

Rezime:

U radu je definisana akustička uočljivost pomorskog cilja (broda ili podmornice) za podvodno oružje (minu). Razmatrano je akustičko polje broda preko uzroka njegovog nastanka i osnovnih karakteristika, uz objašnjenje i prikaz zavisnosti od određenih parametara. Objašnjeni su elementi strukture akustičkog polja broda - podmornice i šuma mora, kao i njihov međusobni odnos radi razlikovanja korisnih signala od smetnji okoline sa osvrtom na njegovu primenljivost.

Ključne reči: akustička uočljivost, akustičko polje, vibracioni šum, šum mora, brod, podmornica, propeler.

SHIP - SUBMARINE ACOUSTIC SIGNATURE

Summary:

Acoustic signature of maritime targets (war-ships or submarines) for underwater weapons (mines) has been realized. The acoustic field of the ship as well as its appearance and its characteristic have been studied, along with the explanation and display of the dependence on certain parameters. The elements of the structure of acoustic field of the ship - submarine and sea noise are described as well as their relation in order to differentiate useful signals from the ambient noise.

Key words: acoustic signature, acoustic field, vibration noise, sea noise, ship, submarine, propeller.

Uvod

Poseban značaj za rad podvodnih oružnih sistema ima tzv. akustičko polje broda, s obzirom na to da svaki plovni objekat generiše ovo polje, a vodeni ambijent, kao elastična sredina, prenosi ovo polje na relativno velika rastojanja.

Brod je složeni fizički sistem koji u okolni prostor generiše fizička polja različite prirode. Tako, na primer, brod zrači akustičku energiju u vodu i vazduh, a zatim se, kretanjem u Zemljinom mag-

netskom polju, namagnetiše i postaje izvor magnetskog polja. Pored toga, različiti uređaji broda emituju elektromagnetsko i toplotno zračenje u okolni prostor, pa se može reći i da je brod značajan izvor različitih fizičkih polja.

Fizička polja broda značajna su za mnoge aspekte podvodne tehnike i tehnologije, jer se na osnovu njih stvaraju pouzdani algoritmi i metode za identifikaciju i lokaciju plovnih objekata, utvrđivanje parametara njihovog kretanja, kao i konstrukciju paljbenih sistema borbenih

sredstava namenjenih za njihovo uništavanje. Dobro poznavanje ovih fizičkih polja zahteva provođenje intenzivnih i složenih merenja u realnim uslovima. Takođe, treba istaći da karakteristike vodene sredine bitno utiču na karakteristike fizičkih polja broda. Morska sredina poseduje posebna svojstva koja je izdvajaju od ostalih sredina. Tako, na primer, slabljenje elektromagnetskog polja znatno je veće u vodi nego u vazduhu, elektromagnetsko polje broda u vodi je prostorno lokalizovano i malog dometa, dok se akustičko polje broda, zahvaljujući i elastičnim osobinama vode, prostire na relativno velika rastojanja, ali na relativno složen način.

Akustičko polje broda

Pod akustičkim poljem broda podrazumeva se oblast vodenog prostiranja u kojoj se može registrovati ili izmeriti akustički pritisak koji stvara brod.

Svako kretanje broda praćeno je stvaranjem šumova vrlo širokog frekventijskog dijapazona (od nekoliko Hz do 100 kHz), koji predstavljaju akustičko polje broda.

Velika primenljivost akustičkog polja broda (u paljbenim sistemima podvodnih oružja) nastala je zbog rasprostiranja ovoga polja na mnogo veća rastojanja u odnosu na ostala fizička polja (magnetsko, hidrodinamičko, električno i dr.), uz vrlo širok frekventijski dijapazon i zadovoljavajući intenzitet. Emitovani šum (akustičko polje) vrlo je važan za pasivne hidroakustičke uređaje. Princip rada ovih uređaja zasniva se na korišćenju karakterističnih osobina tog oblika šuma i na njegovom izdvajanju iz šuma okoline (mora).

Akustičko polje broda intenzivno se koristi za potrebe identifikacije, lokacije i utvrđivanja parametara njegovog kretanja. Ono se rasprostire na relativno velika rastojanja, pri čemu je njegov intenzitet takvog nivoa da ga je moguće uspešno detektovati.

Širenje akustičkog polja u vodenoj sredini

Zvuk kao fizička pojava javlja se kada se poremeti stacionarno stanje čestica neke elastične sredine. Promene položaja čestica, praćene odgovarajućim promenama pritiska, gustine, itd. nazivaju se zvučno titranje. Nastale promene šire se dalje u prostor u kojem se javlja akustičko polje. Brzina kojom se zvučni talas širi u polju naziva se brzina zvuka (c). Brzina kojom čestica titra u odnosu na ravnotežni položaj naziva se titrajna brzina.

Akustičko polje određeno je, u bilo kojem trenutku, sledećim parametrima:

– pomerajem ξ – predstavlja otklon materijalne tačke u momentu t od njenog ravnotežnog položaja,

– titrajnom brzinom čestica $V = \frac{d\xi}{dt}$,

– zvučnim pritiskom p – predstavlja razliku pritiska koji postoji u nekoj tački akustičkog polja u datom trenutku i srednjeg pritiska koji postoji u datoj tački pri odsustvu zvučnog talasa,

– gustinom ρ ,

– apsolutnom temperaturom T_A .

Parametri ξ , v, p, ρ i T_A nalaze se u međusobnoj složenoj zavisnosti, koja se definiše talasnom jednačinom, koja u prostoru glasi:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

gde je $\phi(x, y, z, t)$ potencijal polja.

Kada se traže vrednosti navedenih parametara akustičkog polja, jednačina (1) dobija oblik:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 p \text{ za zvučni pritisak,}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 p \text{ za titrajnu brzinu čestica,}$$

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 p \text{ za pomak čestice,}$$

gde je ∇^2 Laplasov operator.

Akustički talas, šireći se u prostoru, sa sobom nosi akustičku energiju čija se veličina obeležava jačinom i intenzitetom. Intenzitet zvuka jednak je srednjoj snazi koja prolazi kroz jedinicu površine u smeru širenja talasa.

Za ravne talase intenzitet zvuka je:

$$J_x = p \cdot v = \frac{p^2}{\rho c} = v^2 \rho c$$

Za sferne talase:

$$J_r = p \cdot v \cdot \cos \gamma = \frac{p^2}{\rho c} = v^2 \rho c \cdot \cos \gamma,$$

gde je γ fazni pomak.

U oba slučaja je:

$$J_x = J_r = \frac{p^2}{\rho c},$$

gde je ρc akustička impedansa sredine i vredni za sve tipove akustičkih talasa.

Veličina zvučnog pritiska p izražava se u hidroakustici u μPa , a veličina intenziteta u W/m^2 .

More je vrlo složena sredina za širenje zvuka. Intenzitet akustičkog talasa opada sa udaljenošću od izvora, a ostvareni gubici pri širenju (TL) količinski se opisuju odnosom između slabljenja zvuka na udaljenosti 1 m od izvora i neke tačke u prostoru. Gubici pri širenju između dve tačke iznose:

$$TL = 10 \log \frac{I_0}{I} \quad (2)$$

gde je:

I_0 – intenzitet u tački koja je udaljena 1 m od izvora,

I – intenzitet u nekoj udaljenoj tački.

Gubici pri širenju talasa razmatraju se kao zbir gubitaka usled divergencije čela talasa i gubitaka koje određuju karakteristike površine, vodene sredine i dna. Prve gubitke karakteriše slabljenje zvuka zbog udaljavanja fronta talasa, a druge efekti gušenja, raspršavanja i disipacije energije iz zvučnih kanala.

Za morsku sredinu može se uzeti da je prisutno sferno širenje akustičke energije, pa ukupni gubici akustičke energije u moru iznose:

$$TL = 20 \log r + \alpha r + 60 \quad (3)$$

gde je:

r – udaljenost (km),

α – koeficijent apsorpcije (dB/km).

Međutim, iako se sferno širenje uzima kao osnov, uslovi slobodnog polja retko se sreću u moru osim na relativno malim udaljenostima. Prema tome, u realnim uslovima, zbog refleksije, ras-

pršavanja i postojanja prostorno graničnih uslova (dno, površina), širenje akustičkog talasa u moru poprima složeni oblik [1].

Komponente akustičkog polja broda – podmornice

Emitovani akustički šum broda, prema poreklu i udelu u ukupnom akustičkom šumu može biti: vibracioni, hidrodinamički i šum propelera.

Vibracioni šum nastaje usled vibracija broda, izazvanih delovanjem različitih periodičnih sila, kao što su:

- sile koje deluju na postolje glavnih i pomoćnih mehanizama, nastale pri njihovom radu, kao i zbog slabe izbalansiranosti i podešenosti,

- hidrodinamičke sile koje nastaju zbog udara mase vode o brodsku oplatu pri kretanju broda, kao i udari vode izazvani radom propelera,

- sile koje nastaju pri obrtanju brodskih osovina.

Pogonski motori i pomoćni mehanizmi prouzrokuju oscilacije koje se prenose preko trupa broda u vodenu sredinu. Ventilatori, pumpe i paluba takođe utiču na podizanje nivoa šumova. Kretanje vode i talasa koji udaraju o trup broda stvaraju zvučne talase koje emituje brod. Do frekvencije ovih zvučnih oscilacija dolazi, uglavnom, u čujnom području, ali i u oblasti ultrazvuka ili infrazvuka. Pojedinačni elementi mehanizama sa obrtnim kretanjem imaju sopstvenu frekvenciju:

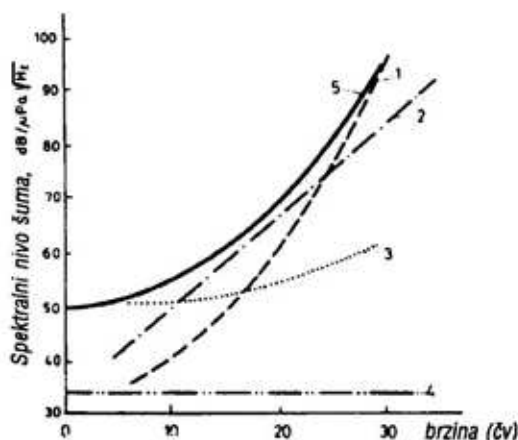
$$f = \frac{n}{60} \text{ (Hz)},$$

gde je n broj obrtaja u minuti.

Povećanjem broja obrtaja elemenata mehanizama, tj. brzine broda, proporcio-

nalno se povećava i nivo vibracionog šuma broda.

Pregled nivoa vlastitog šuma broda po komponentama, prikazan je na slici 1.



Sli. 1 – Nivo vlastitog šuma broda u zavisnosti od brzine:

1 – šum propelera, 2 – hidrodinamički šum, 3 – šum motora i mehanizama, 4 – električni šum, 5 – ukupni šum

Hidrodinamički šum nastaje zbog turbulentnog kretanja vode uz brodsku oplatu, izazvanog trenjem između čestica vode i nedovoljno glatko obrađene brodske oplate, kao i zbog promene brzine i pritiska u tečnosti. Deo energije rasprostire se u obliku zvučnih talasa, i pritom nastaje široki akustički spektar. Frekvenzijski spektar i intenzitet ovog šuma zavise od brzine, forme i dimenzija broda, kao i od broja otvora i izdanaka na podvodnom delu broda:

$$f = k \frac{v}{d} \cdot n$$

gde je:

k – koeficijent koji zavisi od oblika trupa broda (0,2 za okruglu ploču, 0,3 za kuglu i 0,23 do 0,24 za cilindar na pramcu,

v – relativna brzina (brzina vodene sredine/brzina broda),
 d – prečnik obuhvaćene površine,
 n – prirodan broj.

Šum propelera jedna je od osnovnih komponenti ukupnog šuma broda, koja nastaje obrtanjem propelera u vodenoj sredini. Eksperimentalni podaci dobijeni pri ispitivanju akustičkog polja pokazuju da je najšumniji deo broda njegov krmeni deo, gde se nalaze brodski propeleri. Povećana šumnost krmenog dela broda nije samo zbog šuma propelera, već i zbog toga što su u ovom delu broda i vibracioni i hidrodinamički šumovi znatno veći u odnosu na druge delove broda (krmeni deo, osovinski vod i dr.).

Usled obrtanja propelera, u prostoru između njega i krme broda, javlja se periodično promenljivo akustičko polje čija se frekvencija izračunava pomoću izraza:

$$f = \frac{n \cdot m}{60}$$

gde je:

n – broj obrtaja propelera u minuti,
 m – broj lopatica propelera.

Rad propelera nije praćen samo vibracionim, već i tzv. kavitacionim šumom. Pri obrtanju propelera na delovima njegovih lopatica formira se oblast potpritiska. Povećavanjem broja obrtaja propelera povećava se i veličina potpritiska, a rezultujući pritisak se smanjuje. Zahvaljujući tome, kod nekog broja obrtaja n_{kr} veličina rezultujućeg pritiska dostiže kritičnu veličinu, što se manifestuje odvajanjem vazduha rastvorenog u vodi u obliku mehurića različitog prečnika. Ukoliko rezultujući pritisak postane jednak ili manji

od kritičnog, na lopaticama propelera će doći do intenzivnog obrazovanja ovih mehurića. Na mehuriće deluje struja vode noseći ih u oblast sa povišenim pritiskom, gde oni trenutno nestaju – implodiraju uz stvaranje akustičkog šuma vrlo širokog frekvencijskog spektra (od nekoliko Hz do 100 kHz).

Teoretske analize i praktična merenja pokazala su da pritisak pri pojavi kavitacionih mehurića nema fiksnu vrednost, već se izračunava kao:

$$p = p_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot \cos 2\pi \cdot \frac{t}{T}$$

gde je:

t – trenutno vreme,

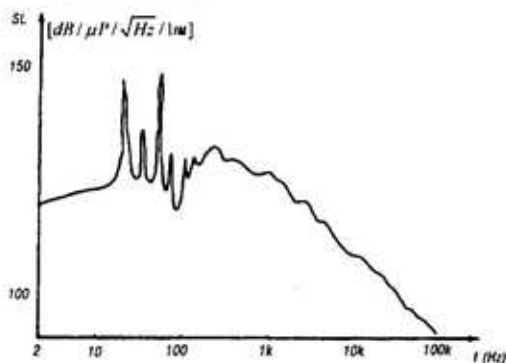
T – vreme postojanja (od nastanka do nestanka) kavitacionih mehurića.

Prema tome, šum propelera sastoji se od vibracionog šuma, prisutnog do neke kritične brzine, odnosno kritičnog pritiska, i kavitacionog šuma koji nastaje posle kritične brzine, tj. kritičnog broja obrtaja. Ova komponenta predstavlja osnovu akustičkog polja, pogotovo u ultrazvučnom dijapazonu frekvencija.

Sumarno akustičko polje broda

Akustičko polje u celini zavisi ne samo od navedenih komponenti već i od velikog broja faktora vezanih za uslove sredine u kojoj se polje rasprostire, tako da je teško sve obuhvatiti jednim matematičkim modelom, koji bi služio kao osnov za određivanje apsolutne veličine ovoga polja. Veličina akustičkog polja određenog tipa broda predstavlja slučajnu veličinu koja se potčinjava normalnom zakonu rasprostiranja. Zbog toga se

o veličini akustičkog polja broda obično govori na osnovu eksperimentalnih merenja, a dobijeni rezultati daju približnu sliku redosleda veličina koje su interesantne (akustički pritisak, intenzitet, itd.). Nivo zračenja (akustičkog polja) broda dobijen na ovaj način zavisi od:



Sl. 2 – Tipični spektar akustičkog polja broda

– tipa broda i njegovih individualnih karakteristika (broja i forme propelera, forme podvodnog dela broda, stepena izbalansiranosti osovina i mehanizama, itd.);

– uslova pri kojima se obavljaju merenja (dubina mora, rastojanje do mesta merenja, vrsta dna, strujanje vode, hidrološki uslovi i drugo);

– tačnosti merne metode.

Tipičan spektar akustičkog polja broda prikazan je na slici 2.

Nivo zračenja u jednačini hidrolokacije izražava se kao akustički pritisak u (dB), koji emituje podvodni izvor (brod), izmeren na proizvoljnoj udaljenosti i preveden na udaljenost od jednog metra od akustičkog centra izvora. Nivo zračenja se određuje u pojasu 1 Hz i odnosi se na referentni nivo od 1 μPa koji se zove spektralni nivo šuma. Postoje dva osnovna tipa šuma koji se suštinski razlikuju. Prvi je širokopojasni šum sa konti-

nualnim spektrom, a drugi tip je tonalni šum sa diskretnim spektrom koji se sastoji od tonalnih ili sinusnih komponenti (ovaj spektar sadrži linijske komponente koje se pojavljuju na diskretnim frekvencijama).

Merenjem se dobija veličina akustičkog pritiska p_0 , za poznato rastojanje r_0 i frekvencijski opseg Δf_0 . Preračunavanje akustičkog pritiska, sa nekog poznatog rastojanja na referentno rastojanje od 1 m, a u funkciji proračuna radijusa reaganja nekontaktnih sistema koji koriste akustičko polje kao nosioca korisnog signala, može se izvršiti preko sledeće aproksimativne formule [1]:

$$p = p_0 - (20 \log r + \beta \cdot r) \quad (\text{Pa})$$

gde je:

p – tražena veličina akustičkog pritiska,
 p_0 – poznata veličina akustičkog pritiska dobijena merenjem na poznatom rastojanju r_0 ,

r – rastojanje na kojem se želi odrediti veličina akustičkog pritiska (m),

β – koeficijent prostornog slabljenja akustičkog pritiska pri rasprostiranju kroz vodu.

Parametri koji bitno utiču na veličinu hidroakustičkog pritiska broda su:

– deplasman broda, čijim povećanjem veličina efektivnog akustičkog pritiska raste;

– brzina broda, čijim povećanjem veličina efektivnog akustičkog pritiska raste (što se vidi na slici 3) prema obrascu:

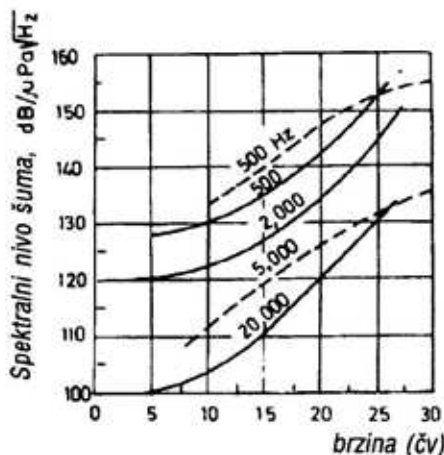
$$p_{\text{ef}} = aV^n$$

gde su a i n koeficijenti koji zavise od tipa broda, a V brzina broda;

- frekvencija, čijim rastom nivo akustičkog pritiska opada

$$P_{ef} = \frac{A}{f^n}$$

gde su A i n koeficijenti koji zavise od tipa broda;



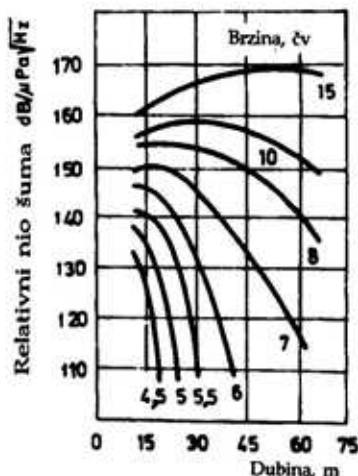
Sl. 3 - Zavisnost nivoa šuma od brzine broda

- dubina, koja je bitan faktor za podmornice i torpeda koji menjaju dubinu kretanja. Njenim povećanjem veličina efektivnog akustičkog pritiska opada po obrascu:

$$P_{ef} = \frac{A}{h^n}$$

gde su A i n koeficijenti koji zavise od tipa podmornice ili torpeda.

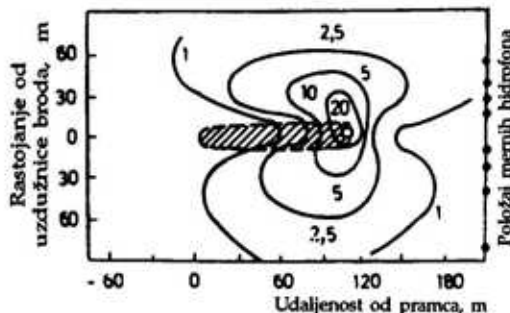
Nivo kavitacionog šuma se smanjuje sa povećanjem dubine, ali taj proces nije ravnomeran. Ustanovljeno je da pri pojavi kavitacije na većim brzinama nivo šuma raste sa povećanjem dubine ronjenja do granice na kojoj nastupa normalno smanjenje šuma, što se može videti na slici 4.



Sl. 4 - Uticaj dubine na relativni nivo šumova u zvučnom i frekvencijskom opsegu podmornice

Brod se može smatrati neusmerenim izvorom šuma (poluloptastim) u oblasti nižih frekvencija (ispod 1 kHz), dok se u oblasti viših frekvencija primećuje određena usmerenost.

Postoje pravci u kojima je zvučni pritisak merljiv i na većim rastojanjima, kao i oni u kojima je na istim rastojanjima zanemarljivo mali. Za svaki brod je karakteristično da u dva pravca emituje zvuk znatno manjeg intenziteta. Prvi jasno izraženi minimum nalazi se tačno na smeru kretanja ispred broda (telo broda sprečava rasprostiranje šuma propelera). Drugi minimum nalazi se iza broda po krmu (strujanje vode po krmu znatno ap-



Sl. 5 - Usmerenost akustičkog polja broda

sorbuje akustičku energiju), a izraziti maksimumi javljaju se po bokovima. Šematski prikaz usmerenosti akustičkog polja broda prikazan je na slici 5.

Na osnovu dostupnih rezultata o sprovedenim istraživanjima akustičkog polja broda može se zaključiti sledeće:

– svaka vrsta broda, podmornice ili nekog drugog plovnog objekta poseduje karakterističan akustički šum. Međutim, pored razlika između akustičkih šumova različitih vrsta plovnih objekata, dobar operator na podvodnom elektroakustičkom lokatoru može lako da identifikuje brod;

– u ukupnom akustičkom šumu broda, kada se on kreće sa malim brojem obrtaja propelera, odnosno malom brzinom, preovladava akustički šum koji je izražen na niskim i srednjim frekvencijama. Kod brodova koji se kreću velikim brzinama i kada je broj obrtaja propelera relativno visok, preovladava akustički šum na višim frekvencijama;

– različiti tipovi plovnih objekata u istim režimima vožnje poseduju različite spektre hidroakustičkog polja;

– značajna razlika u karakteristici spektara akustičkog polja postoji ne samo između šumova brodova različitih vrsta nego i između šumova istog broda pri različitim brzinama kretanja;

– nivo emitovanog akustičkog polja broda ili podmornice može se smanjiti i oslabiti primenom posebnih tehničkih mera, ali to zahteva velika materijalna ulaganja, pri čemu i dalje ovo polje ostaje za 20 do 40 dB/1 Pa veće od akustičkog ambijentalnog šuma mora.

Karakteristike vode značajne za rasprostiranje hidroakustičkog polja broda

Gustina vode znatno je veća od gustine vazduha, što ima za posledicu da je

karakteristična akustička impedansa morske vode oko 3700 puta veća od one u vazduhu. Gustina vode je za oko 800 puta veća od gustine vazduha, pa je pri istim brzinama kretanja u vodi i vazduhu, dinamički pritisak mnogo izraženiji u vodi.

Brzina prostiranja zvuka u morskoj vodi može se izračunati pomoću sledećeg empirijskog izraza:

$$c = 1410 + 4,21 \theta - 0,037 \theta^2 + 1,10 S + 0,018 d \left(\frac{m}{s} \right)$$

gde je:

θ – temperatura vode ($^{\circ}C$),

S – salinitet (%o),

d – dubina (m).

Apsorpcija svetlosti u vodi je daleko izraženija nego u vazduhu. Pored toga, svetlost se u vodi intenzivnije rasejava. To ima za posledicu da je primena i korišćenje optičkih naprava i televizije u vodi vrlo ograničeno s obzirom na to da je neophodno dodatno osvetljenje i slično. Neke posebne primene optičkih sistema u vodi su moguće i koriste se u praksi. Tako, na primer, danas se veoma uspešno koriste TV kamere na ronilicama za otkrivanje i uništavanje mina, a u uslovima loše vidljivosti ulogu TV kamere preuzima visokorezolucijski sonar.

Hidroakustičke smetnje

Ispravan rad podvodnih nekontaktnih hidroakustičkih sistema ne zavisi samo od hidroakustičke pojave već i od smetnji prisutnih u rejonima upotrebe tih sistema. Pod hidroakustičkim smetnjama podrazumevaju se različiti hidroakustički šumovi koji se javljaju u datom okruženju

i koji su van kontrole. Ove smetnje – šumovi, mogu biti prirodnog ili veštačkog porekla. U veštačke smetnje ubrajaju se šumovi koji se stvaraju pomoću različitih naprava i služe za ometanje i navođenje oružja u pogrešnu stranu. Tako, na primer, danas većina ratnih brodova u svojoj opremi ima veštačke izvore hidroakustičkog šuma. Oni se ispuštaju i tegle po krmi na određenom rastojanju, radi odvođenja torpeda na pogrešnu stranu dalje od broda. Podmornice se štite tako što lansiraju veštački izvor akustičkog šuma, odnosno, imitatore šuma sopstvenih propelera, koji su u stanju da rade nekoliko sati krećući se po programiranoj putanji, i tako odvođe protivnički protivpodmornički brod, helikopter ili torpedu u pogrešnu stranu.

U veštačke smetnje spada i sopstveni šum broda nosioca hidroakustičkih pasivnih sredstava za otkrivanje podvodnih ciljeva, kao i šum propelera torpeda koji ometa rad sopstvenog hidroakustičkog sistema za samonavođenje.

Prirodne hidroakustičke smetnje nastaju nezavisno, i na njihovu veličinu nije moguće uticati. Ove smetnje utiču na rad svih hidroakustičkih sistema i uređaja koji koriste hidroakustičko polje kao izvor informacija, a posebno na rad minskih nekontaktnih hidroakustičkih upaljača smanjujući im osetljivost. Ove smetnje, prema poreklu, mogu biti:

- termički šum, koji nastaje usled termalnog kretanja čestica vode. Karakterističan je po relativno visokim frekvencijama višim od 50 kHz;

- šum morskih talasa, koji najviše doprinosi ukupnom nivou šuma, javlja se u opsegu frekvencija od 100 Hz do 50 kHz i zavisi od stanja mora;

- biološki šum, koji stvaraju rakovi, delfini, kitovi i sl. Ova komponenta po-

sebno je izražena u plitkim morima, a zavisi od doba dana i posebno je izražena u određeno godišnje doba;

- industrijski šum, koji se javlja u oblasti velikih luka, baza i gradova;

- šum kiše, grada i vetra;

- šum izazvan udarom morskih talasa u obalu, kao i šum koji nastaje pri povlačenju peska, kamenja i dr.

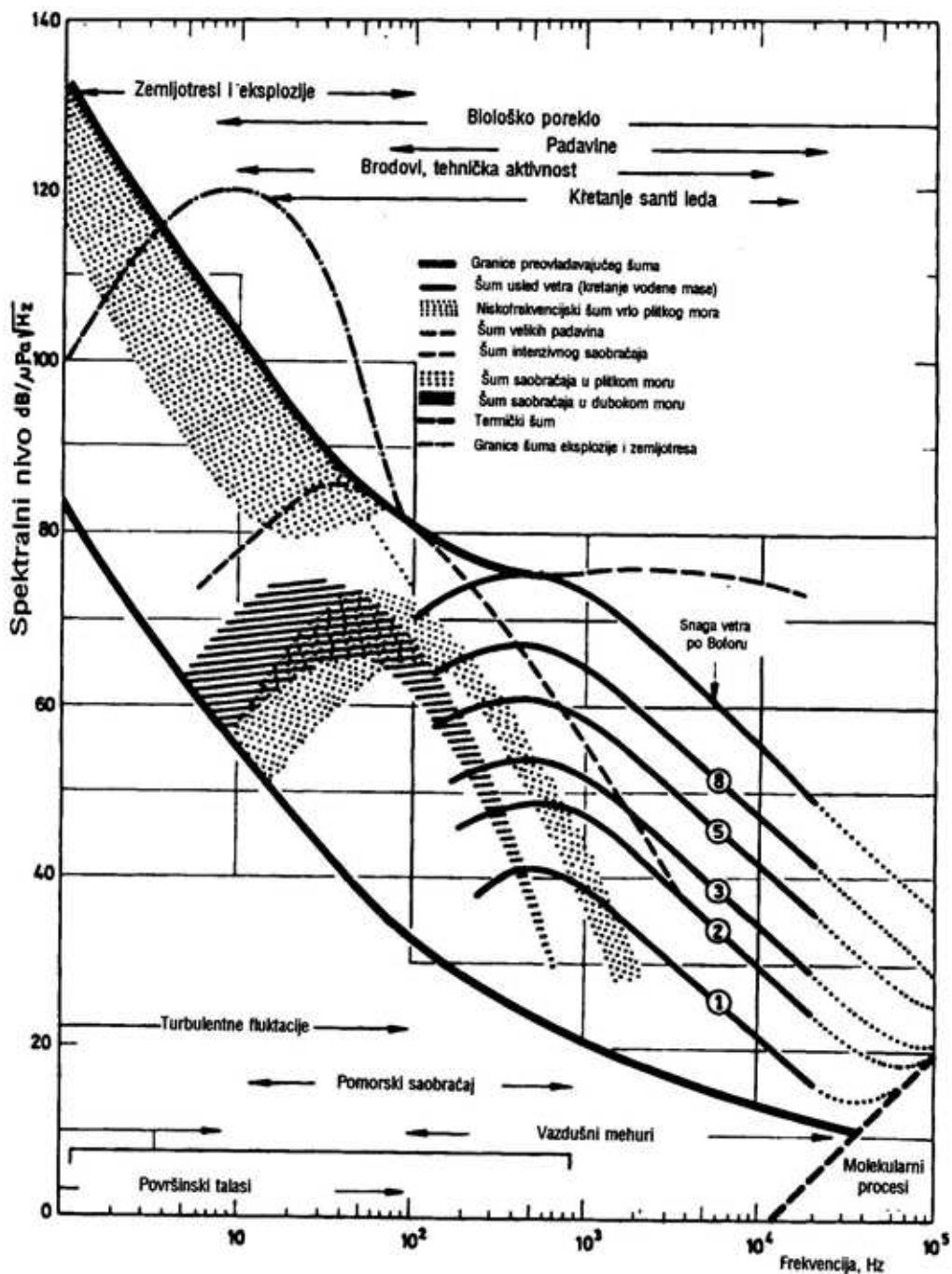
Spektar šuma morske sredine prikazan je na slici 6, a spektar šuma u zavisnosti od stanja mora na slici 7.

Svi hidroakustički šumovi mogu se označiti jednim imenom kao ambijentalni šumovi. Spektri pojedinih izvora međusobno se prekrivaju i prepliću. Ipak, spektar šuma mora, po svojim karakteristikama u odnosu na frekvenciju, moguće je podeliti na četiri osnovna dela:

- niske frekvencije (1 Hz – 100 Hz); spektar opada približno sa 10 dB/okt. U plitkom moru izražena je zavisnost nivoa spektra od brzine vetra, odnosno morskih struja. Najverovatniji izvor šuma su turbulentne fluktacije morske vode;

- srednje frekvencije (10 Hz – 500 Hz); spektar karakteriše maksimum u području od 20 Hz do 200 Hz i oštar pad nakon maksimuma. Najverovatniji izvor šuma u tom području je daleki i bliski pomorski saobraćaj;

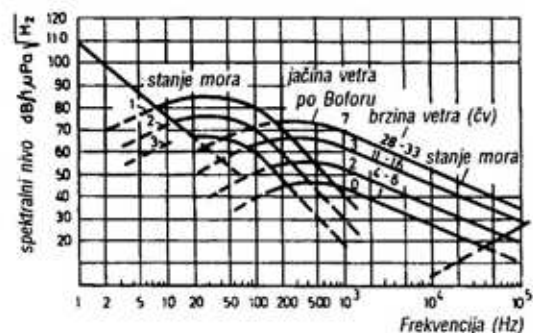
- visoke frekvencije (100 Hz – 20 000 Hz); nivo spektra zavisi od stanja mora, odnosno brzine vetra. Spektar karakteriše maksimum u području od 100 Hz do 1000 Hz i pad nivoa spektra nakon maksimuma za približno 6 dB/okt. Nivo spektra u dubokom moru približno je za 5 dB niži od nivoa spektra u plitkom moru pri istoj brzini vetra. Najverovatniji izvor šuma su mehurići i prskanje (prerušavanje) površinskih talasa. U plitkom moru, u tropskim i subtropskim područjima značajan je uticaj bioloških izvora,



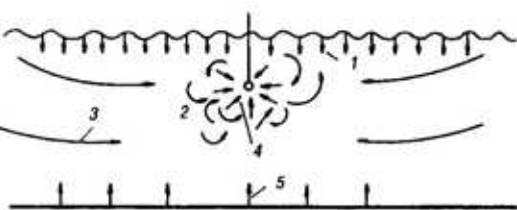
Sl. 6 – Spektar šuma morske sredine

pa spektar može imati maksimum u području od 5 do 10 kHz.

– vrlo visoke frekvencije (iznad 30 kHz); spektar je određen toplinskim šumom sa nagibom od +6 dB/okt. Naravno, u zavisnosti od vremena i lokacije, na oblik i nivo spektra utiču i svi ranije opisani izvori šuma.



Sl. 7 – Spektar šuma u zavisnosti od stanja mora



Sl. 8 – Mogući izvori šuma okoline (mora): 1 – površinski šum, 2 – turbulencija, 3 – pomorski saobraćaj, 4 – molekularni procesi, 5 – seizmički šum

Neki od mogućih izvora šuma mora prikazani su na slici 8.

Važno je istaći da se šum mora ne može posmatrati kao jednom izmerena veličina nepromenjenog karaktera, već je potrebno da se neprekidno meri. Rezultate inostranih autora treba prihvatiti samo ukoliko su dobijeni u sličnim hidrometeorološkim, biološkim i geografskim uslovima koji vladaju i na našem moru. U suprotnom rezultati se ne mogu prihvatiti i praktično upotrebiti, već mogu služiti samo kao orijentacioni parametri.

Zaključak

Elektromagnetski talasi se, pri širenju kroz vodu prigušuju mnogo jače od akustičkih, pa se podvodne veze i lokacija ostvaruju prvenstveno hidroakustičkim sredstvima. Osnovni izvor smetnji, za hidroakustičke uređaje na brodu, predstavljaju vlastiti podvodni akustički šumovi koje stvara brod. Istovremeno, ti šumovi predstavljaju korisni signal za pasivne hidroakustičke uređaje na drugom objektu. Poznavanje svojstava akustičkog polja broda nužno je zbog preduzimanja efikasnih zahvata radi smanjenja emitovanog šuma, s ciljem da se poboljšaju uslovi rada vlastitih uređaja i da se slabljenjem izvora signala smanji mogućnost detekcije broda.

Svaka vrsta broda ili podmornice poseduje karakterističan šum. Razlika između šumova različitih vrsta brodova – podmornica, toliko je velika da dobar operator na podvodnom elektroakustičkom lokatoru može lako da utvrdi vrstu broda.

Šumovi brodova različitih vrsta, razlikuju se ne samo po spektralnom sastavu nego i po intenzitetu. Svaki brod i podmornica imaju svoje akustičko polje koje se može smanjiti i oslabiti uz znatne troškove, ali ono ipak ostaje znatno veće od minimalnih šumova mora.

Literatura:

- [1] Lazarević, Ž.: Tehnička hidroakustika, Beograd, 1987.
- [2] Landwehrs, H.: Das akustische Schiffeld und seine Ortung, Militartechnik, 1974., 12, str. 540–542 i 1975., 1, str. 12–15.
- [3] Vraneš, B.: Akustičko polje broda, Split, 1973.
- [4] Kurtović, H. Š.: Osnovi tehničke akustike, Beograd, 1982.
- [5] Baijić, B.: O spektrima kavitacionog šuma, Zagreb, Elektrotehnika br. 1–1972.
- [6] Bqihovskii, G., Pokrovskii, V.: Гидроакустические измерения, Leningrad, 1971.
- [7] Konstatinov, B. P.: Гидродинамическое звукообразование и распространение звука в ограниченной среде, Leningrad, 1974.