank teškog goriva pogonskog motora, 128 skladišni tank dizel-goriva, 129 dnevni tank dizel-goriva glavnog motora, 130 dnevni tank dizel-goriva pomoćnih motora, 131 skladišni tank mazivog ulja, 132 taložni tank teškog goriva, 133 skladišni tank mazivog ulja

Tlocrt na donjoj platformi



drenažnog i vatrogasnog, vode za ispiranje, slatke vode i uređaja za grijanje.

Parni vodovi, napojni sistem sa zagrijačima i otplinjačima, sistem odvodnjavanja, a djelomično i rashladni sistem, čine na parnim brodovima toplinski kružni tok. Od sheme tog kružnog toka mnogo zavisi ekonomičnost projektiranog parnog postrojenja.

Sve su strojarnice opremljene priručnim radionicama. Veličina i opremljenost tih radionica zavisi od veličine i tipa broda. Obično su te radionice opremljene univerzalnim tipovima alatnih strojeva.

**Postavljanje strojeva i uređaja u strojarnicama.** Strojevi i uređaji moraju biti postavljeni tako da su lako pristupačni i da se lako mogu nadzirati i popravljati. Između strojeva i uređaja treba ostaviti dovoljno površine za odlaganje dijelova prilikom demontaže i popravka stroja. Strojevi moraju biti potpuno stabilni pri lujanju i posrtanju broda, pa je potrebno da budu osobito dobro pričvršćeni o fundament ili pregradu. Pokretni dijelovi moraju biti snabdjeveni zaštitnim uređajima, a vrući dijelovi moraju biti dobro izolirani ili nepristupačni, da se otkloni svaka opasnost od ozljeda. Vrući cijevni vodovi moraju se voditi na propisanoj udaljenosti od tankova za gorivo. Ta je udaljenost određena pravilima klasifikacionih društava. Aparati, ventili i sl. moraju biti razmješteni tako da se njima može baratati i pri najvišim temperaturama prostorije. Uređaji osobito važni za sigurnost broda moraju se dati otvarati i zatvarati sa palube, a ventili i zasuni koji se nalaze ispod podnica sa platforme podnice. Strojarnice moraju imati naprave za demontažu težih dijelova strojeva ili stalno montirane dizalice. Raspored različitih pomoćnih strojeva treba da je pregledan i funkcionalan, da bi se što više uštedilo na dužini cijevnih vodova i prostora. Taj zahtjev često onemogućava lagan pristup strojevima, pa treba naći kompromisno rješenje.

Veći propulzijski strojevi obično su učvršćeni na fundament kruto, tj. bez elastičnih podložaka. Prednost je takvog učvršćenja da osovina ostaje praktično uvijek u istom položaju i lako ju je vezati za osovinski vod. Nedostatak je da se vibracije stroja prenose na fundament i brodski trup. Manji se brzohodni motori stoga često postavljaju na elastične podloge (gumu s metalom), ali u tom slučaju spojka između motora i osovinskog voda mora također biti elastična. Najčešće se u tu svrhu upotrebljavaju gumene elastične spojke. Znatno je lakše elastično učvrstiti brzohodne pomoćne strojeve, jer ih ne treba vezati za osovinski vod. Nedostatak elastičnog učvršćenja je u tome što svi cijevni vodovi moraju biti priključeni na strojeve pomoću savitljivih cijevi. Osobitu važnost ima elastično temeljenje na ratnim brodovima, radi smanjenja buke i radi veće otpornosti pogona protiv djelovanja šokova prouzrokovanih eksplozijama.

### Sistemi brodskih pogonskih postrojenja

**Napojni sistem.** Za napajanje kotlova upotrebljava se na brodovima kondenzat pare glavnih i pomoćnih strojeva, kondenzat pare za grijanje izmjenjivača topline, parnog grijanja i drugih uređaja postrojenja. Zbog odmuljivanja kotlova i drugih gubitaka, količina kondenzata uvijek je manja od količine vode koju treba dodavati kotlovima. Na morskim brodovima pri normalnom opterećenju količina je kondenzata 95...97% količine vode za napajanje kotlova, što znači da kotlovima treba stalno dodavati 3...5% svježije vode. Na morskim se brodovima ovaj dodatak vode dobiva destilacijom morske vode ili vode iz posebnih tankova, a na riječnim se brodovima upotrebljava vanbrodska voda ako kvalitet odgovara za napajanje kotlova. Na brodovima s postrojenjima velikih snaga, gdje ušteda na težini broda ima veliko značenje, uzima se za destiliranje morska voda, a na brodovima malih snaga, gdje uštede na težini nisu tako važne za opću ekonomičnost broda, uzima se napojna voda iz tankova. U posljednjem slučaju mora brod ukratiti potrebnu količinu slatke vode za jednu vožnju i nositi je sobom u tanku. Na starijim brodovima se ovakva voda direktno bez destilacije dodaje vodi za napajanje kotlova.

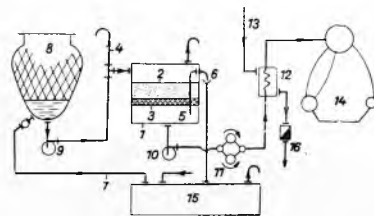
Pripremanje dodatne vode za napajanje modernih kotlova sastoji se od ovih operacija: prgotovljavanje destilata, čišćenje od mehaničkih primjesa, omekšavanje i otplinjivanje.

Destilat se dobiva u specijalnom postrojenju za destilaciju. Od mehaničkih primjesa, osobito od ulja, čisti se voda filtracijom.

Voda se omekšava, tj. čisti od otopljenih soli, kemijskim postupkom i s pomoću filtera s izmjenjivačima iona. Dodana voda otplinjuje se zajedno s kondenziranom vodom u posebnom termomehaničkom otplinjivaču prije ulaska napojne vode u kotao. Do izvjesnog stepena se otplinjivanje već izvrši u kondenzatoru. Termomehanički otplinjivač je u suštini izmjenjivač topline u kojem se napojna voda miješa s parom i zagrijava do temperature ključanja, pri čemu se plinovi izlučuju i odvođe, a voda se sabire u zatvorenoj cisterni bez pristupa zraka.

Otplinjivači mogu se podijeliti na vakuumske (s pritiskom manjim od 1 at aps.), atmosferske s pritiskom nešto višim od atmosferskog (1,05...1,3 at aps.) i otplinjivače s povišenim pritiskom (1,5...2 at aps). Otplinjivači čine dio kružnog sistema napajanja. Principijelno se kružni sistemi napajanja kotlova dijele na otvorene i zatvorene.

**Otvoreni sistem napajanja** uglavnom se primjenjuje za postrojenja s parnim stepnim strojevima (sl. 14), a jedan od glavnih elemenata tog sistema je otvoreni tank tople vode, tzv. topli tank (engl. »hot well«), koji akumulira napojnu vodu na njezinom putu od kondenzatora do kotla. Ova je akumulacija potrebna da bi se stvorili stabilniji uvjeti za rad napojne pumpe i neprekidno napajanje kotla pri svim režimima vožnje. Kondenzat zajedno s nešto zraka crpe kondenzatna pumpa iz kondenzatora, a zrak se odvaja prije ulaza u topli tank. Dodatna napojna voda uzima se iz tanka napojne vode i dodaje u kondenzator. U toplom tanku kondenzat intenzivno upija zrak tako da je sadržaj kisika u vodi velik, pa se ta voda može upotrijebiti samo za kotlove niskog pritiska od 15...16 kp/cm<sup>2</sup> natpritiska.



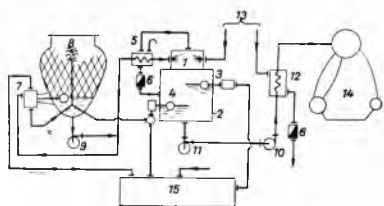
Sl. 14. Shema otvorenog sistema napajanja kotlova. 1 topli tank (zdenac), 2 filter s koksom, 3 spužvasti filter, 4 odušne cijevi, 5 preljevna cijev, 6 preljev, 7 cijevni vod (zamjena za gubitke), 8 glavni kondenzator, 9 glavna kondenzatna pumpa, 10 glavna napojna pumpa, 11 filter, 12 zagrijač napojne vode, 13 para za grijanje, 14 kotao, 15 rezervni tank napojne vode, 16 odvodnjavanje

Niski se sadržaj kisika u napojnoj vodi može postići *zatvorenim sistemom napajanja*, koji se upotrebljava za turbinska postrojenja. Zatvoreni sistem napajanja može biti jednostavan, s otplinjivanjem samo u kondenzatoru, ili s otplinjivanjem u posebnom otplinjivaču. Karakteristično je za obje vrste zatvorenog sistema da nemaju toplog tanka. Kondenzatna pumpa otprema vodu ili izravno u usisni vod napojne pumpe ili u otplinjivač ispod kojeg se skuplja voda u regulacijskoj cisterni, odakle je uzima napojna pumpa. Zrak se iz kondenzatora evakuira s pomoću ejektora za zrak. Principijelno mora zatvoreni sistem napajanja biti takav da se uopće ne dopusti pristup zraka kondenzatu, odnosno otplinjenoj napojnoj vodi. S otplinjivanjem samo u kondenzatoru može se postići sadržaj kisika u napojnoj vodi od 0,1...0,2 mg/l, a za kotlove s visokim parametrima smije biti 0,02 do najviše 0,05 mg/l. Za takve se kotlove upotrebljava zatvoreni sistem napajanja s otplinjivačem (sl. 15).

U zatvorenom sistemu kondenzatna pumpa tiska kondenzat u otplinjivač preko jednog posebnog kondenzatora odušne pare u kojem se kondenzat zagrije, a zatim odlazi u otplinjivač. U otplinjivaču se voda dalje zagrijava s pomoću pare dovedene iz voda ispušne pare pomoćnih strojeva ili iz jednog stepena turbine. Iz ugrijane vode izlučuje se zrak i zajedno s odušnom parom odlazi u kondenzator odušne pare, a zatim u atmosferu. Otplinjena voda skuplja se u regulacijskom tanku ispod otplinjivača. Vodu iz regulacijskog tanka crpe napojna pumpa direktno ili posredstvom jedne pumpe za povišenje pritiska (buster-pumpa) i tiska preko jednog ili više zagrijača napojne vode u



kotao. Buster-pumpa je katkada potrebna da bi se izbjegla kavitacija napojne pumpe. Suvišna voda iz regulacijskog tanka odlazi u tank dodatne vode. Na kondenzatoru se nalazi regula-



Sl. 15. Shema zatvorenog sistema napajanja s otplinjivačem. 1 otplinjivač, 2 regulacijski tank, 3 regulator gornje razine, 4 regulator donje razine, 5 kondenzator odušne pare, 6 odvodnjavanje, 7 regulator nivoa kondenzata, 8 glavni kondenzator, 9 glavna kondenzatna pumpa, 10 glavna napojna pumpa, 11 buster-pumpa, 12 zagrijač napojne vode, 13 para za grijanje, 14 kotao, 15 tank dodatne napojne vode

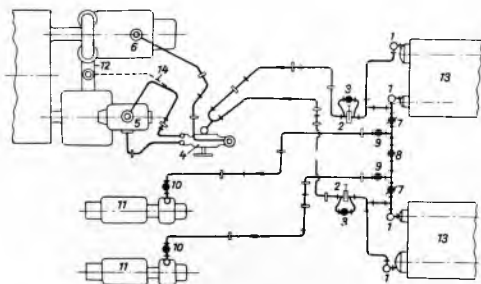
tor nivoa kondenzata, koji drži nivo kondenzata na određenoj visini crpeći potrebnu dodatnu vodu iz tanka napojne vode ili vraćajući suvišak kondenzata u taj tank. Na taj se način kompenziraju gubici kondenzata i nejednolikosti u radu pomoćnih strojeva ovog sistema i njegovih regulacijskih uređaja.

Regulacijski tank ispod otplinjivača ima regulator gornje i regulator donje razine. Kad voda dosegne gornju razinu, otpušta se suvišak vode u tank dodatne vode, a kad nivo vode padne ispod dopuštene granice, voda se dodaje. Regulacijski tank treba da osigura neprekidnu dobavu vode napojnoj ili buster-pumpi pri promjenljivim režimima vožnje. Regulacijski tank i tank dodatne vode u pogonskim su uvjetima uzajamno vezani, pa o tome treba voditi računa pri određivanju njihovih volumena.

Zagrijavanje napojne vode izvan kotla obično počinje u ejektorima glavnog kondenzatora kojima napojna voda služi kao rashladni medij. Za ostale zagrijače uzima se ispušna para pomoćnih strojeva, para iz međustepena glavnih turbina, a za posljednje zagrijavanje katkada i para iz kotla.

**Parni cijevni sistem.** Parni se cijevni sistem dijeli u glavni parovod, pomoćni parovod i ispušni parovod. Svaki parovod mora odgovarati ovim osnovnim zahtjevima: da je siguran u pogonu, da ima što manje gubitaka energije pare koja njima proturuje, da ima sigurnu kompenzaciju toplinskog rastezanja, da je nepropustan u spojevima i da je dovoljno trajan.

U *glavnom parovodu* struji svježa para od kotlova do glavnih pogonskih strojeva, a katkada i do drugih potrošača koji su u pogonu za vrijeme plovidbe broda. Sheme glavnih parovoda su vrlo različite i zavise od tipa broda, smještaja glavnih propulzijskih strojeva i taktičko-tehničkih zadataka koji se moraju ispuniti.



Sl. 16. Principijelna shema glavnog parovoda turbinskog postrojenja. 1 glavni parni ventil kotla, 2 glavni zasun parovoda, 3 mimohodni ventil, 4 manevarski uređaj, 5 visokopritisna turbina, 6 niskopritisna turbina, 7 razdvojni ventili, 8 pregradni ventil, 9 priključni ventili turbogeneratora, 10 ulazni ventili u turbogenerator, 11 turbogenerator, 12 spremnik između turbine visokog i niskog pritiska, 13 kotao, 14 priključni vod svježe pare na spremnik

Obično se glavni parovod polaže pri vrhu strojarnice, odnosno kotlovnice, jer toplina tako najmanje smeta osoblju strojarnice. Parovod je obično elastično obješen. Za kompenzaciju toplinskog rastezanja mogu služiti zavoji koje zahtijeva sama konfigu-

racija cijevnog voda, a koja uslovljava njegovu vlastitu kompenzacijsku sposobnost. Ako ta sposobnost nije dovoljna, moraju se u shemu cijevnog voda uključiti elastični elementi, tzv. kompenzatori. Kompenzatori mogu biti cijevi savijene u obliku slova U ili lire, valovite cijevi i kompenzatori s brtvenicom.

Kao zaporni organi parnih vodova do 100 mm promjera služe ventili, a preko 125 mm zasuni. Svaki zaporni organ mora biti kadar da otvori i zatvori jedan sam čovjek; ako je potrebno, moraju se predvidjeti rasterećenja ili drugi uređaji da bi se to omogućilo. Mora postojati mogućnost da se priključni ventili na kotlovima, koji spajaju kotao s parovodom, otvore i zatvore i s palube. Da bi se parovod mogao predgrijati bez otvaranja glavnih ventila, stavljaju se uz te ventile, ako im je promjer veći od 150 mm, obično još manji mimohodni ventili.

Glavni parovod ima nagib od najmanje 6% u smjeru strujanja pare, kako bi se s pomoću posebnog sistema odvodnjavanja mogao odstraniti kondenzat koji se u parovodu skuplja za vrijeme zagrijavanja.

Na slici 16 prikazana je shema glavnog parovoda turbinskog postrojenja s jednom osovinom i kotlovima smještenim u strojarnici. Prema toj shemi svaki turbogenerator može dobiti paru iz jednog ili drugog kotla preko pregradnog ventila između priključaka kotlova na parovod. Glavni stroj je preko manevarskog ventila priključen na dvije grane parovoda, tako da je uvijek moguće jedan kotao isključiti iz pogona.

*Pomoćni parovod* dovodi svježu paru pomoćnim strojevima i uređajima. Pojedini elementi pomoćnog postrojenja rade sa pregrijanom, ohlađenom ili zasićenom parom, ili sa parom koja se uzima iz međustepena glavnih turbina. Turbogeneratori i pomoćni strojevi s turbinskim pogonom obično rade s pregrijanom parom.

Zasićena i ohlađena para upotrebljava se za izmjenjivače topline i za pomoćne strojeve s parnim stepnim strojevima (npr. za pumpe za iskrcavanje nafte), jer poboljšava unutarnje podmazivanje tih strojeva. Uvijek kad se istodobno radi s pregrijanom i sa zasićenom parom treba paziti da cijevi kotlovske pregrijača ne pregore zbog premalog protoka pare.

Para iz međustepena glavnih turbina služi za zagrijavanje napojne vode i drugih izmjenjivača topline, za zagrijavanje isparivača, destilatora itd. Rijetko se takva para uzima za pogon turbogeneratora i napojnih pumpi.

Ako se upotrebljava pregrijana para, obično je u svakom odjeljenju strojarnice pomoćni parovod vezan preko spojne cijevi za glavni parovod, a u kotlovskom prostoru s ventilima za pomoćnu paru na pregrijačima. Pomoćni parovod često ima zaporne ventile na vodonepropusnim pregradama, pa se dijelovi parovoda mogu isključiti, čime se povećava sigurnost pogona. Pomoćni parovod sa zasićenom ili ohlađenom parom ne spaja se s glavnim parovodom, pa se radi sigurnosti obično polažu dva pomoćna parovoda na suprotnim bokovima broda. U slučaju da za pomoćne strojeve i uređaje postoji pomoćni parovod za pregrijanu i pomoćni parovod za ohlađenu ili zasićenu paru, predviđa se u svakom odjeljenju među njima spoj s nepovratnim ventilom, tako da zasićena para može ući u vod pregrijane, ali ne obrnuto.

Ako su kotlovi i strojevi smješteni u jednom prostoru, pomoćni strojevi dobivaju pregrijanu paru neposredno iz kotlova ili iz glavnog parovoda, a zasićenu paru iz specijalnog voda za zasićenu paru. Pomoćni je parovod uvijek spojen i s pomoćnim kotlom, jer mnogi pomoćni strojevi i uređaji rade i za vrijeme boravka broda u luci.

Na pomoćnom parovodu moraju postojati odvojci za paru potrebnu u različite svrhe na brodu, kao što su grijanje, pranje, kuhinje, kupatila, zviždaljka i sirena, gašenje požara parom, zagrijavanje goriva i ulja, otpuhivanje čade s kotlovnih cijevi itd.

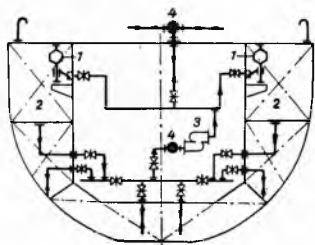
*Cijevni vod ispušne pare* odvodi paru pomoćnih strojeva u glavne ili pomoćne kondenzatore i u izmjenjivače topline. U cijevne vodove ispušne pare ubrajaju se i cijevi za odvod pare iz ventila sigurnosti. Ispušna para pomoćnih strojeva koji rade povremeno odvodi se u pomoćni kondenzator priključen na ispušni cijevni vod pomoću ventila opterećenog oprugom. Ispušna para pomoćnih strojeva pritiska većeg od atmosferskog iskorišćuje se za regenerativno zagrijavanje napojne vode. Višak se takve pare može iskoristiti u jednom od nižih stepena glavnih

turbina, u isparivačima ili za zagrijavanje napojne vode u otplinjivačima i tankovima. Ispušna para turbogeneratorske može se odvoditi u vlastiti ili u glavni kondenzator. U posljednjem slučaju može priključak na glavni kondenzator biti direktan ili posredstvom općeg ispušnog cijevnog voda.

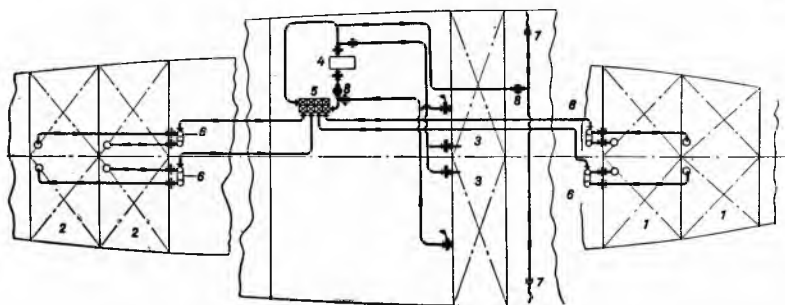
Svaki se pomoćni stroj priključuje na cijevni vod ispušne pare preko dva ventila, da bi se strojevi mogli popravljati bez opasnosti da para negdje propušta. Korisno je ispušnu paru jednog odjeljka najprije voditi u jednu ili više komora, a tek zatim u glavni cijevni vod ispušne pare. Rastezanja ispušnih cijevnih vodova kompenziraju se samokompencijom ili kompenzatorima s valovitim cijevima.

**Sistem goriva.** Prema namjeni mogu se cijevni vodovi sistema goriva podijeliti na prijemno-pretočni cijevni vod, cijevni vod za separatore, potrošni cijevni vod, drenažni cijevni vod goriva i cijevni vod za zagrijavanje goriva.

*Prijemno-pretočni cijevni vod* služi za krcanje goriva na brod i odvod u tankove goriva, za pretakanje goriva iz jednog tanka u drugi ili iz tankova na palubu. Gorivo se obično s pomoću vanbrodskih uređaja ukrcava na brod iz plovećih barža ili iz kopnenih cisterni. Za ukrcavanje postoji na palubi ili ispod palube priključak i cijevni vod koji vodi na oba boka broda. Gorivo



Sl. 17. Shema cjevovoda za ukrcavanje goriva. 1 ventil s plovkom, 2 tank za ukrcavanje, 3 pumpa za prepumpavanje, 4 filter



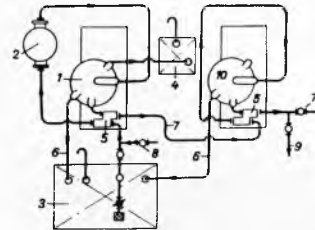
Sl. 18. Shema prijemno-pretočnog cijevnog voda goriva. 1 prijemni tankovi, 2 krmeni tankovi, 3 tankovi u blizini strojarne, 4 pumpa za prepumpavanje goriva, 5 prijemno-pritisna razvodna ventilska stanica, 6 grupe razvodne kutije (stanice), 7 priključak na palubu, 8 filter

koje se ukrcava obično najprije prolazi kroz komoru za odmuljivanje. Veliki tankovi u dvodnu mogu imati vlastite prijemne uređaje s priključcima na palubi.

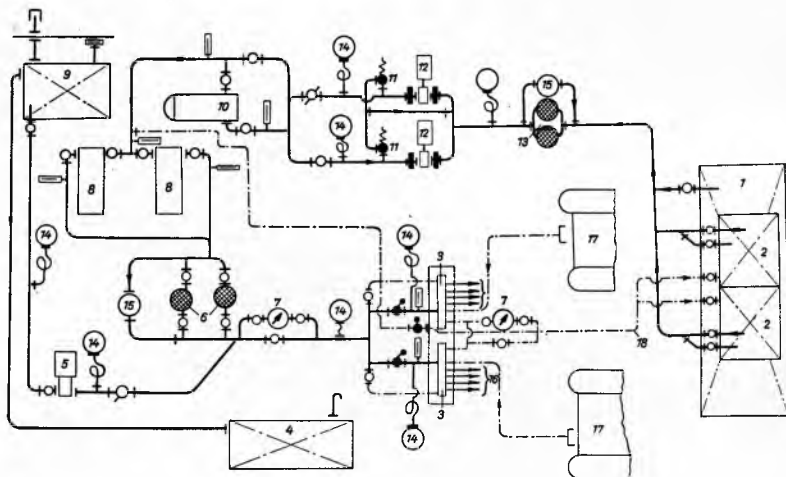
Tankovi za uskladištenje goriva imaju odušne cijevi, uređaje za mjerenje količine goriva, provlake radi pregleda i čišćenja tanka i zmioljike cijevi za zagrijavanje goriva. Za mjerenje nivoa goriva obično se upotrebljavaju cijevi i mjerne motke. Ako je gorivo smješteno u većem broju tankova, za mjerenje količine goriva često se upotrebljavaju centralni aparati koji rade na pneumatskom principu. Gorivo se može u tankove ukrcati direktno pumpom izvana ili preko posebnih tankova za ukrcavanje, odakle gorivo gravitacijski teče u ostale tankove. Tankovi za ukrcavanje moraju biti smješteni tako da se drugi tankovi mogu potpuno napuniti. Ventil s plovkom sprečava da se tank za ukrcavanje prepuni (sl. 17).

Za prebacivanje goriva iz tanka u tank i na palubu služi pretočna pumpa. Prije pumpanja treba teška ulja zagrijati. Za zagrijavanje služi zmioljiki parovod u samom tanku, ili se gorivo u tanku pomiješa s vrućim gorivom zagrijanim u posebnoj zagrijaču izvan tanka.

Sl. 19. Shema cijevnog voda za separaciju goriva. 1 purifikator, 2 zagrijač goriva, 3 tank nepročišćenog goriva, 4 tank otpada od čišćenja, 5 pumpe separatora, 6 odvod iz komore prepunjenja, 7 izlaz separiranog goriva, 8 i 9 usisni i pritisni vodovi pumpe za prepumpavanje goriva, 10 klarifikator



Upravljanje cijevnim vodom goriva može biti s centralnog mjesta, decentralizirano ili kombinirano. Na slici 18 prikazan je prijemno-pretočni cijevni vod goriva na brodu za suhi teret. U strojarnici se nalazi pumpa za gorivo i kombinirana usisno-pritisna razvodna kutija s ventilima. Grupne razvodne kutije pramčanih i krmenih tankova goriva nalaze se izvan strojarnice



Sl. 20. Shema potrošnog cijevnog voda goriva parno-turbinskog postrojenja. 1 tank za uskladištenje goriva, 2 potrošno-taložni tankovi, 3 razvod goriva plamenicima, 4 preljevni tank dizel-ulja, 5 pumpa dizel-ulja, 6 filteri za fino čišćenje, 7 mjerac protoka, 8 parni zagrijač goriva, 9 potrošni tank dizel-ulja, 10 zagrijač goriva kondenzatom, 11 ventili sigurnosti na pritisnom vodu koji otpuštaju gorivo natrag u usisni vod ako je pritisak previsok, 12 pumpe goriva, 13 usisni filter, 14 manometri, 15 mimohodni ventil, 16 cijevni vodovi k plamenicima, 17 kotao, 18 odvod goriva u potrošni tank

u blizini tih tankova. Svakom tanku vodi samo jedna cijev koja služi za punjenje i za pražnjenje tanka. Prikazani sistem je kombiniran, tj. s centralnim i decentraliziranim upravljanjem.

*Cijevni vod za separaciju goriva* služi za odstranjivanje vlage i mehaničkih nečistoća iz goriva. Primjenjuje se jednostruka i dvostruka separacija. Dizelmotorska postrojenja koja rade s teškim uljima upotrebljavaju dvostruku separaciju sastavljenu od purifikacije, sa glavnim zadatkom odvajanja vlage, i klarifikacije, kojom se uglavnom odvajaju čvrste čestice. U sistem je uključen i zagrijač goriva da bi se gorivu smanjio viskozitet (sl. 19).

*Potrošni cijevni vod goriva* služi za punjenje potrošnih i taložnih tankova gorivom i za dovod goriva od potrošnih tankova do pumpi koje dobavljaju gorivo motorima i kotlovima. Potrošni i taložni se tankovi pune pretočnom pumpom za gorivo ili pumpom separatora. Kao rezerva služe ručne pumpe.

Potrošno-taložni tankovi motorskog goriva obično se postavljaju iznad razine pumpe za gorivo motora pa se filter može nalaziti na usisnoj strani pumpe. Sigurno dotjecanje goriva iz tankova

do kotlova nije uvijek moguće obezbijediti, pa se filtri smještaju na pritisnoj strani pumpe.

Potrošni i taložni tankovi su po veličini i konstrukciji jednaki. Oni se priključuju u rad jedan za drugim tako da se za vrijeme dok je jedan priključen na pogonski stroj u drugom talože voda i krupne čestice. Efikasnost taloženja zavisi od oblika tanka, viskoziteta goriva i vremena trajanja taloženja. Pri normalnom opterećenju postrojenja treba da svaki tank sadrži goriva za 8...10 sati rada. U potrošnom i taložnom tanku nalaze se parni zagrijači sa zmijolikim cijevima. Za prepumpavanje teškog goriva treba da je temperatura u bunkerima  $\sim 40\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , u potrošnim tankovima  $\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a iza zagrijača  $\sim 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Na sl. 20 prikazana je shema potrošnog cijevnog voda goriva parnoturbinskog postrojenja. Prije nego se pogon obustavi, kotlovi neko vrijeme rade sa lakim dizel-uljem, tako da su cijevni vodovi napunjeni lakim uljem s kojim se hladan kotao stavlja u pogon. Kasnije, kad se kotao dovoljno zagrija, prelazi se na normalan pogon teškim gorivom.

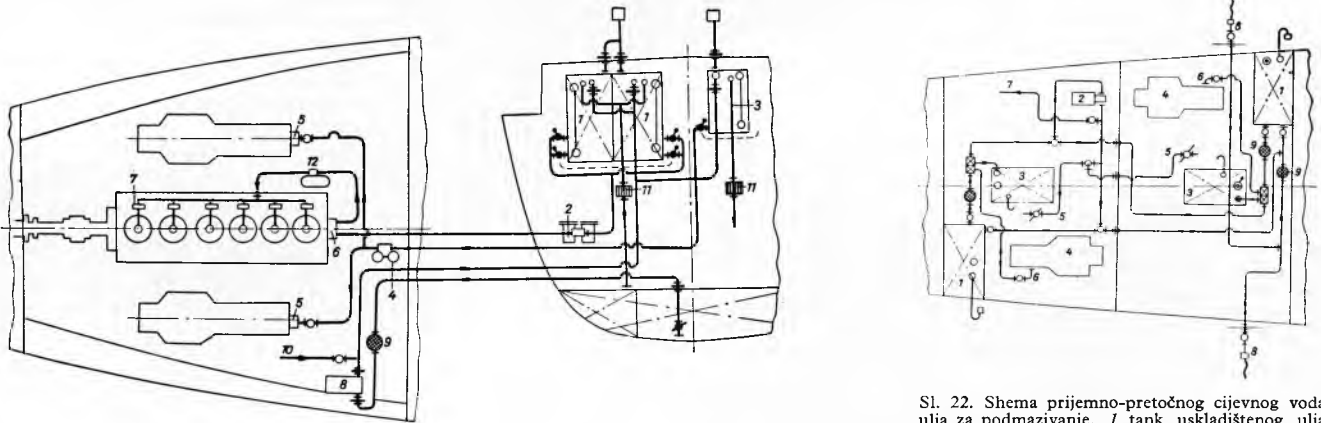
Dizelmotorsko postrojenje (sl. 21) može dobivati gorivo iz potrošno-taložnih tankova, i to s dvije razine tanka. Viša razina

i odzivni ležaji motora i turbine, ležaji ojnica motora, zupci reduktora broja okretaja itd.

Brodski sistemi ulja za podmazivanje mogu biti protočni i cirkulacijski. Protočni se upotrebljavaju samo za podmazivanje tarnih površina i ulje prelazi kroz tarna mjesta samo jedanput. Upotrebljava se za malo opterećene ležaje s kojih toplina sama prelazi na okolinu. Cirkulacijski se sistem primjenjuje kad se ulje upotrebljava za hlađenje površina ili za istovremeno hlađenje i podmazivanje, tj. za sve jače opterećene osovine glavnih i pomoćnih strojeva, osobito brzokretnih. U ovom sistemu isto ulje neprekidno cirkulira u zatvorenom krugu.

Cijevni vodovi sistema ulja za podmazivanje mogu se prema namjeni podijeliti u prijemno-pretočni cijevni vod, cirkulacijski cijevni vod, protočni cijevni vod, cijevni vod za zagrijavanje ulja, cijevni vod separacije ulja i cijevni vod za odvodnjavanje ulja.

*Prijemno-pretočni cijevni vod ulja za podmazivanje služi:* za dovod i odvod ulja u tankove, za prebacivanje ulja iz rezervnih tankova u cirkulacijske tankove pojedinih strojeva, za dovod svježeg ili upotrijebljenog ulja na palubu, za ispuštanje neupotreblijivog ulja u tank kotlovske goriva ili van broda.



Sl. 21. Shema potrošnog cijevnog voda goriva dizelmotorskog postrojenja. 1 potrošno-taložni tankovi goriva, 2 filtri, 3 potrošni tankovi goriva pomoćnih dizel-motora, 4 filtri pomoćnih motora; 5 pumpe goriva na pomoćnom motoru, 6 pumpe goriva glavnog motora, 7 visokopritisne uštrcne pumpe goriva, 8 pumpe za prepumpavanje goriva, 9 grubi usisni filtar, 10 vod od separatora, 11 preljevi, 12 dvostruki filtar

Sl. 22. Shema prijemno-pretočnog cijevnog voda ulja za podmazivanje. 1 tank uskladištenog ulja za podmazivanje, 2 pumpe ulja za podmazivanje, 3 sabirni tankovi (cirkulacijski) glavnih motora, 4 pomoćni dizel-generatori, 5 cijev za dovod ulja glavnom dizel-motoru, 6 vod u karter pomoćnih dizel-generatora, 7 priključak k separatoru, 8 priključak na palubi, 9 filtri

daje čišće ulje ali smanjuje sadržaj tanka. Pomoćni motori dobivaju gorivo iz posebnog potrošnog tanka. Ako glavni dizel-motor troši teško gorivo, pred filtrom se upotrebljava zagrijač.

*Drenažni cijevni vod goriva* služi za odvođenje taloga iz potrošno-taložnih tankova, za odvođenje goriva iz tava ispod tankova i filtara i za odvođenje suviška goriva iz uštrcajnih ventila motora. Drenažni se cijevni vod uvijek postavlja tako da odvodi gorivo gravitacijom, tj. cijevi su nagnute. Za sakupljanje viška goriva služi tank ispod poda u strojarnici.

*Cijevni vod za zagrijavanje goriva i ulja za podmazivanje* služi za dovođenje pare zmijolikim zagrijačima u tankovima goriva, u potrošno-taložnim tankovima, zatim za zagrijavanje goriva prije separacije, za zagrijavanje goriva prije ulaza u plamenike kotlova, a pri niskim temperaturama i za zagrijavanje ulja za podmazivanje prilikom upućivanja motora. Za grijanje je najbolje upotrijebiti zasićenu paru niskog pritiska (ne više od 3 at natpr.), a rjeđe se upotrebljava zasićena para kotla visokog pritiska (15...40 at).

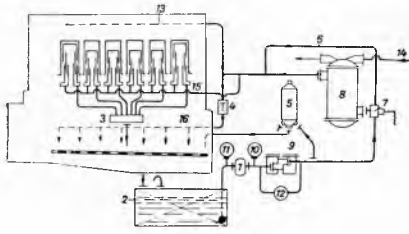
**Sistem cijevnog voda za podmazivanje.** Ulje za podmazivanje upotrebljava se za podmazivanje strojeva radi smanjenja trenja, za hlađenje tarnih i jako ugrijanih površina, a služi i kao radna tekućina u hidrauličkim spojama, kormilarskim strojevima, servomotorima i sistemima automatske regulacije.

Podmazivanje radi smanjivanja trenja i istovremeno hlađenje primjenjuje se kad god toplina proizvedena trenjem ne može sama prijeći na okolinu. Kad ulje istovremeno služi za hlađenje i za podmazivanje, količina cirkulirajućeg ulja zavisi od potrebnog hlađenja, jer hlađenje zahtijeva mnogostruko veću količinu ulja nego podmazivanje. Takav je slučaj kad se podmazuju osnovni

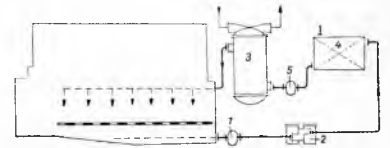
Rezervni tankovi ulja se nalaze u strojarnici ili blizu strojarnice, najčešće u dvodnu. Tankovi se obično pune kroz cijevni priključak na palubi. Rezervni tankovi imaju odušne cijevi i uređaje za mjerenje količine ulja, a radi čišćenja postoje provlake i ručni otvori. Ulje iz rezervnih tankova dovodi se u cirkulacijske tankove ili gravitacijom ili pretočnim uljnim pumpama, što zavisi od položaja tih tankova u odnosu jedan na drugog. Pretočna uljna pumpe služi za prebacivanje svježeg ulja iz rezervnih tankova u cirkulacijske i istrošenog ulja iz cirkulacijskih tankova u tank prljavog ulja; za tiskanje cirkulacijskog ulja kroz zagrijače uljnih separatora prije upućivanja stroja u slučaju da cirkulacijski tank nema zagrijača, za izbacivanje istrošenog ulja na palubu, u tank kotlovske goriva ili van broda.

Primjer prijemno-pretočnog cijevnog voda ulja za podmazivanje prikazan je na sl. 22. Postrojenje je podijeljeno u dva odjeljenja, a u svakom je glavni i pomoćni stroj i rezervni tank ulja. Pretočna uljna pumpe nalazi se samo u krmenom odjeljenju. U cirkulacijske tankove glavnih strojeva i u kartere pomoćnih motora ulje se dovodi gravitacijski iz rezervnog tanka.

*Cirkulacijski cijevni vod ulja za podmazivanje.* Dovod ulja tarnim mjestima može biti s pomoću uljne pumpe — forsirani sistem podmazivanja — ili gravitacijom iz tanka koji je visoko postavljen — gravitacijski sistem podmazivanja. Postrojenja sa motorima s unutarnjim izgaranjem i plinskim turbinama najviše imaju forsirani sistem podmazivanja, a za parne turbine upotrebljava se jedan i drugi sistem. Na sl. 23 prikazan je forsirani sistem podmazivanja dizelmotorskog postrojenja. Da ulje na početku pogona ne bi bilo prehladno, može se rashladnik ulja mimoći. Termoregulator regulira količinu ulja koja protječe kroz rashladnik. Paralelno filteru za grubo čišćenje radi filtar za



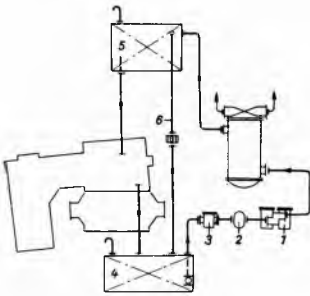
Sl. 23. Shema forsiranog sistema podmazivanja dizel-motora. 1 glavna pumpa ulja za podmazivanje, 2 sabirni (cirkulacijski) tank ulja za podmazivanje, 3 sabirna komora rashladnog ulja stapova, 4 ventil za regulaciju pritiska ulja, 5 filtar za fino čišćenje, 6 mimohodni cijevni vod, 7 termoregulator temperature ulja, 8 rashladnik ulja, 9 filtar za grubo čišćenje, 10 manometar iza cirkulacijske pumpe ulja, 11 vakuummetar na usisu pumpe, 12 diferencijalni manometar za pritisak ispred i iza filtra, 13 vod k servomotoru regulatora, 14 ulaz rashladne vode, 15 ulje za rashladivanje klipova, 16 ulje za hlađenje ležaja



Sl. 24. Shema forsiranog sistema podmazivanja dizel-motora sa dvije pumpe. 1 usisna pumpa, 2 filtar grubih nečistoća, 3 rashladnik ulja, 4 cirkulacijski tank, 5 pritisna pumpa

fino čišćenje, iz koga se ulje odvodi ili u karter ili u cirkulacijski tank. Taj filtar filtrira 8...10% ulja koje dobavlja uljna pumpa. Forsirani sistem sa dvije pumpe i sa cirkulacijskim tankom postavljenim iznad kartera prikazuje sl. 24.

Gravitacijski se sistem obično upotrebljava za turbinska postrojenja sa zupčanim prijenosom (sl. 25). Uljna pumpa crpe ulje iz sabirnog tanka preko magnetskog filtra koji zadržava čeličnu prašinu nastalu uslijed trenja zubâ i tiska ga kroz obični filtar i rashladnik u gravitacijski tank. Iz gravitacijskog tanka ulje gravitacijom otječe k turbini i zupčanom prijenosu. Preljev vodi u sabirni tank. Prednosti gravitacijskog sistema jesu: što uvijek vlada isti pritisak ulja; što se nečistoće talože u gravitacijskom tanku; što rezerva ulja u gravitacijskom tanku dopušta rad neko vrijeme bez ulja pumpe dok se ne uključi i rezervna pumpa, a nestanak ulja javljaju signalni uređaji. Gravitacijski se sistem može primijeniti samo kad se tank može smjestiti toliko visoko da je natpritisak ulja u stroju bar 1 at.



Sl. 25. Principijelna shema gravitacijskog sistema podmazivanja turbinskog postrojenja. 1 pritisni filtar, 2 cirkulacijska pumpa ulja, 3 magnetski filtar, 4 sabirni tank ulja za podmazivanje, 5 gravitacijski tank ulja, 6 odijelna cijev gravitacijskog tanka, 7 rashladnik ulja

smjesa sa zrakom u kompresorima. Ulje se dodaje s pomoću specijalnih centralnih pumpi, tzv. lubrikatora.

Pumpa za prebacivanje ulja iz rezervnih u potrošne tankove treba da ima tolik kapacitet da se potrošni ili cirkulacijski tank može napuniti za 30...60 minuta.

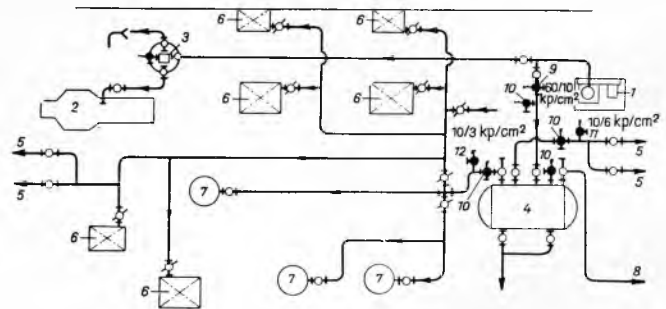
Svaki pogonski stroj ima sabirno-cirkulacijski tank. Veličina tih tankova zavisi od broja cirkulacija ulja u sistemu, tj. o tome koliko puta u jednom satu sve ulje koje se nalazi u sabirno-cirkulacijskom tanku prolazi kroz sistem. Što je veći broj cirkulacija to je manje ulja u cirkulacijskom tanku i to brže ulje gubi maziva svojstva. Ako je broj cirkulacija velik, ne može se taložiti vlaga, a to uzrokuje pjenjenje ulja i stvaranje emulzije. Dizelmotorska postrojenja malih snaga imaju 40...60, a velikih snaga 10...20 cirkulacija na sat. Za turbinska se postrojenja uzima broj cirkulacija 5...10 na sat.

**Sistem komprimiranog zraka.** Komprimirani zrak na brodu služi za upućivanje motora, za pogon sirena, kao radni medij za pokretanje različitih stapnih mehanizama (iskopčavanje i ukopčavanje spojki, otvaranje i zatvaranje ventila itd.), za propuhivanje kingston-ventilâ, za čišćenje dijelova pri popravku, za pogon pneumatskog alata itd.

Sistemi se komprimiranog zraka dijele na sisteme niskog pritiska do 16 kp/cm<sup>2</sup>, srednjeg pritiska od 16 do 100 kp/cm<sup>2</sup> i visokog pritiska od 100 kp/cm<sup>2</sup> naviše. Optimalni pritisak zraka za upućivanje sporokretnih i srednjekretnih dizel-motora je 30...18 kp/cm<sup>2</sup> a brzokretnih 50 kp/cm<sup>2</sup>, za sirene 8...10 kp/cm<sup>2</sup>, za pneumatske alate i instrumente 6...8 kp/cm<sup>2</sup> i za propuhivanje kingston-ventila 3 kp/cm<sup>2</sup>. Radi uštede na težini i prostoru komprimirani se zrak, nezavisno od pritiska pod kojim se upotrebljava, obično čuva u rezervoarima pod pritiskom 60...70 kp/cm<sup>2</sup> na trgovačkim brodovima, a na ratnim brodovima 200...400 kp/cm<sup>2</sup>.

Zrak visokog pritiska dobavlja kompresor visokog pritiska, a zrak srednjeg pritiska ili dobavlja kompresor srednjeg pritiska ili se uzima preko redukcijuskog ventila iz cijevnog voda visokog pritiska. Zrak niskog pritiska se ili uzima preko redukcijuskog ventila iz cijevnog voda visokog ili srednjeg pritiska ili ga dobavlja niskopritisni kompresor. Osim redukcijuskih ventila postavljaju se na cijevne vodove i rezervoare ventili sigurnosti koji ne dozvoljavaju povišenje pritiska za više od 10% iznad radnog pritiska. Iza redukcijuskih ventila postavljaju se uvijek manometri, a često i ispred ventila. Za opskrbljivanje broda komprimiranim zrakom postoje najmanje dva kompresora, od kojih jedan mora biti poganjen nezavisno od glavnog stroja. Brodovi koji nemaju motorski pogon ili brodovi koji imaju osim zraka još drugi uređaj za upućivanje motora mogu imati i samo jedan kompresor.

Broj zračnih boca za upućivanje motora zavisi od njihovih volumena, od pritiska zraka u njima i od potrebne rezerve zraka. U svakom odjeljenju strojarnice moraju za upućivanje glavnih motora biti postavljene bar dvije boce zraka. Poželjno je da pritisak u bocama za upućivanje ne bude veći od pritiska upućivanja, tj. 25...30 kp/cm<sup>2</sup>. Ako se za upućivanje uzima zrak iz boca s većim pritiskom, treba postaviti redukcijske ventile. Za brodske potrebe upotrebljavaju se posebne boce. Sirene imaju svoje specijalne boce s alarmnim uređajem koji signalizira kad pritisak padne ispod dozvoljene granice. Iz njih se ne smije uzimati zrak za



Sl. 26. Shema cijevnog voda komprimiranog zraka turbinskog postrojenja. 1 elektrokompresor 26 m<sup>3</sup>/h, 60 kp/cm<sup>2</sup>, 2 dizel-generator, 3 boca zraka za upućivanje dizel-generatora, 4 boca zraka pritiska 10 kp/cm<sup>2</sup>, 5 zrak niskog pritiska 6 kp/cm<sup>2</sup> za pneumatski alat, 6 propuhivanje kingstona 3 kp/cm<sup>2</sup>, 7 boca zraka za pneumatske tankove 3 kp/cm<sup>2</sup>, 8 zrak za aparate za gašenje pjenom 10 kp/cm<sup>2</sup>, 9 redukcijski ventil 60/10 kp/cm<sup>2</sup>, 10 ventil sigurnosti, 11 redukcijski ventil 10/6 kp/cm<sup>2</sup>, 12 redukcijski ventil 10/3 kp/cm<sup>2</sup>

druge potrebe na brodu. Na sl. 26 prikazan je cijevni vod komprimiranog zraka na brodu za suhi teret s parnoturbinskim postrojenjem.

**Rashladni sistem.** Na postrojenju sa motorima s unutrašnjim izgaranjem rashladni sistem služi za hlađenje cilindara i poklopaca cilindara motora, za hlađenje klipova motora, za hlađenje kompresorskih cilindara i rashladnika, za hlađenje zraka za nabijanje motora, za hlađenje ulja, vode i zraka u izmjenjivačima topline dizel-motora, elektromotora i generatora većih snaga, za hlađenje ispušnih cijevi motora da bi se snizila temperatura u strojarnici.

Na postrojenju s parnim turbinama ili parnim stapnim strojevima rashladni sistem služi za hlađenje glavnih i pomoćnih kondenzatora i kondenzatora turbogeneratora, za hlađenje rashladnika ulja glavnih i pomoćnih turbina i parnih stapnih strojeva, za hlađenje kondenzatora za ejektore i rashladnika ulja pomoćnih uređaja, za hlađenje cilindara i poklopaca cilindara i za hlađenje ulja pomoćnih motora i kompresora.

Na postrojenju s plinskim turbinama rashladni sistem služi za hlađenje ulja za podmazivanje glavnih i pomoćnih plinskih turbina i za hlađenje zraka između stepena kompresora.

Kao rashladni medij na brodovima se upotrebljava vanbrodska voda, slatka voda iz brodskih tankova, ulje i zrak. Vanbrodska voda služi za hlađenje brodskih motora, kondenzatora parnih turbina, komprimiranog zraka u međustepenima plinskih turbina, ulja za podmazivanje, zraka za hlađenje elektromotora. Hlađenje vanbrodskom vodom može biti direktno ili posredstvom slatke vode koju hladi vanbrodska voda u posebnim izmjenjivačima topline. Klipovi i stapovi brodskih motora hlade se uljem ili slatkom vodom, a rijetko direktno vanbrodskom vodom.

Rashladna voda ima i štetno djelovanje jer izaziva koroziju i na hlađenim površinama stvara naslagu kamenca. U morskoj vodi najjače korozivno djelovanje imaju kisik, ugljični dioksid i kloridi ( $MgCl_2$ ,  $NaCl$  i  $CaCl_2$ ). Pri povišenoj se temperaturi u rashladnim prostorima motora i izmjenjivačima topline raspadaju bikarbonati kalcija i magnezija te daju ugljični dioksid i netopljive karbonate koji kao talog pokrivaju rashladne površine. Što je viša temperatura to je jače raspadanje i taloženje. Morska voda na izlazu iz rashladnog prostora motora zato ne smije imati temperaturu višu od  $50 \dots 55 \text{ }^\circ\text{C}$ . Mehaničke primjese također mogu stvarati talog na rashladnoj površini i time sniziti prijelaz topline. Osobito je opasno ako u rashladnu vodu dospiju mineralna ulja koja plivaju na površini vode u lukama.

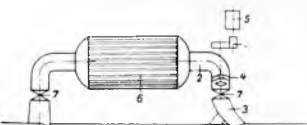
Slatka voda obično nema više od 0,1% otopljenih soli pa stvara mnogo manje taloga na rashladnoj površini nego morska voda. Ima veću specifičnu toplinu, manje korozivno djeluje i dopušta primjenu viših temperatura pri hlađenju motora. Slatkoj se vodi još mogu dodavati kemikalije za smanjivanje korozivnog djelovanja.

Ulje kao rashladno sredstvo ne djeluje korozivno, ključa tek na visokim temperaturama, ali je skupo i ima malu specifičnu toplinu.

Na brodovima se primjenjuje protočni i cirkulacijski sistem hlađenja. Rashladni medijum protočnog sistema je obično vanbrodska voda; ona prelazi preko rashladnih površina samo jedanput. Cirkulacijski sistem koristi se stalno istom rashladnom tekućinom koja cirkulira u zatvorenom krugu, a nadoknađuju se samo gubici nastali uslijed propuštanja i isparivanja. U cirkulacijskom sistemu učestvuju dvije tekućine, od kojih jedna cirkulira (obično slatka voda ili ulje) a druga odvodi toplinu prve (obično vanbrodska voda). Cirkulacijski se sistem hlađenja primjenjuje tamo gdje temperature hlađenja moraju biti dosta visoke, npr. za brodske dizel-motore većih snaga.

Rashladna voda kondenzatora parnih turbina treba da je na izlazu za  $5 \dots 8 \text{ }^\circ\text{C}$  ispod temperature na kojoj se para kondenzira. Pod kondenzatorskim pritiskom od 0,05 at aps. temperatura je kondenziranja  $32,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , pa prema tome temperatura na izlazu iz kondenzatora ne smije biti viša od  $24 \dots 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Za te se temperature primjenjuje protočni sistem hlađenja. Za hlađenje zraka kompresora plinskih turbina također se upotrebljava voda niske temperature i, prema tome, protočni sistem.

Vanbrodska voda za hlađenje uzima se preko prijemnih cijevnih priključaka i kingston-ventila ili preko usisnih komora na kojima se nalaze jedan ili više kingston-ventila. Usisni otvor ima rešetke pa se obično predviđaju uređaji za propuhivanje rešetaka i zagrijavanje usisnih otvora u slučaju zamrzavanja vode. Za cirkulaciju vode kroz kondenzator služi cirkulacijska pumpa,

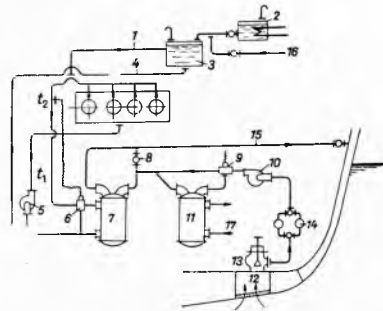


Sl. 27. Shema samoprotoka rashladne vode kroz kondenzator. 1 zupčani prijenos za pogon pumpe, 2 ulazna cijev kondenzatora, 3 ulazni priključak van broda, 4 cirkulacijska pumpa, 5 elektromotor, 6 kondenzator, 7 ulazni i izlazni ventil

a na brzim brodovima upotrebljava se dinamički pritisak koji nastaje vožnjom broda (samoprotok). Kad brod stoji, pri vožnji krmom i pri polaganim vožnjama dinamičkog pritiska nema ili nije dovoljan, pa se zato postavlja jedna cirkulacijska pumpa manje snage koja u tom slučaju hladi kondenzator. Ima nekoliko načina spajanja cijevi samoprotoka i pomoćne cirkulacijske pumpe.

Najjednostavnija je shema kad voda pri režimu samoprotoka prostrujava kroz rotor pumpe (sl. 27).

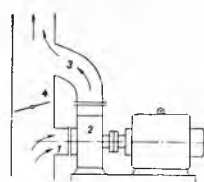
Principijelna shema cirkulacijskog rashladivanja dizelmotorskog postrojenja prikazana je na sl. 28. Prema toj shemi hladi se dizel-motor slatkom vodom čiju temperaturu regulira termostat (6) propuštanjem jednog dijela vruće izlazne vode u usisni vod cirkulacijske pumpe 5, koja vodu tiska u motor. Sistem slatke vode ima kompenzacijski tank (3) koji omogućuje rastezanje slatke vode i u koji se odušnim vodom 1 odvodi para i zrak iz rashladnih prostora motora. Radi smanjenja korozivnog djelovanja slatke vode dodaje se otopina kalijeva dikromata  $K_2Cr_2O_7$  i sode, koja se priprema u kesonu 2. Ulje za podmazivanje hladi se morskom vodom u hladilu 11. Voda iz hladila ulja ide u hladilo slatke vode (7) zajedno sa svježom vodom. Temperaturu ulja regulira termoregulator 9 koji propušta dio rashladne vode mimo hladila ulja. Ventil 8 služi za grubo reguliranje temperature slatke vode time što se jedan dio hladne morske vode pušta direktno van broda.



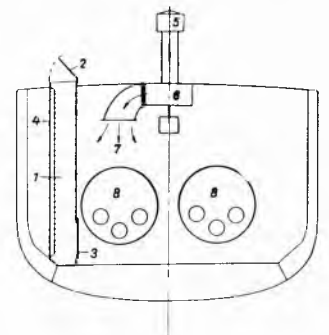
Sl. 28. Načelna shema rashladivanja dizelmotorskog postrojenja. 1 odušni vod sistema, 2 tank za pripremanje rastopine bikromata i sode; 3 kompenzacijski tank, 4 kompenzacijski vod, 5 cirkulacijska pumpa, 6 termostator, 7 rashladnik slatke vode, 8 ventil za grubo regulaciju temperature rashladne vode, 9 termoregulator za podmazivanje, 10 pumpa morske vode, 11 rashladnik ulja za podmazivanje, 12 usisna komora kingstona, 13 kingston, 14 filtri, 15 odvod vode van broda, 16 priključak iz vodovoda, 17 ulaz ulja za podmazivanje

**Sistem dovoda zraka za izgaranje goriva.** Gorivo izgara u ložištima parnih kotlova, u cilindrima motora s unutarnjim izgaranjem, u generatorima plina i u izgaranim komorama plinskih turbina. Zrak neophodan za izgaranje goriva dovode posebni uređaji i cijevni vodovi.

U slučaju da su otpori kroz kotao mali, zrak se brodskim kotlovima može dovoditi s pomoću prirodne promaje koja se postiže dovoljno visokim dimnjacima. Današnji moderni kotlovi moraju imati umjetnu promaju pomoću ventilatora. Umjetna promaja na brodovima može biti usisna, pritisna i kombinirana. Za usisnu promaju služe ventilatori koji usisavaju dimne plinove iz dimnih kanala (sl. 29) i odvođe ih kroz dimnjak u atmosferu. S usisnom promajom moguće je svladati velike otvore u kotlu i nema opasnosti da iz kotla izbije plamen u kotlovnicu. Nedostatak je razmjerno velik potrošak energije jer se odsisavaju plinovi visoke tem-

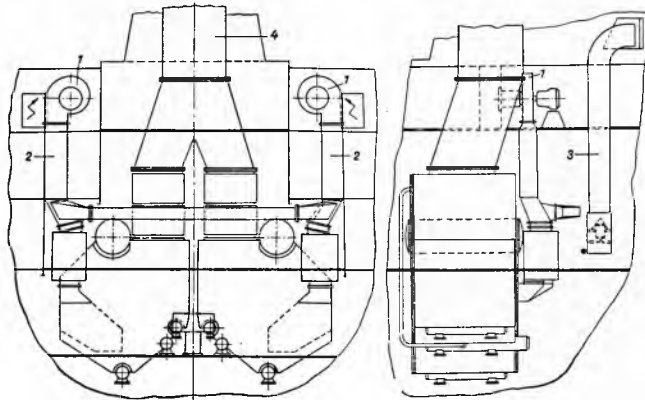


Sl. 29. Skica usisne ventilacije kotlova. 1 priključak na usis ventilatora, 2 ventilator, 3 pritisni vod ventilatora, 4 dimna zaklopka



Sl. 30. Shema kotlovnice pod pritiskom. 1 silazni rov, 2 gornji poklopac rova, 3 donja vrata rova, 4 stepenice, 5 usis ventilatora, 6 ventilator, 7 ulaz zraka u kotlovnicu, 8 kotlovi

perature i velikog volumena, pa se stoga taj sistem ventilacije obično primjenjuje samo na manjim brodovima. U sistemu sa pritiskom promajom može se zrak tiskati u hermetiski zatvorenu kotlovnicu ili neposredno u kotao. Pritisna promaja sa cijelom kotlovnicom pod pritiskom primjenjuje se često na ratnim brodovima (sl. 30). Prednost je tog sistema da iz kotlova ne može izbiti plamen u kotlovnicu, a nedostatak da treba poseban uređaj za ulaženje u kotlovnicu, da se dosta zraka gubi i da osoblje radi u prostoriji s povećanim pritiskom. Pritisak u kotlovnici je obično između 150 i 300 mm H<sub>2</sub>O, a nikad ne smije prekoračiti 500 mm H<sub>2</sub>O. Za direktno tiskanje zraka u kotao služe kotlovski ventilatori (sl. 31). Pri direktnom tiskanju zraka u kotao gubitak je zraka malen, te je potrebna i manja snaga za pogon ventilatora. Taj je sistem prikladan i za pritiske veće od 500 mm H<sub>2</sub>O.



Sl. 31. Dovod zraka neposredno u ložište kotlova. 1 kotlovski ventilatori, 2 pritiski vodovi, 3 ventilacija kotlovnice, 4 dimovod

Kombinirana ventilacija sa tiskanjem zraka u kotao i odsisavanjem dimnih plinova upotrebljava se kad se želi u ložištu kotla održavati potpritisak. U tom slučaju obično pritiskni ventilator dodaje zrak kotlu i svladava otpore kroz plamenike ili rešetke do ložišta, a preostali otpor prolazu plinova kroz kotao savladava usisni ventilator tako da u ložištu uvijek održava potpritisak od 1...2 mm H<sub>2</sub>O.

Zrak potreban za izgaranje goriva u cilindrima dizel-motora uzima se iz strojarnice ili posebnim usisnim cijevima neposredno iz atmosfere. Usisavanje iz strojarnice je najjednostavnije jer ne treba cijevi velikog presjeka i jer se ujedno ventilira strojarnica.

Plinskim se turbinama dovodi zrak direktno iz atmosfere specijalnim oknima. Na ulazu u okno iz zraka se odstranjuje raspršena morska voda posebnim uređajem.

Sama kotlovnica se ventilira zrakom koji se dovodi posebnim ventilacijskim cijevima, obično do blizu mjesta gdje se poslužuju kotlovi.

**Sistem odvođenja dimnih plinova.** Iskorišćeni dimni plinovi parnih kotlova, motora s unutarnjim izgaranjem i plinskih turbina odvođe se u atmosferu s pomoću sistema čije cijevi obično vode plinove kroz palubu u dimnjak broda. Na motornim čamcima, podmornicama i drugim lakim motornim brodovima izlazni se plinovi vode kroz bokove broda iznad ili ispod površine vode.

Temperatura izlaznih plinova zavisi od tipa postrojenja i iznosi u ispuhu dizel-motora 280...350 °C, na izlazu iz vodo-cijevnih kotlova trgovačkih brodova 150...200 °C, a ratnih brodova do 400 °C. Plamenocijevni kotlovi s velikim sadržajem vode imaju izlazne temperature do 300 °C.

Radi povišenja toplinske ekonomičnosti postrojenja treba da je temperatura izlaznih dimnih plinova što niža. Niska izlazna temperatura povećava ogrjevne površine a time i dimenzije kotlova, pa se zato na ratnim brodovima radi uštede na prostoru i težini odabiru više izlazne temperature. Odvodne cijevi i kanali dimnih plinova izolirani su da bi temperatura u strojarnici bila što niža. Temperatura vanjske površine izolacije ne smije biti viša od 50 °C, a tamo gdje postoji mogućnost da se izolacija povrijedi, treba je zaštititi metalnim omotom.

Ispušni cijevni vodovi moraju biti montirani tako da se mogu slobodno rastezati, a ako su pričvršćeni između fiksnih tačaka čvrstim vezama, mora postojati mogućnost samokompenzacije između tih veza ili se moraju uključivati elastični elementi (kompenzatori).

Nagla eksplozija ispušnih plinova prouzrokuje jak šum, pa je na brodovima neophodno postaviti prigušivače zvuka ili ispušni lonac. Osim toga ispušni plinovi sobom nose usijane čvrste čestice koje izlaze u atmosferu kao iskre. Da se uklone te iskre, moraju postojati posebni uređaji, a često u tu svrhu služi ispušni lonac ili kotao ložen ispušnim plinovima. Na brodovima koji prevoze produkte destilacije nafte i drugi lako zapaljivi materijal treba postaviti specijalne uređaje za gašenje iskara.

Ispušni vodovi motora s unutarnjim izgaranjem izrađuju se od okruglih čeličnih cijevi dugih 3...5 m, a radijus zakrivljenosti cijevnog voda uzima se uvijek veći od trostrukog promjera cijevi. Ispušni cijevni vod mora bezuvjetno biti elastično pričvršćen. Dimni kanali kotlova su od 3...5 mm debelog čeličnog lima, a s vanjske strane su obloženi čeličnim limom od 1...2,5 mm, ispod kojeg se nalazi izolacijska masa debljine 10...12 mm (sl. 32). Između izolacijske mase i dimnog kanala nalazi se sloj zraka debljine 12...15 mm. Površina presjeka ispušnih cijevi i dimnih kanala određuje se prema količini plinova i brzini strujanja formulom:

$$A = \frac{\dot{V}}{c},$$

gdje je  $\dot{V}$  volumen dimnih plinova koji nastaje u jedinici vremena,  $c$  brzina strujanja plinova (iznosi za kotlove s prirodnom promajom 5...8 m/sek, za kotlove s prirodnom promajom 20...25, za četverotaktne motore s unutarnjim izgaranjem 40...50, za dvotaktne dizel-motore 25...30, za plinske turbine 30...35 m/sek).

Volumen dimnih plinova četverotaktnih motora s unutarnjim izgaranjem koji nastaje u jedinici vremena dobiva se iz formule:

$$\dot{V} = 0,12 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda b_e N_e T_1 p_1,$$

a dvotaktnih motora s unutarnjim izgaranjem:

$$\dot{V} = 0,12 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda (\varphi + 0,03) b_e N_e \frac{T_m}{p_1}.$$

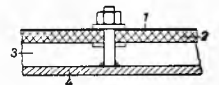
U tim formulama je  $\lambda$  koeficijent viška zraka pri izgaranju,  $b_e$  jedinični potrošak goriva (kp/KSh),  $T_1$  apsolutna temperatura ispušnih plinova (°K),  $p_1$  pritisak ispušnih plinova (kp/cm<sup>2</sup>),  $N_e$  efektivna snaga motora (KS),  $\varphi$  koeficijent viška zraka za ispiranje,  $T_m$  apsolutna temperatura mješavine ispušnih plinova i zraka u ispušnom cijevnom vodu.  $\dot{V}$  se dobiva u m<sup>3</sup>/sek ako se brojčane vrijednosti veličina vrste u gore navedenim jedinicama.

Za parna postrojenja s kotlovima koja se lože tekućim gorivom može se volumen izlaznih plinova koji nastaje u jedinici vremena približno odrediti prema formuli:

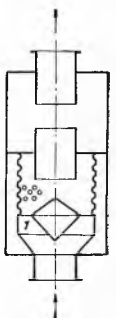
$$\dot{V} = 0,13 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda b_e N_e \cdot \frac{T_1}{p_1} \text{ (u m}^3\text{/sek),}$$

gdje je  $T_1$  temperatura izlaznih plinova iz kotla (°K),  $p_1$  pritisak izlaznih plinova (kp/cm<sup>2</sup>),  $b_e$  srednji jedinični potrošak tekućeg goriva (kp/KS,h),  $N_e$  efektivna snaga stroja ili strojeva (KS) koji dobivaju paru iz kotla.

Princip djelovanja ispušnog lonca može biti aktivan ili reaktivan. Aktivno prigušivanje zvuka sastoji se u apsorpiranju energije zvuka i njenom pretvaranju u toplinsku energiju postavljanjem aktivnih otpora prolazu plinova. Kao otpori služe sita, perforirani limovi, staklena vuna, metalne strugotine i slično. Otpori mogu biti uključeni u odvod plina serijski ili paralelno. Serijski otpori znatno povećavaju otpor prolaza plinova, što može osjetljivo smanjiti snagu motora. Prigušivač s paralelnim otporima građen je unutar materijala koji apsorpira zvuk, a presjek prolaza plinova



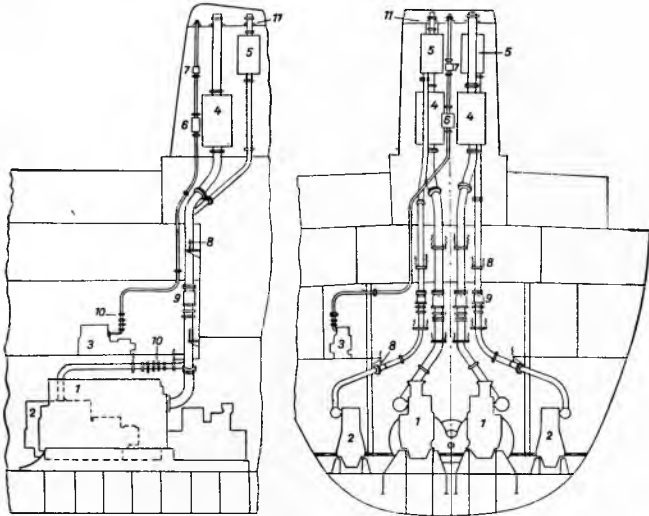
Sl. 32. Presjek zida dimnog kanala. 1 čelični lim 1,5 mm, 2 izolacijska masa 10 mm, 3 sloj zraka 15 mm, 4 čelični lim 5 mm



Sl. 33. Shema prigušivača zvuka kombiniranog s gasitelem iskara. 1 lopatice

se ne sužava. Reaktivni prigušivač zvuka radi na principu akustičnog filtra i sastoji se od sistema ekspanzijskih ili rezonantnih komora i spojnih cijevi. Aktivni otpori najbolje prigušuju titraje visoke frekvencije, a reaktivni prigušivač titraje niske frekvencije. U slučaju da treba prigušiti titraje i niskih i visokih frekvencija, grade se kombinirani ispušni lonci.

Uređaji za gašenje iskara mogu biti suhi i mokri. Suhi uređaj gasi iskre na taj način što ih uklanja iz struje plinova i ohladi u posebnom sabirniku. U mokrom uređaju plinovi struje ili kroz kišu vode, ili duž površine vode, ili kroz vodu. Mokri uređaji gasi iskre bolje od suhih, ali su skuplji i manje trajni. Gašenje iskara se najčešće kombinira s prigušivačem zvuka (sl. 33).



Sl. 34. Shema odvoda ispušnih plinova dizelmotorskog postrojenja. 1 glavni propulzijski motori, 2 pomoćni dizel-generatori, 3 pomoćni dizel-generator za lučku službu, 4 prigušivači-gasitelji iskara glavnih dizel-motora, 5 prigušivači-gasitelji iskara pomoćnih dizel-generatora, 6 i 7 prigušivač i gasitelj iskara dizel-generatora za lučku službu, 8 elastično zavješeno, 9 kompenzatori s brtvenicom, 10 kompenzatori s valovitim cijevima, 11 dijafragma u platu dimnjaka

Svaki glavni i pomoćni dizel-motor mora imati zasebni ispušni vod (sl. 34). Ispušni vodovi glavnih i pomoćnih dizel-motora imaju kompenzatore s valovitim cijevima, a ispušni vod dizel-motora za lučku službu je samokompenzirajući.

Pošto su plinovi izgaranja izašli iz dimnjaka, ne smiju se povlačiti po palubama i onečišćavati brod, nego treba da se dižu dovoljno visoko uvis i da se spuštaju naniže tek daleko iza krme broda. Način na koji se ti plinovi kreću ovisi o brzini njihova izlaska iz dimnjaka i rasporedu zračnih struja oko dimnjaka i gornjih dijelova broda. Izlazna brzina plinova ne može se povećavati iznad određene granice, pa se na režim strujanja plinova iznad broda nastoji utjecati pogodnim oblikovanjem dimnjaka i gornjih dijelova nadgrađa tako da zračne struje izazivane kretanjem broda dižu plinove uvis. U aerotunelu se izvode pokusi s modelima pa se na osnovu promatranja strujanja zraka određuje optimalni oblik brodskog nadgrađa i dimnjaka.

J. Šretner

#### BRODSKI POMOĆNI STROJEVI

Brodski pomoćni strojevi su svi strojevi na brodu osim strojeva koji proizvode snagu za propulziju broda. Mogu se prema namjeni podijeliti na strojeve potrebne za pravilno funkcioniranje glavnog pogonskog stroja, strojeve za navigaciju i sigurnost broda, strojeve za transport tereta i strojeve koji su potrebni radi boravka posade i putnika na brodu. Prema smještaju pomoćni strojevi mogu se podijeliti na palubne i potpalubne strojeve. S obzirom na to da su palubni strojevi izloženi uplivu atmosfere i morske vode, utječe i takav njihov smještaj na konstrukciju.

U najviše slučajeva brodski pomoćni strojevi služe za transport bilo čvrstog ili tekućeg tereta koji brod prevozi bilo tekućine ili plinova koje treba na brodu premješati. Zbog toga većinu brodskih pomoćnih strojeva čine dizalice, pumpe, ventilatori i kompresori. Budući da se energija osim parom i električnom

strujom može prenositi i hidrauličkim putem, to se pumpe upotrebljavaju ponekad i u takvim brodskim uređajima koji sa transportom nemaju veze (npr. u hidrauličkim kormilarskim uređajima).

Broj, veličina i vrsta brodskih pomoćnih strojeva ovisi o veličini, namjeni i brzini broda. Najmanje brodskih pomoćnih strojeva imaju jedrenjaci, na kojima su oni ujedno i jedini strojevi, a najviše pomoćnih strojeva imaju putnički i ratni brodovi. Veličina većine brodskih pomoćnih strojeva raste s veličinom i brzinom broda. Broj i veličina većine brodskih pomoćnih strojeva određeni su Internacionalnom konvencijom o zaštiti ljudskih života na moru i propisima klasiifikacionih društava.

**Pogon pomoćnih strojeva** može biti ili muskularan, ili pomoću glavnog pogonskog stroja, ili samostalan. Muskularni pogon se još i danas primjenjuje na nekim manjim jedrenjacima, ali se na većim i novijim jedrenjacima, pa i onima bez motornog pogona, zamjenjuje pogonom pomoću malih motora s unutrašnjim izgaranjem.

Gibanje pojedinih dijelova strojeva za propulziju brodova može se iskoristiti i za pogon pomoćnih strojeva. Tako pokretani pomoćni strojevi nazivaju se *privješanima*. Tako se o stapne parne strojeve privješuju pumpe kondenzata, pumpe za napajanje kotlova i pumpe za pražnjenje kaljuže. Na takav se način pokreću i pumpe za podmazivanje i rashlađivanje manjih i srednjih motora s unutrašnjim izgaranjem, a na parnim turbinama pumpa za podmazivanje. Pomoćni stroj može biti privješeno, osim na mehanički način, i hidrauličkim putem, npr. tako da propulzijski stroj pokreće pumpu koja dobavlja pod pritiskom radni medij za pokretanje nekog drugog pomoćnog stroja.

Brodski pomoćni strojevi najčešće imaju samostalan pogon. Samostalni pogon može biti pogon parom, električkom strujom, dizel-motorima ili hidraulički.

**Pogon parom** može biti sa stapnim parnim strojevima i sa parnim turbinama. Samostalni pogon parom lako se i jednostavno prilagođava promjenama opterećenja propulzijskog stroja, odnosno potrebama uređaja u koji je ugrađen. Samostalni pogon stapnim parnim strojevima upotrebljava se za vitla i pumpe manje dobave, a samostalni pogon parnim turbinama za pogon pumpi velike dobave i ventilatora. Stapni parni strojevi za pogon pumpi nemaju koljenastu osovinu nego se na stapjicu parnog stroja neposredno priključu stapajica pumpe, pa je pogonski mehanizam znatno jednostavniji, ali se razvod pare komplicira. — Snage pojedinih pomoćnih strojeva su redovno male, reda veličine stotinki snage propulzijskog stroja. Mali parni strojevi imaju specifični potrošak pare i deset puta veći nego veliki, pa je pojedinačni samostalni parni pogon mnogih malih pomoćnih strojeva neekonomičan jer troši — u ovisnosti o vrsti broda — 8 do 15% količine pare koju troši propulzijski stroj. Ekonomičnost takvog pogona može se poboljšati ako se ispušna para pomoćnih strojeva upotrebljava za zagrijavanje napojne vode parnog kotla. Veliku snagu, od 500 do 2000 kW, imaju samo parne turbine koje služe pogonu centrifugalnih pumpi za tekući teret na brodovima-tankerima.

**Pogon pomoćnih strojeva pomoću električne energije** je ekonomičniji od pogona pomoću mnogih malih parnih strojeva. U tom slučaju se generator struje, koji mora imati snagu jednaku zbroju snaga svih malih pomoćnih strojeva, pokreće stapnim parnim strojem ili parnom turbinom veće snage, pa je stoga specifični potrošak pare manji, odnosno ekonomičnost pogona je veća. Budući da su takvi generatori struje prvobitno služili samo za napajanje rasvjetne mreže, često se oni i danas nazivaju *agregatima za rasvjetu*, iako veći dio energije daju za pogon pomoćnih strojeva. Generator pokretan stapnim parnim strojem, tzv. parni generator, imaju stariji parobrodovi, a moderni parobrodovi i neki motorni brodovi koji imaju raspoložive pare opremljeni su turbo-generatorima, tj. generatorima struje s pogonom pomoću parne turbine. Motorni brodovi najčešće imaju dizel-generatore, tj. generatore struje pokretane dizel-motorima. Dobar stupanj djelovanja dizel-motora i pri niskim opterećenjima razlog je da se dizel-generatori ponekad upotrebljavaju i na parobrodovima. Svi brodovi s mehaničkom propulzijom imaju i po jedan manji agregat za struju, *dizel-generator za nuždu*, koji služi za najnužnije službe (radio-stanicu, dio rasvjete) u slučaju udesa broda.