

# **CÂMPURILE FIZICE, FACTORI ESENȚIALI PRIVIND „SUPRAVIEȚUIREA” NAVELOR MILITARE ÎN RĂZBOIUL NAVAL MODERN**

*Contraamiral de flotilă (rtr.) dr. ing. Constantin Rusu*

*Câmpul fizic* este o mărime care are o valoare în fiecare punct din spațiu, la orice moment în timp.

Un câmp fizic „clasic” este un sistem dinamic, cu un număr infinit de grade de libertate. Reprezintă o realitate fizică care îl diferențiază.

*Câmpul fizic al navei* este zona din mediul aerian sau al apei în care schimbările de caracteristici ale stării mediului sunt cauzate de navă.

Studiul câmpurilor fizice ale navei a început după anul 1900, primul analizat fiind câmpul magnetic, odată cu apariția primelor mine marine fără contact, cu canal magnetic de activare.

În prezent, sunt identificate mai mult de 30 câmpuri fizice ale navei, dar gradul lor de manifestare nu este același.

Cele mai frecvente câmpuri fizice ale navei în ceea ce privește studiul și aplicarea sunt:

- câmpul acustic (uneori denumit „vibro-acustic”);
- câmpul magnetic;
- câmpul termic;
- câmpul electromagnetic;
- câmpul electric;
- câmpul hidrodinamic

Aceste câmpuri sunt analizate privind aplicarea (manifestarea) în variante unitare sau în variante combinate.

Prezentul studiu are în analiză: câmpul acustic, câmpul magnetic și câmpul termic, deoarece toate trei au un impact semnificativ asupra siguranței navei în războiul naval modern.

Gradul de manifestare a celorlalte câmpuri fizice este redus, manifestându-se la distanțe mici în teatrul maritim.

## **1. CÂMPUL ACUSTIC**

### ***1.1. Aspecte generale.***

Pentru nave, este o denumire generică. O definiție completă este câmpul vibro – acustic, compus din două componente, care se manifestă împreună:

- sunetele;
- vibrațiile.

Ca definiție, *sunetul* este vibrația particulelor unui mediu material, cu o anumită frecvență, care se propagă prin solide, lichide și gaze, sub formă de unde elastice.

### Principalii parametri ai sunetului:

➤ *intensitatea sunetului* – cât de tare sau cât de slab este sunetul.

Este proporțională cu energia pe care o transportă unda sonoră în unitatea de timp pe unitatea de suprafață. Cu cât ne îndepărtăm de sursă, cu atât intensitatea sunetului scade.

Se măsoară în decibeli, dB.

Funcție de intensitatea sunetului, măsurată în dB, la distanța de 1,00 m de sursă, deosebim:

- sunete suportabile de ureche: până la 130 dB;
- sunete dureroase: (130÷140)dB;
- surzire: mai mare de 140 dB.

Balena albastră emite sunete de 188 dB, recepționate până la 850 km.

➤ *înălțimea sunetului (frecvența sunetului):*

$$v = \frac{n}{t} = \frac{\text{nr. oscilații (vibrații)}}{\text{timp}}; [Hz]$$

Funcție de frecvență, deosebim:

- infrasunete,  $v < 16 Hz$ ;
- nivel auditiv uman,  $16 Hz \div 20 kHz$ ;
- ultrasunete,  $v \geq 20 kHz$ ;

➤ *timbrul sunetului*, permite identificarea undei sonore.

Timbrul sunetului uman este o amprentă (unică) ca și amprenta digitală și amprenta irisului.

➤ *viteza de propagare a sunetului în mediul exterior:*

- prin aer: 343 m/s;
- apă dulce: 1.425 m/s;
- apă de mare: 1480 m/s;
- oțel: 5.100 m/s.

➤ *reflexia și refracția.*

În apa de mare, viteza de propagare a sunetului este în funcție de densitatea acesteia, care este o funcție combinată, temperatură – salinitate.

În Oceanul planetar, la anumite adâncimi și în anumite zone, sunetul se propagă la distanțe foarte mari. O asemenea zonă poartă numele de „canal acustic”. Un „ping” emis de hidrolocatorul unui submarin sau al unei nave de suprafață, în canalul acustic, poate fi recepționat de un sonar pasiv, cu antenă remorcată, la o distanță de până la 150 km.

Marile puteri maritime militare dispun de hărți ale canalelor acustice la nivel planetar. În aceste raioane maritime se evită folosirea regimului „activ” a hidrolocatoarelor.

*Vibrația* este o mișcare periodică a unui corp sau a particulelor unui mediu, efectuată în jurul unei poziții de echilibru.

Toate corpurile care au masă și elasticitate, pot vibra. Un sistem vibrator are atât energie cinetică înmagazinată în masa în mișcare, cât și energie potențială înmagazinată în elementul elastic, ca energie de deformație.

În timpul vibrațiilor are loc o transformare ciclică a energiei potențiale în energie cinetică și invers.

Sistemele vibratoare sunt supuse amortizării datorită pierderii de energie prin disipare sau radiație. Amortizarea produce descreșterea amplitudinii vibrațiilor libere, defazajul între excitație și răspuns, precum și limitarea amplitudinii răspunsului forțat al elementelor vibratoare.

Parametrii vibrației:

- accelerație;
- viteză;
- deplasare;
- frecvență:
  - joasă;
  - medie;
  - înaltă.

Referitor la frecvențe, nu este posibilă o clasificare generală a acestora, deoarece fiecărui agregat de la bordul navei (generator de vibrații) îi este specifică o clasificare specifică a frecvențelor.

### ***1.2. Clasificare zgomotelor specifice unei nave de război.***

În domeniul naval - militar, zgomotele se clasifică în patru grupe:

- zgomotul generat de navă (zgomotul platformei);
- zgomotul generat de sistemul sonar activ;
- zgomotul ambiental marin;
- zgomote aleatorii,

Mașinile, mecanismele și sistemele de la bordul navei de război aflate în funcțiune, generează zgomote și vibrații. O parte din energia radiată este transmisă, prin structura navei, către carenă, de unde este transmisă mediului marin.

Zgomotul generat de sistemele de la bordul navei și zgomotul sonarului „activ” se însumează și formează *amprenta acustică radiată de navă*. Acesta este zgomotul detectat de sonarul pasiv și de canalul acustic al unei mine marine fără contact sau al unei torpile cu cap de căutare acustic.

Zgomotul platformei are influență asupra funcționării sonarului navei, atât în regim „activ” cât și în regim „pasiv”.

Zgomotul sonarului nu face parte din prezenta analiză.

*Zgomotul platformei* conține două componente:

- componenta internă;
- componenta externă.

#### Componenta internă conține:

- zgomotele generate de sistemele primare de generare a energiei de la bord împreună cu componentele auxiliare ale acestora:
  - motoare diesel;
  - turbine cu gaze;
  - cazane de abur – turbine cu abur;
- zgomote generate de la funcționarea mașinilor electrice:
  - generatoare electrice;
  - motoare electrice;
  - convertizoare și convertoare;
  - transformatoare;
  - tablourile electrice aferente mașinilor electrice și altor consumatori de la bord;
- zgomote generate la funcționarea instalațiilor și mașinilor hidraulice:  
pompe;
  - reductoare de presiune;
  - compresoare de gaze;
  - trasee de conducte;
  - sisteme de ventilație, inclusiv sistemele de condiționare a aerului de la bord;
- zgomotele generate la funcționarea instalațiilor de punte;
  - vibrația catargelor și suporturilor pendulari;
  - zgomotele generate de echipaj.

#### Componenta externă conține:

- zgomotul propulsorului:
  - vibrații „normale” („cântatul” elicei);
  - zgomote generate de regimul cavitant al elicei;
- zgomotul hidrodinamic:
  - curgerea apei prin prizele de fund de aspirație și de evacuare;
  - turbulența creată de apendici (carcasa hidrolocatorului, cavaletii liniilor axiale,
  - cârme de guvernare, cârme active – rului și tangaj, sparge-val, chile anti-rului);
  - gradul de agitație al mării (slammingul, slappingul).

#### Zgomotul ambiental:

- condițiile meteo;
- produsele biologice ale mării;
- transportul maritim.

Zgomote aleatorii:

- tragerile de artilerie;
- lansările de rachete, bombe reactive antisubmarin, torpile, capcane (momeli);
- apunări, decolări de avioane sau elicoptere.

Din cele menționate mai sus, sunt unele componente de care este necesar să se țină cont în regimul de „tăcere totală”.

### ***1.3. Măsurile de izolare fonică și vibratorie.***

Cuprinde o serie de măsuri ce se întreprind la bord pentru reducerea zgomotelor și vibrațiilor generate de navă (zgomotul platformei):

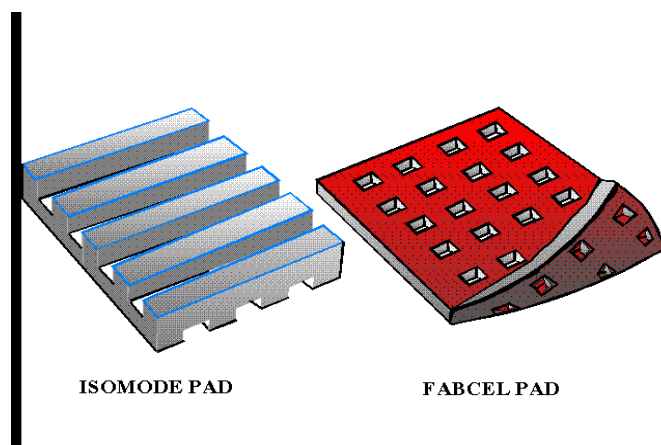
Principalele măsuri constau în:

- montarea tuturor echipamentelor de la bord pe suporturi elastice;
- acolo unde este necesar, unele echipamente se pot monta pe covoare antivibratorii;
- prevederea de conexiuni flexibile pentru conducte;
- montarea de panouri fonoabsorbante;
- controlul vibrațiilor generate de echipamente montate pe suprastructurile navei;
- folosirea de echipamente care generează, în funcționare, zgomote și vibrații reduse;
- evitarea vibrațiilor rezonante.

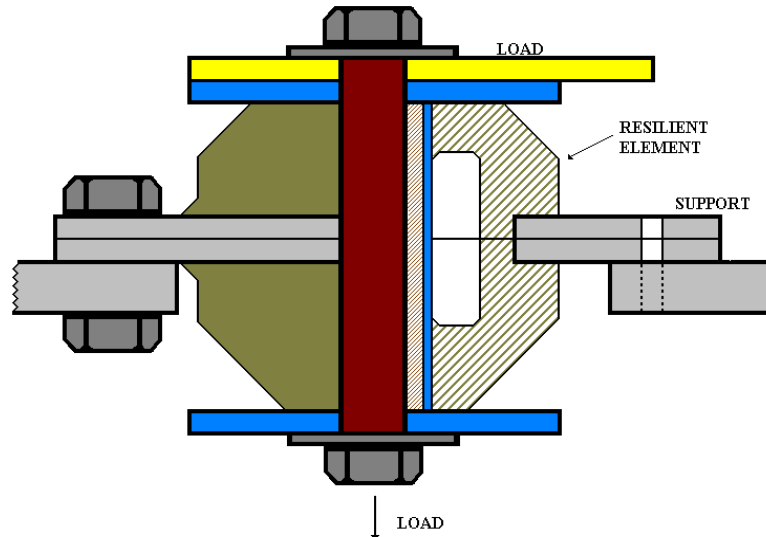
### ***1.4. Program de reducere a zgomotelor și vibrațiilor la bordul navei.***

#### ***1.4.1. Măsurile ce se întreprind pe durata proiectării navei:***

- alegerea unui sistem de propulsie silențios, adecvat misiunilor principale ale navei, printr-o analiză a raportului cost – eficiență;
- montarea sistemului PRAIRE – MASKER;
- alegerea mașinilor cu generare de câmpuri vibro-acustice reduse în funcțiune (evitarea turațiilor rezonante în plaja normală de funcționare);
- soluții eficiente de izolare vibro-acustică (amortizoare adecvate, dubla amortizare, panouri și carcase fonoabsorbante);

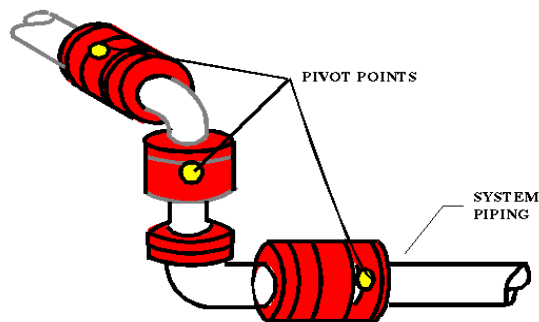


*Fig.1.1. Covoare antivibratorii*



*Fig. 1.2. Amortizor de vibrații pentru mașini grele*

- tubulaturi cu trasee scurte, îmbinate cu elemente amortizoare de vibrații și fără coturi cu unghiuri închise mici ;



*Fig. 1.3. Tubulaturi cu îmbinări elastice*

- evitarea vibrațiilor torsionale în sistemul de propulsie (mașină – transmisie – linie de arbori – lagăr de împingere – elice);
- evitarea montării mașinilor grele direct pe osatura navei, fără postamente intermediare;

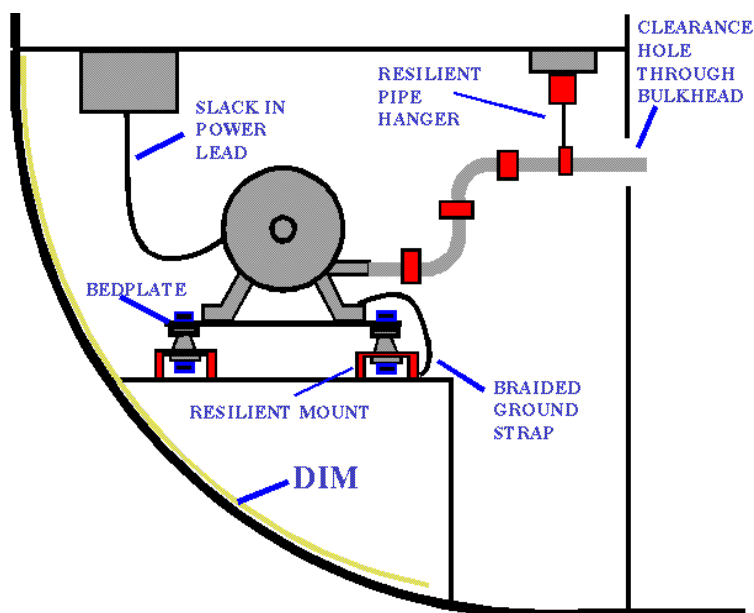


Fig. 1.4. Exemplu de amortizare în complex.

- catarge și suportți pendulari cu rigidități suficiente care să prevină vibrații exagerate pe durata navigației navei pe mare agitată;

#### 1.4.2. Măsuri ce se întreprind pe durata construirii navei:

- coliniaritatea cuplajelor dintre ansamblele mecanice de la bord (sistem de propulsie, motor termic – generator de curent, grupuri convertizoare compuse, echipamente auxiliare etc.);
- cordoane de sudură continui la îmbinarea elementelor constructive ale postamentelor mașinilor generatoare de vibrații;
- acces lejer pentru vizualizarea amortizoarelor de vibrații, în special, a celor active;
- respectarea cursei amortizoarelor, prin montarea corectă a limitatoarelor (tampoanelor).

#### 1.4.3. Măsuri pe durata exploatării navei:

- la finalizarea construirii navei, într-un poligon special amenajat, se măsoară zgomotul platformei. Nava nu intră în serviciul operativ până când zgomotul platformei nu se încadrează în limitele impuse.
- la bordul unei nave de război operative (corvete, fregate, distrugătoare, crucișătoare, nave de desant, nave portelicopter, portavioane) funcționează o echipă de control și supraveghere a zgomotelor și vibrațiilor. Echipa este coordonată de inginerul șef al navei și are următoarele atribuții principale:
- identificarea echipamentelor generatoare de zgomote anormale, care necesită lucrări de reparare sau de înlocuire;
- evidența orelor de funcționare ale mașinilor și agregatelor de la bord generatoare de zgomote și vibrații, pentru corectarea, cu prioritate, a jocurilor în lagăre, verificarea centrajelor, analiza angrenajelor cu pinioane, zgomotul

rulmenților, aspectarea cuplajelor prin fricțiune

- măsurarea periodică a frângerilor îmbinărilor cu flanșe a arborilor care execută mișcări de rotație;
- curățarea periodică a foulingului depus pe palele elicelor cu ajutorul scafandrilor autonomi;
- urmărirea depunerilor de fouling pe suprafețele operei vii;
- măsurarea periodică, în poligoane amenajate, a zgomotului platformei și aducerea acestuia în limitele impuse (măsurătorile în poligon se execută în următoarele situații: la finalizarea construcției navei, după executarea la bord a unor lucrări de reparații de amploare sau de modernizare, înainte de executarea unor misiuni unde amprenta vibro – acustică devine o condiție esențială);

### 1.5.Sistemul PRAIRE – MASKER.

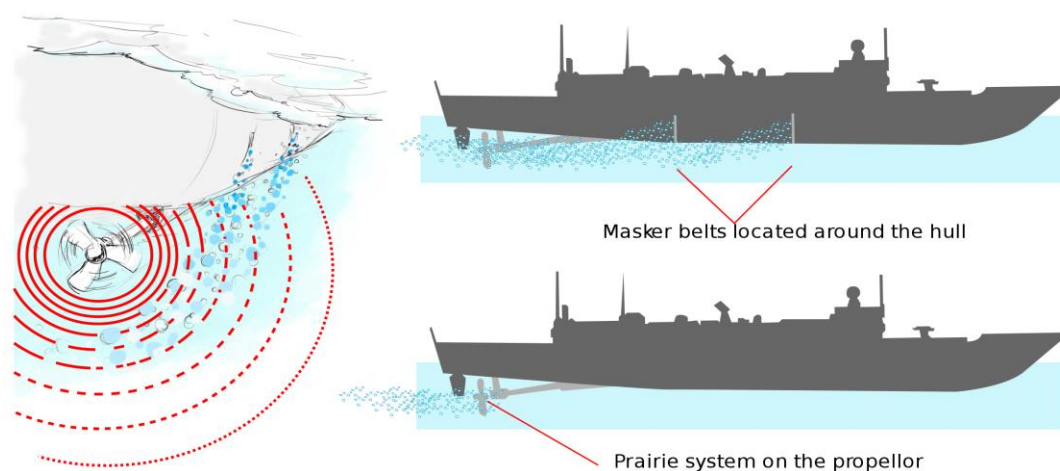


Fig.1.5.Schema de principiu a sistemului PRAIRE – MASKER.

#### 1.5.1.Atenuarea zgomotului carenei.

Este un sistem montat la bordul unor nave de război, aplicat pentru prima dată de US Navy (fregatele Clasa „Oliver Hazard Perry”, distrugătoarele Clasa „Spruance” și Clasa „Arleigh Burke”, crucișătoarele Clasa „Ticonderoga”).

Sistemul a început să fie montat pe la începutul anilor '60, mai întâi pe submarinele convenționale, US Navy, Clasa „Guppy III”.

Rolul sistemului constă în reducerea amprentei (semnăturii) acustice a unei nave de război prin crearea unui semnal acustic fals, asemănător celui generat de picăturile de ploaie, care lovesc suprafața apei mării. Aceasta face ca sonarul pasiv al navei sau submarinului „neprietenos” să înregistreze un semnal fals, cu o intensitate mică, făcând imposibilă identificarea acustică a navei.

Sistemul se prezintă în două variante constructive, care pot fi aplicate singular sau în comun:

- de carenă, amplasat în prova și în pupa compartimentelor mașini;



- în palele elicei, cu scopul de a reduce zgomotul generat la funcționarea acesteia și de înlăturare (diminuare) a zgomotului cavitant.

Inițial, US Navy a clasificat sistemul ca fiind „top secret”, dar în prezent acesta este montat la bordul a multor nave de război (corvete, fregate, distrugătoare, crucișătoare) ca o componentă a războiului antisubmarin.

Zgomotul nedorit (zgomotul platformei) generat în principal, în compartimentele mașini, care se propagă în mediul marin, poate limita sever capacitatea de funcționare a sonarului de corp al navei în ambele regimuri, „activ” și „pasiv”, reducând semnificativ raza de acțiune a mijloacelor de detecție a submarinelor și a navelor de suprafață, dar și creșterea probabilității de detecție de către a navă „neprietenoasă”.

US Navy dezvoltă programul „Ship Silencing Program” (SSP) de reducere până la „tăcere” a amprentei acustice a navelor de război proprii.

Programul are următoarele obiective principale:

- reducerea „auto zgomotului”, ca amprentă acustică;
- reducerea „auto zgomotului” pentru a nu bruia undele acustice emise de sonarul de carenă propriu;
- reducerea „auto zgomotului” pentru creșterea eficienței sonarului pasiv propriu.

Utilizarea bulelor de aer și efectele acestora asupra propagării undelor acustice au început să fie studiate, sistematic, încă din perioada Războiului Doi Mondial, ca o componentă de mascare a navelor vânătoare de submarine.

Sistemul se bazează pe crearea unui mediu cu o densitate diferită (mai mică) decât cea a apei de mare. Aceasta face ca undele acustice care trec prin mediul cu bule de aer (cu o densitate mai mică) să se lovească de un „zid” (apa de mare, cu o densitate mai mare), fiind reflectate înapoi.

Se cunoaște că viteza de propagare a sunetului printr-un material se prezintă ca un raport dintre rădăcina pătrată a rigidității și densitatea acestuia.

Într-un nor de bule, densitatea este asemănătoare cu cea a apei, dar rigiditatea este cea a aerului.

Rezultatul este că prin acest mediu, (norul cu bule de aer), viteza de propagare este aproape de zece ori mai mică, comparativ cu viteza de propagare prin apa de mare și de trei ori mai mică decât viteza sunetului în aer.

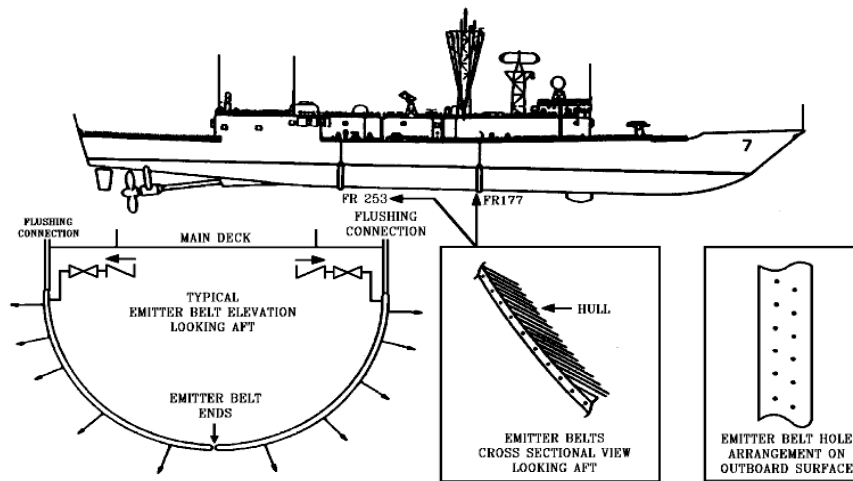
În acest mod, sunetul rezultat, care s-ar propaga pe distanțe mari, este reflectat înapoi, înspre carenă, în cele din urmă, se disipă.

#### *1.5.2. Atenuarea zgomotului elicei.*

Principala problemă a zgomotului elicei o constituie funcționarea în regim cavitant.

Cavitația apare în momentul când presiunea apei pe extradosul palei este mai mică decât presiunea vaporilor de apă la acea adâncime. Ca urmare, pe suprafața palei se formează vapori de apă. Când vaporii de apă părăsesc suprafața palei și trec într-un mediu cu densitate mai mare, se condensează brusc, iar apa lovește suprafața palei cu viteză foarte mare și cu un zgomot intens. Dacă de pe muchia palei, spre bordul de fugă al acesteia se trimite o cantitate mică de aer, atunci bulele de vapori de apă se condensează fără a lovi suprafața palei, iar zgomotul suplimentar generat are o intensitate mică.

*1.5.3. Porțiunea MASKER* a sistemului este concepută pentru a reduce zgomotul generat de motoarele diesel ale navei împreună cu auxiliarele acestora, cu scopul reducerii zgomotului rezultat, exterior, și creșterea eficienței sonarului propriu al navei (sonarul de corp).



MASKER AIR EMITTER BELTS

Fig. 1.6. Schema de principiu a sistemului MASKER.

În mod curent, porțiunea „Masker” constă din două „benzi” metalice încastrate pe exteriorul carenei înspre prova și înspre pupa compartimentelor mașini. În interiorul acestor „benzi” se trimite aer comprimat care trece în mediul marin prin niște perforații (orificii) cu dimensiuni bine definite, pentru a crea o barieră de bule de aer în jurul carenei, unde zgomotul generat în interiorul navei și propagat în mediul marin este disipat.

1.5.4. Porțiunea PRAIRE (*Propeller air – induced emission*) este un sistem ce se montează fix, pe corpul navei, lângă elice, fie în palele elice (pe muchiile acestora, înspre bordul de fugă). În situația sistemului din palele elicei, aerul este trimis prin orificii practicate pe muchia palei, orientate spre extradadosul acesteia.

În cazul sistemului montat pe corp, aerul comprimat este trimis pe extradadosul palei prin niște duze.



Fig. 1.7. Sistem PRAIRE cu pulverizator de carenă.

Problema de exploatare a sistemului Praire – Marker constă în menținerea curată a

orificiilor prin care circulă aerul, care au dimensiuni mici, iar, în timp, acestea se acoperă cu fouling (viețuitoare marine – scoică).

Pentru a preveni înfundarea orificiilor, se procedează în două moduri:

- curățarea mecanică, periodică, a palelor elicelor și a benzilor de către scafandrii autonomi;
- spălarea, periodică, cu apă dulce a sistemului, prin trimiterea acestuia sub presiune prin orificii pentru îndepărtarea scoicilor (la contactul cu apa dulce, scoica se desprinde de pe suprafața unde a aderat).

## 2. CÂMPUL MAGNETIC

### 2.1 Câmpul magnetic al Pământului

Pământul are un câmp magnetic semnificativ, care generează o forță complexă, cu efecte incomensurabile asupra vieții de zi cu zi umane și animale.

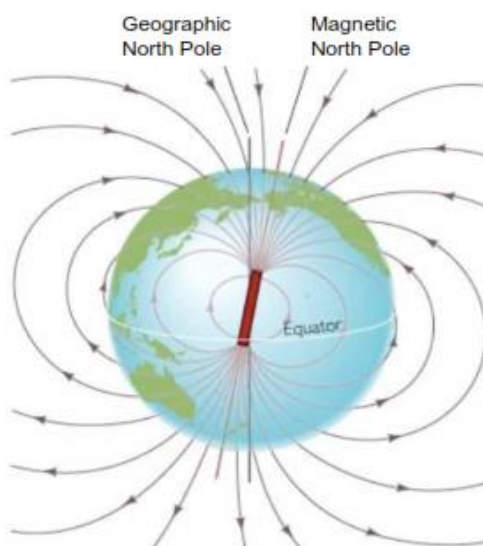
Câmpul magnetic al Pământului există datorită compoziției sale, în special, datorită miezului său. Miezul său este alcătuit din metale topite supraîncălzite. Metalul lichid este format din aliaje, într-o compoziție necontrolată, aflat la presiuni uriașe și momente magnetice fluctuante.

Deoarece metalele topite sunt într-un contact electric, între ele circulă un curent electric care generează un câmp magnetic, creând o magnetosferă.

Acest câmp are doi poli: Nord și Sud, cu rol în navigația aeriană, terestră și navală, dar, se presupune, și în orientare, pentru viețuitoare.

Poli magnetici nu au o poziție fixă, aceasta variind în fiecare an cu aproximativ 16 km.

Intensitatea câmpului magnetic al Pământului este neregulată, în contradicție cu simetria



prezentată pe Fig.2.1.

*Fig.2.1. Schema de principiu a câmpului magnetic terestru*

Într-adevăr, intensitatea câmpului magnetic variază lent, în rate diferite, situație care se constată la suprafața Pământului.

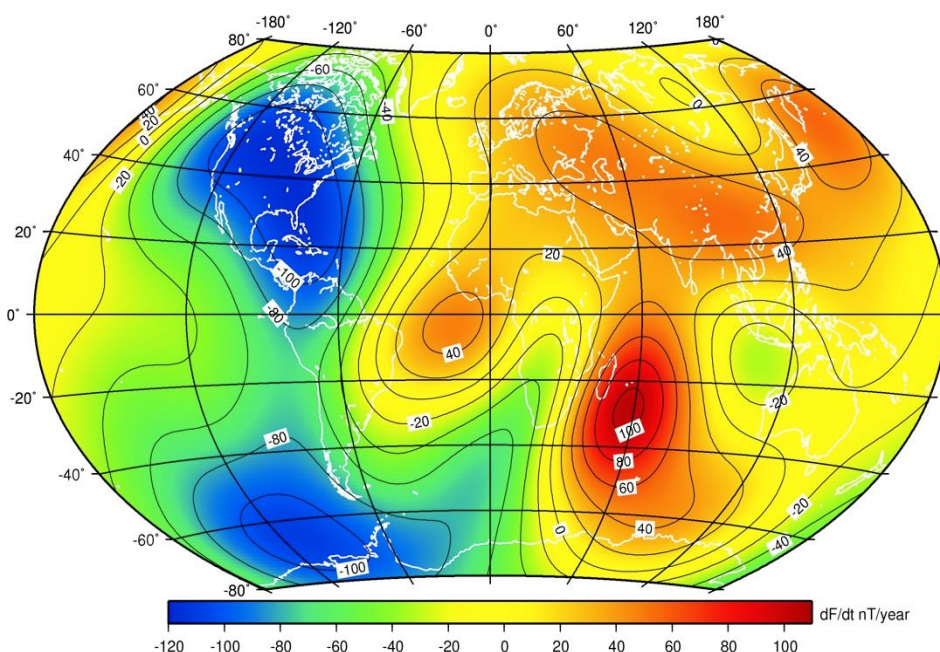


Fig.2.2. Variația intensității câmpului magnetic terestru  
pe o perioadă de 15 ani (2005 - 2020)

Câmpul magnetic terestru creează magnetosfera, care, la rândul ei, protejează planeta de radiațiile cosmice, nocive, făcând posibilă viața pe Pământ. Fără câmpul magnetic terestru, suprafața Tereii ar fi bombardată de particule nocive emise de Soare, care, în cele din urmă, ar distruge atmosfera Pământului.

În ultimii 400 ani, de când oamenii măsoară câmpul magnetic al Pământului, acesta s-a deplasat semnificativ spre Vest, modificându-și periodic intensitatea totală.

Amprente magnetice apar ca urmare a interacțiunii componentelor feromagnetice și a materialelor conductoare cu câmpul magnetic al Pământului.

Există două tipuri de magnetism:

- magnetismul permanent;
- magnetismul indus.

Magnetismul permanent este atunci când un obiect își creează un câmp magnetic propriu.

Magnetismul indus este actul unei forțe care schimbă câmpul ambiental al unui material într-un câmp magnetic. Mai precis, magnetismul indus este efectul combinat al:

- proprietății magnetice a materialului din care este confecționat obiectul (permeabilitatea);
- câmpului magnetic al Pământului;
- orientării obiectului în câmpul magnetic al Pământului.

Când permeabilitatea materialului unui obiect este mare, acesta este considerat a fi feromagnetic, iar în prezența câmpului magnetic al Pământului sau al unui magnet permanent, se creează o amprentă magnetică semnificativă.

Majoritatea structurilor metalice, indiferent de forme și dimensiuni, sunt construite, în principal, din materiale feromagnetice, care perturbă câmpul magnetic terestru, alcătuind așa numita „semnătură magnetică” (amprenta magnetică).

Importanța acestei semnături este bine cunoscută în domeniul naval militar încă de la

începutul secolului trecut, odată cu fabricarea minelor fără contact, cu canal magnetic de activare și a torpilelor cu aparate de aprindere magnetice, fără contact.

## **2.2 Amprenta magnetică a navei.**

În principal, navele militare sunt construite din oțel, care perturbă câmpul magnetic terestru. Datorită efectelor sale de distorsiune asupra câmpului magnetic al Pământului, o navă poate fi detectată magnetic, cu ușurință, folosind dispozitive sensibile magnetic sau dispozitive care sunt concepute pentru a detecta aceste distorsiuni.

În timpul Primului Război Mondial, în Bătălia Atlanticului a fost folosită mina marină, fără contact, cu canal magnetic de activare, care se activa (declanșa) când câmpul magnetic terestru era perturbat, ceea ce are loc când nava, cu o structură feromagnetică semnificativă, ajungea la verticala locului.

Ca urmare, la bordul navei, era necesară montarea de sisteme de contra-măsură, pentru a reduce efectul navei asupra perturbării câmpului magnetic terestru și pentru a face nava, practic, nedetectabilă de minele magnetice sau alt dispozitiv, cu intenția de a crește capacitatea de supraviețuire.

Pe măsură ce tehnologiile de fabricare a senzorilor magnetici pentru minele marine și pentru torpile au avansat, iar aceștia au devenit tot mai sensibili, nivelul de reducere a amprentei magnetice a unei nave sau a unui submarin, devine critic și important în comparație cu acum 80 ani când s-u desfășurat primele cercetări științifice în acest domeniu.

În cazul amprentei magnetice a unei nave militare, aceasta este cauzată de următoarele contribuții:

1. Interacțiunea dintre structura de oțel a navei și câmpul magnetic, permanent, terestru;
2. Utilizarea protecției catodice pentru a controla coroziunea suprafeței metalice udate a navei;
3. Curenții electrici turbionari din corpul navei, când nava se deplasează în câmpul magnetic terestru;
4. Câmpurile electrice parazite generate de echipamentele electrice și de traseele de cabluri electrice de la bord.
5. O amprentă magnetică foarte mică, numită *amprenta Eddy* apare din cauza oscilațiilor navei de tangaj și ruluu.

Efectul principal este creat de interacțiunea dintre structura de oțel a navei și câmpul magnetic permanent terestru.

În prezent, majoritatea navelor militare dispun de instalații de protecție catodică, care creează un câmp electric, care la rândul-i creează „amprenta magnetică de coroziune”.

Deplasarea maselor feromagnetice și a altor materiale conducătoare în câmpul magnetic terestru induce curenți electrici turbionari, care, la rândul lor, provoacă un câmp magnetic reactiv. Aceasta este posibil, datorită comportamentului feromagnetic al oțelului. Structura navei este magnetizată în prezența câmpului magnetic terestru. Aceasta se datorează faptului că oțelul are caracteristici magnetice complexe:

1. Histerezisul sau memoria magnetică a oțelului își schimbă constant proprietățile. Ca urmare, modelul în care oțelul este magnetizat se modifică în timp. Acest comportament complex poate fi exprimat printr-o așa-numită curbă de histerezis:

2. Efecte magneto – mecanice. Comportarea și proprietățile oțelului se modifică datorită solicitărilor mecanice:

- îndoirea tablelor și a profilelor;
- îmbinările prin sudură a elementelor constructive ale navei;
- deformarea accidentală a corpului navei prin loviri sau ciocniri.

În șantierul naval, pe durata construirii navei, corpul acesteia, din oțel, suportă comprimări și destinderi, care modifică în mod continuu curba de histerezis.

**3. Magnetizarea neomogenă.** Magnetizarea unei plăci din oțel este neomogenă fiind în strânsă corelare cu dimensiunile acesteia.

### ***2.3. Proiectarea și simularea amprentei magnetice.***

Pe măsură ce senzorii magnetici devin mai sofisticăți și sunt încorporați în sisteme de armament naval, nevoia de a actualiza estimarea magnetică a navelor de război devine din ce în ce mai importantă.

Ca urmare, managementul amprentei magnetice devine din ce în ce mai important.

Cu toate acestea, managementul amprentei magnetice, de multe ori, nu este suficient de înțeles în multe comunități navale, unde nu „se ține pasul” cu cercetarea științifică în domeniu.

Spre exemplu, când au fost dezvoltate, pentru prima dată, minele marine fără contact cu canal magnetic de activare, acestea declanșau doar la variația câmpului magnetic vertical. Prin urmare, sistemele inițiale de demagnetizare a navelor de război au fost configurate pentru a face față acestei amenințări, folosind numai înfășurări orizontale de demagnetizare, OD.

O asemenea înfășurare, în Marina Regală a României, a fost montată, în anul 1941, la bordul puitorului de mine „Amiral Murgescu”

În zilele noastre, majoritatea minelor marine fără contact folosesc senzori cu mai multe axe de coordonate activând-se și la influența câmpurilor magnetice orizontale.

În acest sens, determinarea amprentei magnetice a navei cu o precizie cât mai mare și reducerea acesteia la mărimi cât mai mici, devine o prioritate.

În general, există două metode de determinare a amprentei magnetice:

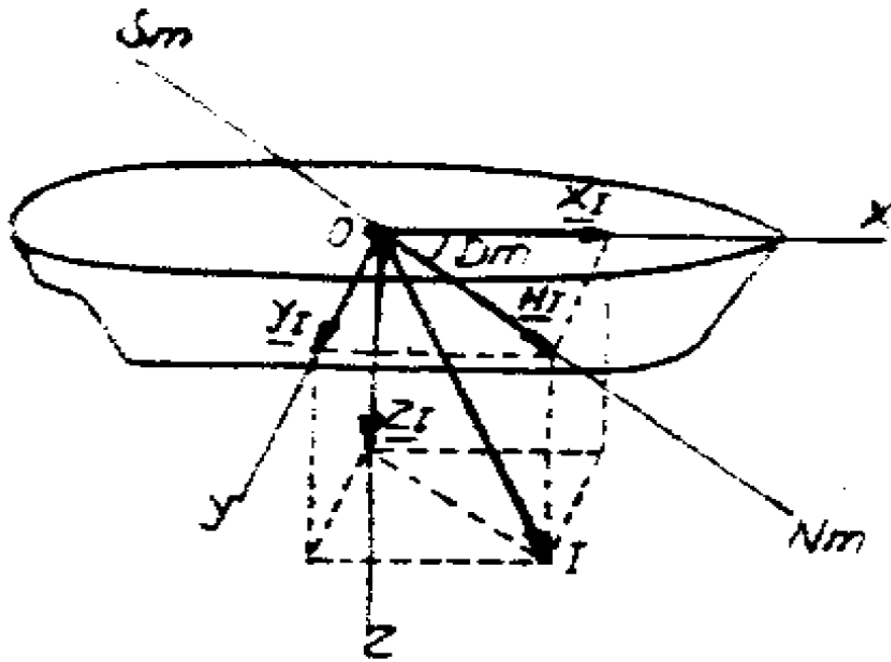
- prin măsurare;
- prin simulare.

Deși măsurarea este mai precisă și mai sigură, comparativ cu simularea, cheltuielile de amenajare a unui poligon specializat nu sunt de neglijat.

Simularea nu este suficient de precisă, dar este accesibilă în ceea ce privește costurile și modelarea unei multitudini de variante de demagnetizare.

### ***2.3. Magnetizarea navei.***

*Fig.2.3 Magnetizarea corpului navei sub influența câmpului magnetic terestru*



Magnetizarea navei are două componente:

- magnetizarea permanentă;
- magnetizarea inductivă.

Așa cum s-a specificat anterior, Pământul este un magnet uriaș. Dacă în acest câmp magnetic exterior, introducem un corp feromagnetic cu forma unui elipsoid, cum poate fi considerată corpul navei, acesta se va magnetiza devenind sursa unui câmp de sens contrar câmpului magnetizant.

Vectorul intensitate câmp magnetic,  $I$ , se descompune în două componente orizontale,  $X_I$ , și  $Y_I$ , și una verticală,  $Z_I$ .

Fiecare din aceste trei componente ale câmpului magnetic terestru produce magnetizarea pe direcția sa. Ca urmare, există:

- magnetizarea transversală a navei, creată de componenta  $Y_I$ ;
- magnetizarea longitudinală a navei creată de componenta  $X_I$ ;
- magnetizarea verticală, creată de componenta  $Z_I$ .

Magnetizarea navei se produce:

- pe durata construirii;
- pe durata exploatării.

*Magnetizarea pe durata construirii navei poartă denumirea de magnetizare permanentă*, cu o mărime importantă, dar fără a se ajunge la saturarea masei feromagnetice.

Magnetizarea permanentă a navei este un fenomen propriu fiecărei nave, iar mărimea sa depinde de:

- rapoartele dintre dimensiunile principale:  $L/B$ ,  $L/T$ ,  $B/T$ ;
- dispunerea maselor feromagnetice la bordul navei, dimensiunile și densitatea acestora;
- proprietățile magnetice ale materialelor ce compun, în ansamblu, nava;

- latitudinea magnetică a locului unde se construiește nava;
- orientarea navei pe cală (doc, platou de armare), în raport cu polul magnetic terestru (ideal este ca nava să fie asamblată pe platoul de armare, orientată pe direcția polilor magnetici, N-S sau S-N);

- tehnologia de construire a corpului și suprastructurii navei.

Câmpul magnetic permanent al navei se modifică în următoarele condiții:

- când nava operează într-un raion maritim unde valoarea câmpului magnetic terestru este diferită;

- când corpul navei suportă vibrații cu intensitate ridicată (frecvențe, amplitudini);

- trageri de artilerie cu tunuri cu calibre mari;

- explozii submarine;

*Magnetizarea inductivă.* Este magnetizarea care se produce pe durata exploatării navei. Sensul și mărimea ei depind de:

- rapoartele dintre dimensiunile principale ale navei;

- latitudinea locului unde operează nava;

- orientarea drumului navei în raport cu axa polilor câmpului magnetic terestru.

Magnetizarea navei datorită câmpului magnetic terestru are trei componente esențiale:

- permanentă sau inductivă longitudinală creată de acțiunea  $X_I$  a câmpului magnetic terestru;

- permanentă sau inductivă transversală creată de componenta  $Y_I$  a câmpului magnetic terestru;

- permanentă sau inductivă creată de acțiunea componentei  $Z_I$  a câmpului magnetic terestru.

Fiecare componentă menționată mai sus se poate descompune după sistemul de coordonate al navei, ajungându-se la 36 componente.

Amprenta magnetică a navei este formată din două componente:

- magnetizarea permanentă;

- magnetizarea inductivă.

Magnetizarea permanentă a navei se reduce prin crearea unui câmp magnetic inversat (de răsturnare), a cărui mărime să anuleze valoarea primului.

Magnetizarea inductivă a navei se reduce cu ajutorul unor înfășurări de cabluri electrice prin care circulă curenți care variază în funcție de drumul magnetic al navei (latitudine, longitudine);

Așa cum s-a specificat anterior, amprenta magnetică a navei este definită de valorile componentelor magnetizării permanente și inductive ale navei și de distribuția acestora pe axe de coordonate, principale ale navei.

Activitatea de reducere a amprentei magnetice și de menținere a acesteia la o valoare care să creeze siguranță pentru navă, se execută în următoarele etape:



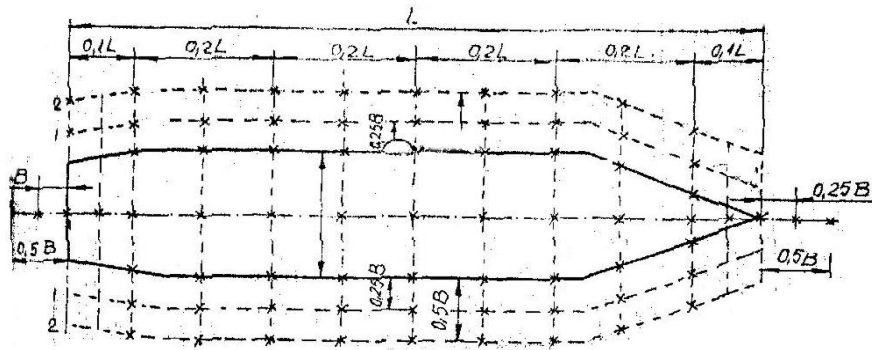


Fig.2.4.Schema de măsurare a câmpului magnetic al navei  
în poligonul de demagnetizare

-măsurarea componentelor verticale ale câmpului magnetic al navei;

-reducerea (anularea) componentelor câmpului magnetic al navei, prin crearea, artificială, a unor câmpuri magnetice de răsturnare;

-stabilirea valorilor curenților electrici în înfășurările PAM pentru menținerea în limite de siguranță a magnetizării permanente și a magnetizării inductive.

Întreaga activitate se desfășoară în poligoane amenajate special.

Măsurătorile se efectuează cu nava orientată, consecutiv, drumuri principale, N-S, E-V.

În toate aceste poziții ale navei, componenta verticală a câmpului magnetic al navei se măsoară cu magnetometre în puncte aflate sub chilă, în borduri și în afara bordului, conform celor prezentate pe Fig.2.4.

Funcție de amenajarea poligonului, măsurătorile se execută manual sau automat.

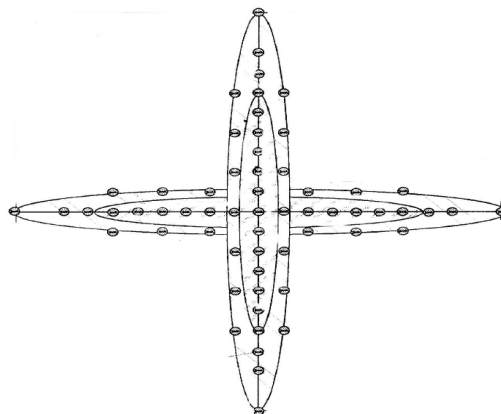


Fig.2.5.Măsurarea câmpului magnetic al navei într-un  
poligon de demagnetizare automatizat

(punctele de pe figură reprezintă poziția magnetometrelor)

Deoarece câmpul magnetic vertical a navei scade exponențial cu creșterea adâncimii sub chilă, este foarte importantă stabilirea imersiunii,  $h$ , la care se execută măsurătorile:

$$h = \alpha \cdot B + T, \text{ [m];}$$

unde:  $h$  = imersiunea de măsurare;

$B$  = lățimea navei la cuplu maestru;

$T$  = pescajul maxim al navei;

$\alpha$  = coeficient adimensional, adoptat funcție de tipul navei de război (0,35 – crucișătoare, 0,45 – distrugătoare și fregate, 0,45 – dragoare maritime, 0,4 – corvete, 1,4 – 1,45 pentru submarine convenționale fără instalații PAM).

#### 2.4. Demagnetizarea navei.

Prin demagnetizare se înțelege recucerea componentelor permanente ale câmpului magnetic al navei.

Prin compensarea câmpului magnetic se reduc componentele inductive ale câmpului magnetic al navei.

Prin ambele procedee se urmărește reducerea amprente magnetice a navei la o valoare care să nu sensibilizeze senzorii minelor marine fără contact cu canal magnetic de activare sau al aparatelor de aprindere fără contact, cu canal magnetic, al torpilelor (focoase magnetice).

În poligonul de demagnetizare, pentru compensarea componentelor  $Z_{px}$  și  $Z_{py}$ , nava se orientează pe drum N-S, iar pentru compensarea componentei  $Z_{pz}$ , pe drum

E – V. Pentru ambele drumuri, precizia de orientare este de  $\pm 3^\circ$ .

Demagnetizarea se poate executa prin două procedee:

- demagnetizarea pe componente ale câmpului magnetic vertical rezultat al navei.
- demagnetizarea prin metoda impulsurilor.

Prima variantă prezintă avantajul executării demagnetizării într-un timp scurt, dar necesită investiții semnificative pentru amenajarea poligonului.

Varianta a doua este facilă și utilizată mai des, cu toate că timpul necesar demagnetizării și manopera sunt foarte mari..

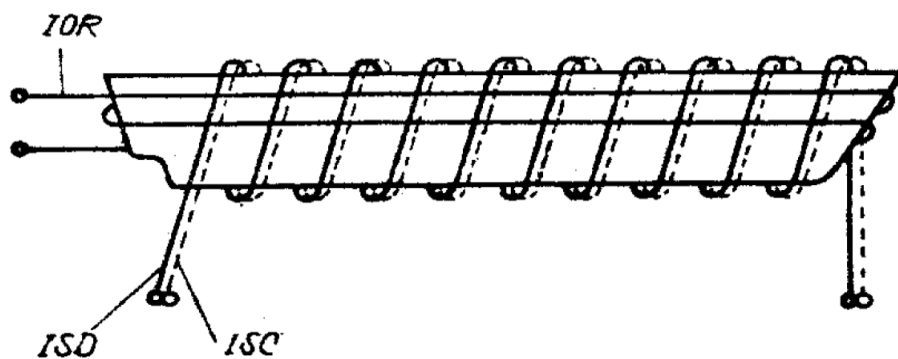


Fig.2.6.Înfășurările navei pentru demagnetizarea prin metoda impulsurilor.

Revenind la cea de a doua variantă, demagnetizarea se execută prin trimiterea de curenți electrici cu intensități mari în niște înfășurări de cabluri electrice aplicate în exteriorul navei.

Acestea sunt:

-înfășurarea orizontală de răsturnare (IOR) pentru compensarea componentei verticale permanente a câmpului magnetic al navei;

-înfășurarea solenoidală de compensare (ISC), pentru compensarea componentei orizontale a câmpului magnetic al navei;

-înfășurarea solenoidală de prelucrare (ISPM), în care se aplică, alternativ, impulsuri pozitive și negative, de amplitudini descrescătoare pentru demagnetizarea navei.

Regimul de alimentare a ISPM este conform figurii.

Prelucrarea magnetică a navei prin această metodă constă în aplicarea a trei cicluri:

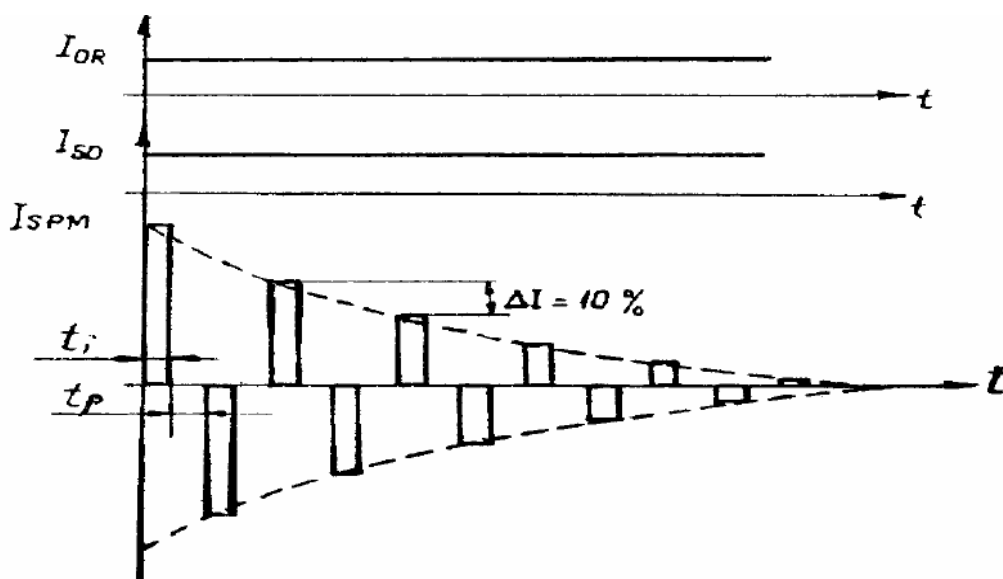


Fig.2.6. Schema demagnetizării navei prin metoda impulsurilor.

*Ciclul 1:*

În înfășurarea IOR se aplică un curent constant, cu valoarea care să creeze un câmp magnetic răsturnat de -280% din valoarea măsurată înaintea demagnetizării.

În înfășurarea ISC se aplică un curent care să compenseze componenta orizontală a câmpului magnetic al navei;

În înfășurarea ISPM se aplică un curent sub formă alternantă (impulsuri negative și pozitive).

În final se obține câmpul magnetic răsturnat.

*Ciclul 2:*

În IOR curentul este zero.

În ISC, se menține curentul ca la ciclul 1.

În ISPM se aplică un curent sub formă alternantă, cu valoarea primului impuls cu 40% mai mică față de primul ciclu.

Se obține un câmp magnetic rezidual, în valoare negativă.

*Ciclul 3:*

În IOR, curentul este zero;

În ISC, curentul este ca la Ciclul 1

În ISPM, se execută corecții unde câmpul magnetic rezidual depășește valoarea admisă.

Pentru a se asigura o compensare cât mai eficientă a magnetizării permanente, la bord se dispune o înfășurare principală de ajustare, IPA. Aceasta are rolul de a compensa câmpul magnetic rămas după prelucrarea magnetică. Înfășurarea creează un câmp magnetic de aproximativ 10 mOe, la adâncimea de măsurare.

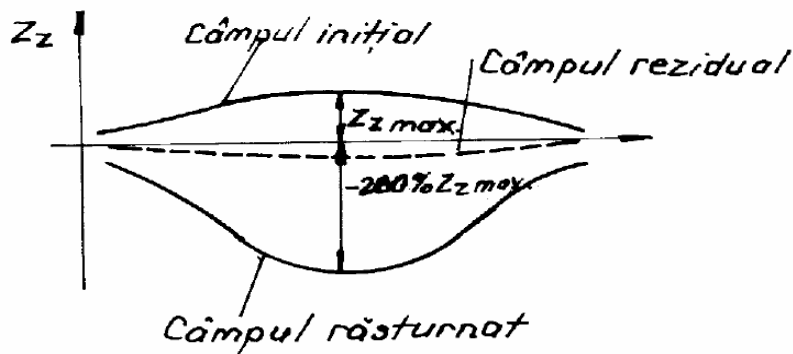


Fig.2.7. Curbele câmpului magnetic măsurat al navei (inițial), a câmpului magnetic răsturnat și a câmpului magnetic rezidual.

Înfășurarea este formată din mai multe secții pentru a prelucra cât mai bine neuniformitățile câmpului magnetic pe lungimea navei.

În această înfășurare, curentul se menține constant pe durata dintre două prelucrări magnetice consecutive.

### 2.5. Compensarea câmpului magnetic al navei.

Se referă la reducerea componentelor inductiv – verticale,  $Z_{iz}, Z_{ix}, Z_{iy}$ , cu ajutorul unor câmpuri magnetice generate de trei înfășurări de compensare dispuse la bordul navei:

- principale, de latitudine, PL;
- orizontale, de drum, OD;
- verticale, de drum, VD.

Reglarea curenților în aceste înfășurări se execută cu aparatura specială montată și pusă în funcțiune la bordul navei

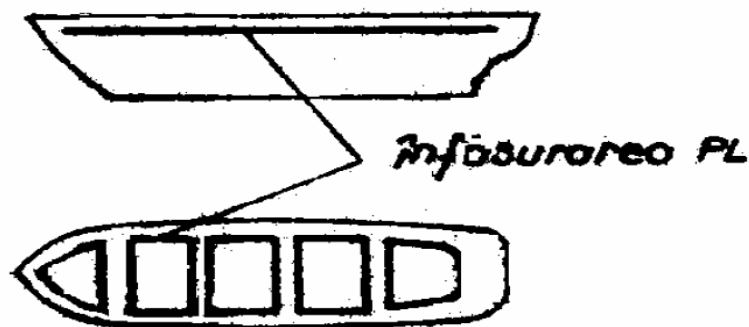


Fig. 2.8. Scheme de principiu a înfășurării PL.

Înfășurarea PL este dispusă sub puntea principală, în plan orizontal, și are rolul de a compensa magnetizarea vertical – inductivă,  $Z_{iz}$ . Este compusă din mai multe secții, pentru a facilita reglarea câmpului magnetic pe secțiuni. În această înfășurare, curentul se reglează în funcție de latitudinea câmpului magnetic terestru.

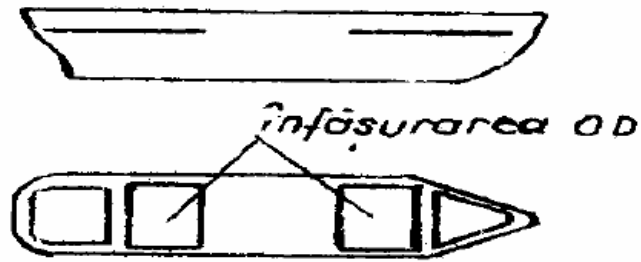


Fig. 2.9. Schema de principiu a înfășurării OD.

Înfășurarea orizontală, OD, are același traseu ca și înfășurarea PL, fiind compusă din mai multe secții dispuse, sub puntea principală, în prova și în pupa. Compensează componenta verticală a magnetizării longitudinal – inductive,  $Z_{ix}$ .

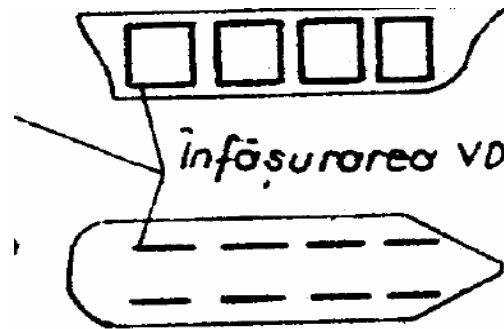


Fig.2.10. Schema de principiu a înfășurării VD.

Înfășurarea verticală de drum, VD, compensează magnetizarea transversal – inductivă a navei,  $Z_{iy}$ . Curentul în înfășurare se reglează în funcție de latitudinea magnetică și de drumul magnetic al navei.

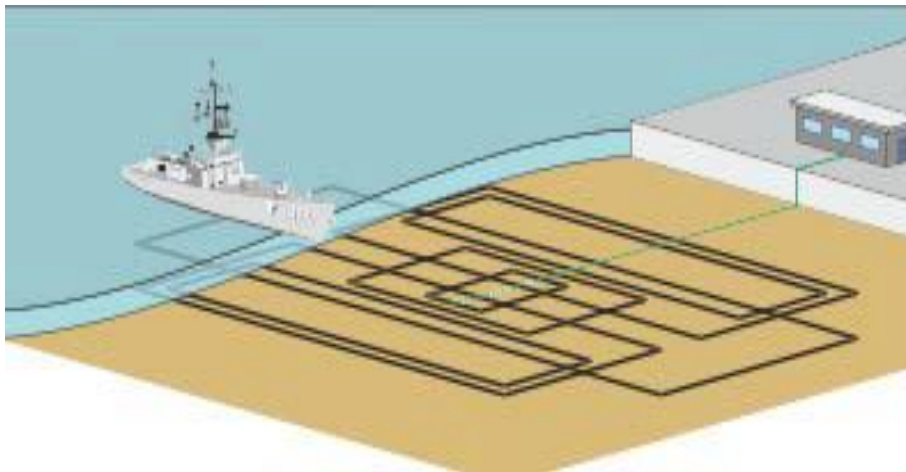


Fig. 2.11. Schema de principiu a unui poligon automatizat de executare a măsurătorilor de câmp magnetic a navei și de prelucrare magnetică



*Fig. 2.12. Submarin US Navy, Clasa „Los Angeles”, într-un poligon specializat de demagnetizare.*



*Fig. 2.13. Distrugător Royal Navy având montată înfășurarea solenoidală de demagnetizare.*

### **3. CÂMPUL TERMIC**

#### **(Amprenta IR)**

##### ***3.1. Aspecte cu caracter general.***

Majoritatea navelor de război moderne impun o formă de reducere sau chiar de suprimare a amprentei în infraroșu. (IRSS – Infrared Signature Supression) pentru a reduce probabilitatea de a fi lovite de rachetele anti-navă ghidate IR (infraroșu).

În unele situații, condiția IRSS poate fi de bază, iar pentru unele se urmărește ca amprenta IR să fie numai redusă la un anumit nivel.

Tendința actuală constă în a avea o abordare sistemică și surprinzătoare cu privire la amprenta IR a navei militare

În anii precedenți se considera că o reducere simplă a amprentei IR era suficientă, constând în reducerea norului de căldură, punctiform, cu degajare în atmosferă (gazele de evacuare de la mașinile termice de la bord).

Noile programe de proiectare și de construire a unei nave de război moderne includ studii de detaliu privind amprenta IR, care se referă la:

- studii de compromis pentru reducerea sau suprimarea amprentei IR;
- analiza detaliată a posibilității de lovire a navei cu o rachetă anti-navă cu cap termic;
- analiza cost – beneficiu.

În prezent, orice studiu include o modelare computerizată, tridimensională, care analizează:

- încălzirea și reflexia solară;
- bruiajul creat de suprafața apei;
- modul de lansare a bruiajului (momelilor);
- alte procese complexe.

O amprentă IR a unei nave este alcătuită din:

- amprente generate intern;
- amprente generate extern.

Majoritatea navelor de război, moderne, încorporează măsuri și proceduri pentru reducerea amprentei în infraroșu (IRSS) pentru a limita lovirea cu rachete anti-navă ghidate IR.

Măsurile se întreprind în trei etape:

- proiectarea navei;
- construirea navei;
- exploatarea navei;

Cele mai importante sunt măsurile din perioada de proiectare:

- studii cu privire la amprenta IR;
- managementul amprentei IR;
- studii de compromis (analiză cost – beneficiu);
- misiunile și amenințările probabile.

Se procedează la modelarea computerizată a imaginilor IR ale navei în medii reale de operare.

În prezent, aceste studii includ unele aspecte noi:

- încălzirea solară a suprafețelor exterioare ale navei;
- reflexia suprafeței mării;
- modul de folosire a bruiajului termic.

### **3.2. Prezentarea generală a amprentei IR.**

Așa cum s-a prezentat anterior, amprenta IR are două componente principale:

- generate intern;

-generate extern.

*Generate intern:*

- căldura elaborată de la mașinile termice și echipamentele adiționale acestora;
- produsele de evacuare de la mașinile termice;
- aerul rezidual de la sistemul de ventilație generală;
- pierderi de căldură din spațiile interioare încălzite.

Sursa principală o constituie sistemul de propulsie, în orice variantă adoptată. Restul surselor sunt ne semnificative.

*Generate extern:*

-suprafețele exterioare ale navei, care absorb și/sau reflectă radiația primită din surse externe:

Surse considerate sunt:

- razele solare;
- strălucirea cerului;
- strălucirea mării.

La studiul amprentei IR se ia în analiză influența razelor solare care pot crea „confuzie” în capul termic al rachetei.

În majoritatea cazurilor, sursele externe pot fi combătute, în general, prin pulverizare cu apă pe suprafețele exterioare ale navei.

### **3.3. Amprenta creată de mașina principală.**

Dintre toate sursele interne, căldura reziduală și produsele de ardere de la mașinile principale ale navei sunt cele mai semnificative.

Pot fi identificate cinci surse de IR sau „puncte fierbinți”:

**a.** Secțiunile calde ale carenei, în zona unde sunt amplasate compartimentele mașini. Căldura care radiază de la mașinile termice aflate în funcțiune și auxiliarele acestora, încălzește aerul din aceste compartimente, care, la rândul-i, convectează către corpul neizolat al navei.

**b.** Spațiile șantului, cu sistemele de evacuare a aerului cald din compartimente. În majoritatea cazurilor, șanturile au pereții neizolați termic, iar pereții acestuia radiază ca și învelișul carenei. Cel mai cald este plafonul șantului, unde temperatura poate ajunge la  $(300 \div 400)^{\circ}C$  (în apropierea galeriilor de evacuare). Suprafața plafonului șantului este de  $(2-5)m^2$ , la care se adaugă secțiunea tubulaturii galeriei de evacuare.

**c.** Gazele de evacuare, formate, în principal, din  $CO_2$ , și vapori de apă, constituie un alt capitol. Gazele radiază într-o bandă spectrală îngustă,  $(4,1 \div 4,6)\mu m$ . O mare parte din această bandă de undă este absorbită rapid de atmosferă, dar o parte a radiației se păstrează în atmosferă pe mai mulți km. Chiar și al distanțe de peste  $10 km$  se poate detecta semnătura IR a navei în „pana” gazelor de evacuare.



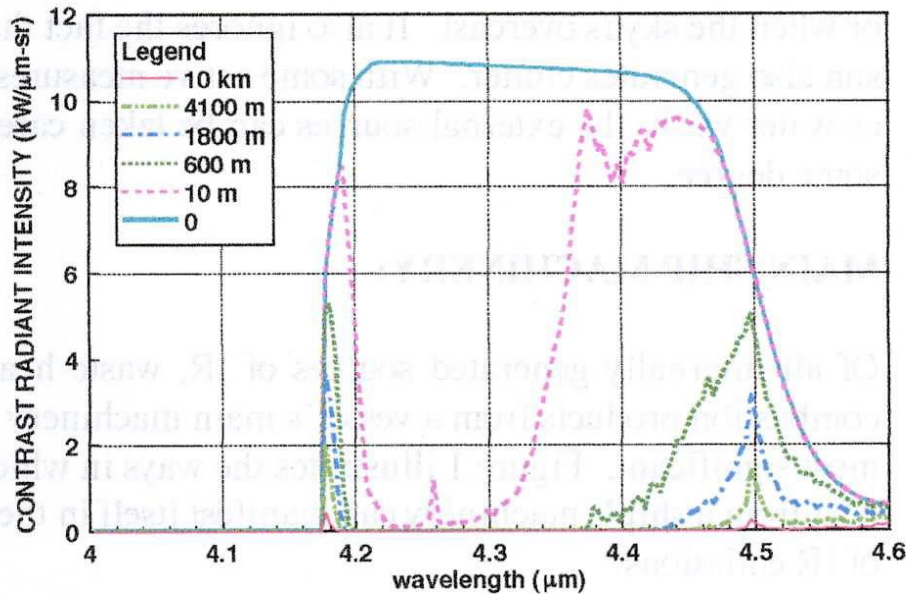


Figure 2 Spectral Emission of 75 kg/s @ 500°C Plume

Fig.3.1. Spectrul emisiei gazelor de evacuare de la o turbină cu gaze LM 2.500

(debit: 75 kg/s, temperatură: 500°C ).

d. Navele moderne au catargul în prelungirea șahtului. Ca urmare, acesta este scaldat de gazele de evacuare și se încălzește. De asemenea, gazele de evacuare pot încălzi și alte elemente ale suprastructurii navei.

Cei care analizează amprenta IR sunt preocupați de această încălzire în situația când viteza vântului de pupa este mai mare decât viteza de deplasare a navei.

e. Dărele de gaze de evacuare (formațiunea de gaze de evacuare sub formă concentrată, de pană) pot încălzi catargele și montajele electronice de pe acestea până la  $(100 \div 200)^\circ C$ , rezultând un punct fierbinte foarte mare. Pe lângă amprenta IR mare, aceste temperaturi pot duce la dereglarea montajelor electronice amplasate pe catarg.

Pentru a elimina sau cel puțin, a minimiza severitatea secțiunilor de carenă calde și a pereților laterali ai șahtului, este necesar ca încă din faza de proiectare, să se întreprindă măsuri restrictive esențiale.

Este necesară ventilarea suficientă a compartimentelor mașini, inclusiv a șahtului, pentru a se menține o temperatură interioară mai mică de  $+ 50^\circ C$ .

Orice compartiment mașini sau spațiu din șaht, care poate încălzi mediul ambiental, ar trebui să fie izolat termic (pereții exteriori).

Măsurătorile efectuate au demonstrat că aplicarea unei izolații termice cu grosimea de 25 mm (1") din vată de sticlă, poate reduce pierderile exterioare de temperatură de contact în limite acceptabile.

Ca o recomandare, suprafețele încălzite din interior ale carenei nu ar trebui să depășească o temperatură de contact de  $\pm 5^\circ C$ .

Punctele fierbinți rămase (structuri metalice fierbinți, coloane de gaze de evacuare, pene de gaze de evacuare) sunt tratate cel mai eficient prin înlăturarea sursei termice.

Cel mai simplu, este ca suprafețele scaldate de gazele de evacuare să fie răcite.

Sunt situații când, chiar penele (jeturile) de gaze de evacuare să fie răcite, în special, cele care spală catargele.

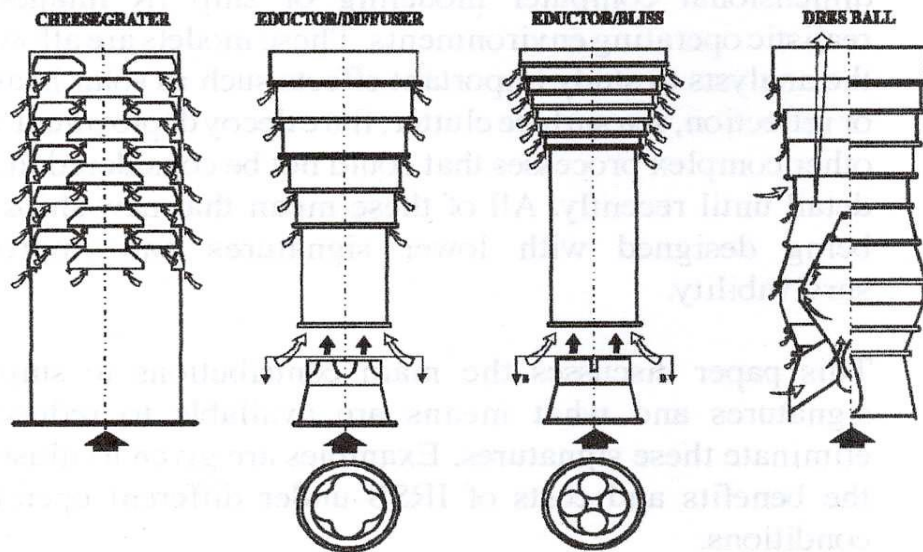


Figure 3 Popular Engine Exhaust IRSS Devices

Fig.3.2. Variante ale sistemelor de evacuare a gazelor de ardere utilizate la bordul navelor de război moderne.

Fiecare din aceste dispozitive utilizează o peliculă de aer ambiental pentru protecția IR actuală.

Capacitatea de răcire peste medie, a temperaturii variază semnificativ între cele patru sisteme.

1. Sistemul „răzătoare de brânză” (primul) este destinat să răcească structura și nu coloana de gaze. Este utilizat pe navele de război ale Royal Navy și necesită un debit redus de aer, dar necesită ventilatoare pentru a trimite aerul de răcire. Dacă acestea nu funcționează, gazele fierbinți vor pătrunde în sistemul de trimitere a aerului încălzind excesiv metalul.

2. US Navy folosește cel de al doilea sistem, ejectorul BLISS, cu care se antrenează aer de răcire a coloanei de gaze de evacuare și a suprafețelor metalice.

3. Un sistem similar este ejectorul (difuzorul) DAVIS utilizat pe navele Royal Canadian Navy.

4. Cea de a patra variantă este sistemul DRES – BALL. Acesta este eficient pentru temperaturi medii ale gazelor de evacuare, de  $(200 \div 300)^{\circ}C$  și prezintă avantajul suplimentar de „blocare optică completă”, oferind protecție „deasupra capului” (în atmosferă, deasupra navei), realizându-se astfel îndepărtarea pericolului.

De menționat că toate sistemele IRSS au ca efect o contrapresiune suplimentară la evacuare, în funcție de sistemul de răcire adoptat pe evacuarea gazelor de ardere.

Dacă se dorește o contrapresiune scăzută, inevitabil, și temperatura la evacuarea gazelor de ardere va fi mai mare.

Fig. 3.3. prezintă suprapresiunea pe evacuare creată de un ejector/difuzor, dispozitiv instalat pe evacuarea unei turbine cu gaze, LM 2.500

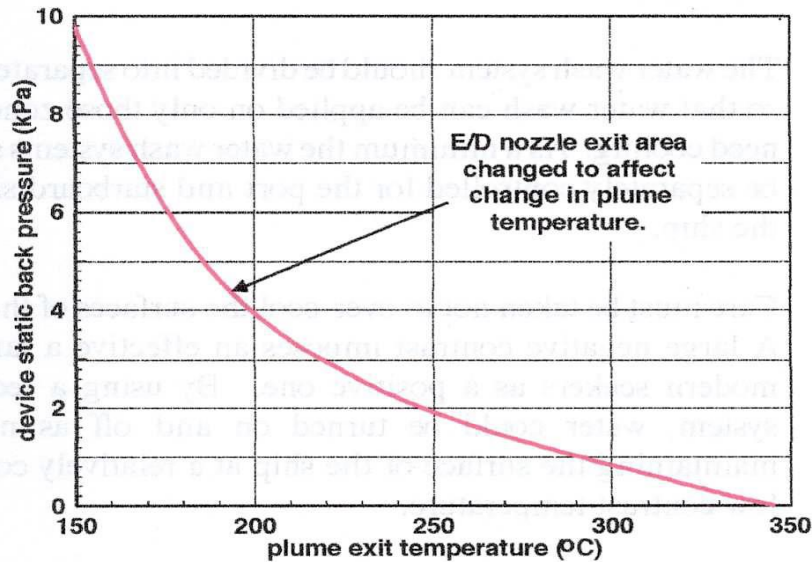


Figure 4 Back Pressure Imposed By Eductor/Diffuser

Fig.3.3. Suprapresiunea la evacuarea gazelor de ardere cauzată de folosirea ejectorului.

### 3.4.Încălzirea solară.

Dincolo de sursele relativ punctuale, dar fierbinți, de IR, cum sunt evacuările mașinilor unde se ard combustibili, alt contributor major IR este întreaga suprafață exterioară a navei (carena, punți, perții suprastructurilor).

Deoarece suprafața exterioară este mare, chiar o temperatură de contrast foarte mică poate crea o amprentă IR semnificativă. Aceasta este valabilă când radiația solară este intensă.

Noaptea, dacă avem corpul navei bine izolat termic, la nivelul suprafețelor exterioare se realizează un echilibru al temperaturilor navă – apa mării.

Dar, pe măsură ce soarele răsare și se ridică deasupra orizontului, suprafețele exterioare ale navei se încălzesc rapid, astfel creându-se contrastul cu mediul înconjurător.

La o incidență a razelor solare mai mare de 10 grade, temperaturile de contrast depășesc  $+ 10^{\circ} C$ .

Reducerea la limită a temperaturii suprafețelor exterioare excesive este o misiune dificilă, uneori chiar imposibilă deoarece sunt suprafețe mari, iar controlul temperaturilor acestora constituie o provocare mare, chiar și în prezent.

Se propun trei soluții:

- utilizarea de vopsele cu absorbție/emisivitate termică scăzută pentru a se reduce încălzirea suprafețelor și emisia IR;
- spălarea cu apă de mare a suprafețelor încălzite;
- acoperirea navei într-un nor de ceață densă de apă.

### 3.5.Vopsele speciale.

Alegerea vopselelor speciale este o problemă deosebit de complexă și încă nu există o soluție concretă. Întotdeauna va exista un compromis între cea mai bună soluție pentru condiții însorite, față de cea mai bună soluție pentru condiții de noapte sau zile înnorate.

Spre exemplu, pentru condiții înșorite, o vopsea pentru suprafețe exterioare de deasupra plutirii ar trebui:

-să nu absoarbă radiația solară cu lungimea de undă mai mică de  $3\mu m$  (emisivitate scăzută la lungimi de undă scurte);

-să absoarbă radiația solară cu lungimi de undă mai mari de  $3\mu m$  (lungimi de undă medii și lungi);

Utilizând astfel de vopsele, suprafețele s-ar încălzi mai puțin din cauza soarelui, dar nu ar reflecta radiațiile în benzile de undă  $(3\div 5)\mu m$  și  $(8\div 14)\mu m$ .

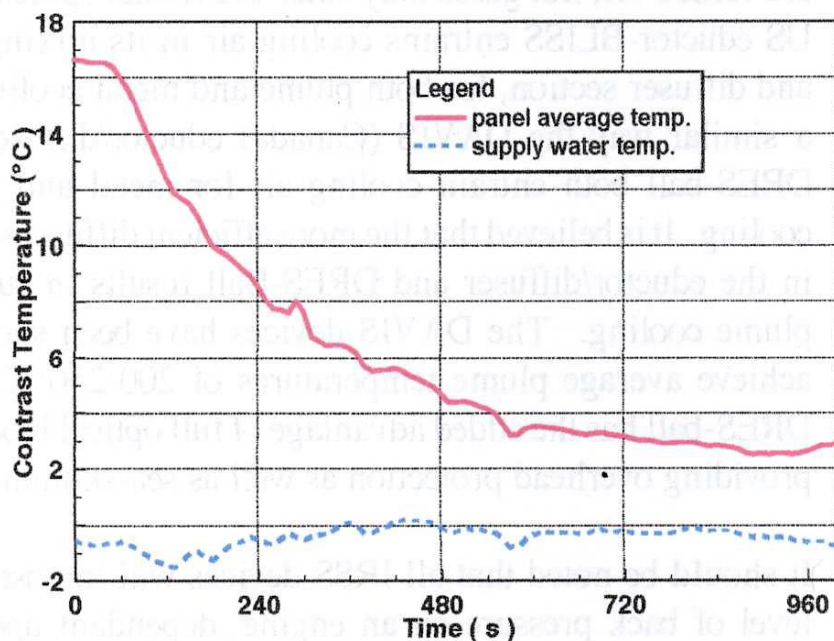
Această vopsea spectrală este disponibilă, dar este scumpă și este eficace numai pe suprafețe foarte curate (să nu fie contaminate cu oxizi, murdărie, săruri marine etc).

În caz de cer înnorat, ar fi de dorit ca vopseaua să fie cu „emisie scăzută”. În acest caz, nava ar emite mai puțin și ar reflecta mai puțin în contrast cu mediul marin înconjurător.

Sunt foarte puține informații neclasificate despre navele care folosesc aceste vopsele. Ca urmare, nu se poate face o comparație cu privire la performanțele unei vopsele absorbante și ale unei vopsele obișnuite.

Interesant, se pare că vopseaua obișnuită, de culoare bleumarin prezintă un compromis rezonabil emisie/absorbție scăzută și reflectare scăzută.

Pe lângă reflexia difuză, vopselele tind să reflecte diferit, funcție de unghiul de incidență a razelor solare, adică de poziția navei față de soare (cu bordul, cu prova sau cu pupa).



### 3.6. Spălarea cu apă.

Fig.3.4. Timpul de răcire cu apă de mare a unui panou de punte.

A doua tehnică de reducere constă în răcirea porțiunilor fierbinți a suprafețelor exterioare ale navei cu apă de mare.

În timpul Războiului din Golf, navele au folosit tehnica de protecție NBC, de spălare cu apă sau sisteme de pulverizare a apei.

Pentru a fi eficient, un sistem de spălare cu apă trebuie să răcească întreaga suprafață

exterioară a navei cu minim  $+5^{\circ}C$  la o temperatură exterioară de  $(+30^{\circ}C \div +60^{\circ}C)$ .

Condiția esențială este să nu rămână suprafețe fierbinți.

Sistemul de spălare cu apă se împarte pe secțiuni, astfel încât să fie aplicate numai pe suprafețele unde este nevoie de răcire. Ca un minim de secțiuni, sistemul de spălare se împarte pe cele două borduri, babord și tribord.

Atenție! Suprafețele nu se vor răci exagerat. Un contrast mare, negativ, este la fel de dăunător ca și unul pozitiv.

Ca urmare, apa de răcire trebuie pornită numai când este necesar, pentru a se menține o temperatură de control constantă.

Dar spălarea cu apă de mare a suprafețelor are și efecte nocive.

Principalul efect este că suprafața umedă relectă radiație solară și, prin urmare, efectele strălucirii solare vor fi crescute pe o suprafață umedă. Dar efectul este nesemnificativ deoarece reflexia diferă la unghiuri mici de incidență și, ca urmare, efectul de bază rămâne răcirea.

Dezavantaje:

- coroziunea oțelului;
- acumulare de sare de mare.

Acestea impun ca sistemul să fie folosit numai când este strict necesar, când folosirea altor sisteme nu este eficientă.

### ***3.7.Sisteme de ceață.***

Reducerea amprentei IR se poate realiza prin crearea unei nor dens de ceață.

Până în prezent, nu s-au determinat date precise privind eficacitatea sistemului.

Dar, dacă este gestionat corespunzător împreună cu sistemele de bruij termic (lansare de momeli), sistemul este eficient.

Dar sistemul prezintă mari dezavantaje:

- ecranează senzorii optici de la bord;
- duce la acumulări de sare de mare în duzele pulverizatoare, care se înfundă.
- pentru ca norul să fie eficient, este necesar ca nava să staționeze sau să se deplaseze cu viteză foarte mică.

Folosirea oricărui din cele trei metode IRSS pentru corpul navei, nu elimină următoarele condiții:

- realizarea unei izolații termice eficiente;
- proiectarea și montarea unei ventilații eficiente;
- folosirea eficientă a mașinilor principale.

### ***3.8.Efectele de fundal.***

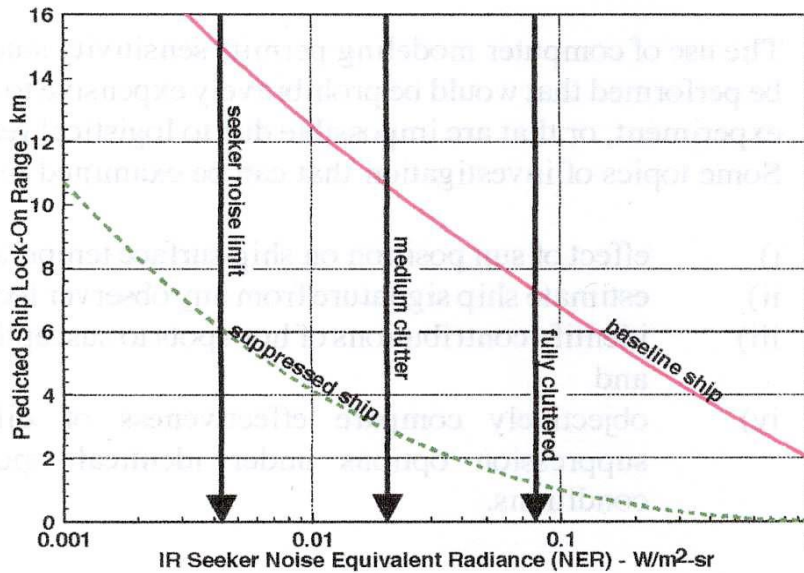


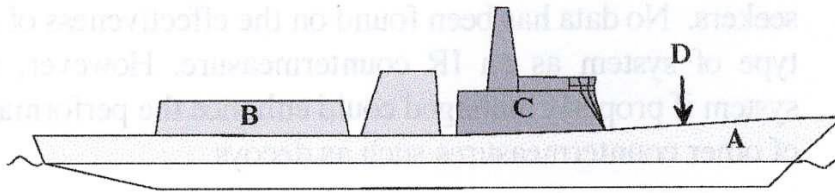
Figure 8 Predicted Effect of Clutter on Lock-On Range

*Fig.3.5.Efectul de fundal estimat în funcție de distanță.*

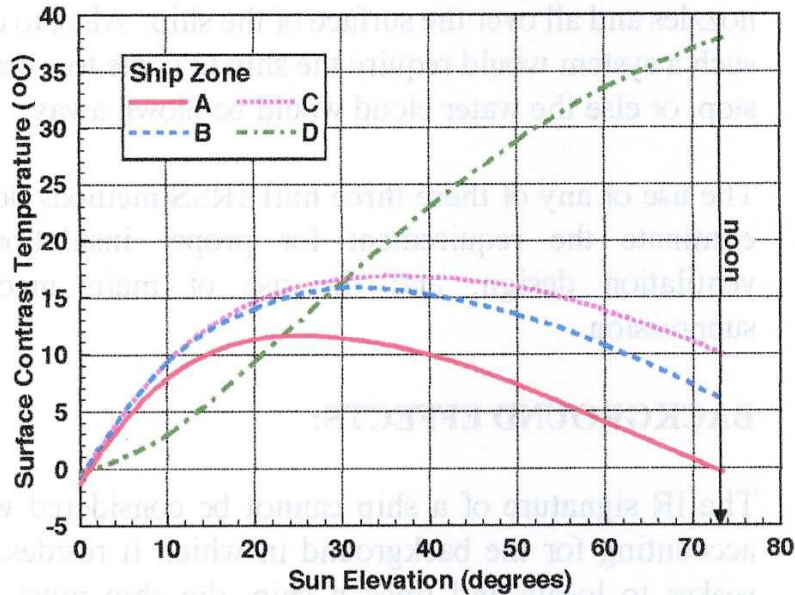
Amprenta IR a unei nave nu poate fi luată în considerație fără a ține cont de mediul marin unde se navigă.

Pentru ca o navă să fie descoperită în sistem IR, este necesar ca aceasta să ofere un contrast față de mediul marin. Aspectul contrastului depinde de o multitudine de factori, printre care enumerăm:

- radiația discului solar;
- elevația razelor solare;
- difuzia radiației solare de către atmosferă (praf, aerosoli);
- reflexia radiației solare de către nori;
- reflexia radiației solare de suprafața mării;
- interferența solară (umbra norilor);
- radiația aerului.



a. definition of isothermal zones



b. average surface temperature vs. sun elevation

Fig 3.6. Temperatura medie a suprafețelor exterioare ale navei în funcție de elevația razelor Soarelui.

Toți acești factori sporesc complexitatea amprenteii IR în fundal. Toate efectele prezentate mai sus, creează o „dezordine de fundal” pentru capul de căutare IR al rachetei.

Factorii menționați mai sus acționează în complex și în mod aleator. Afectează amprenta IR prin absorbția/reflexia radiațiilor IR de la mediul în care plutește nava.

Efectul fundalului prezintă un inconvenient de ghidare IR a rachetelor, deoarece îngreunează fixarea pe navă, ca țintă, a capului de căutare.

De regulă, blocarea pe țintă (nava) a capului de căutare al rachetei se realizează pentru un anumit prag al amprenteii IR, numit „SNR – signal to noise ratio”, spre exemplu, ISNR = 5.

Dacă amprenta de fundal nu se manifestă, intră în funcțiune sistemul intern de căutare al rachetei. Capul IR modern al rachetei se poate activa la amprente IR foarte mici. În momentul când capul rachetei se fixează pe țintă efectele de fundal nu se mai manifestă.

Într-un teatru maritim „aglomerat IR” precizia de lovire a rachetei nu este condiționată numai de sensibilitatea capului termic, ci este foarte mult influențată de „amprenta IR de fundal” a locației unde se află nava. Dacă în raionul maritim sunt mai multe surse termice, acestea se comportă ca o „amprentă IR de fundal”, ceea ce are ca efect reducerea precizia de lovire a rachetei. În majoritatea situațiilor, capul de căutare al rachetei se fixează pe amprenta IR cea mai mare.

Când amprenta IR a mediului este comparabilă cu cea a navei țintă, nava poate fi foarte

greu separată termic de amprenta IR a mediului înconjurător.

### **3.9. Concluzii.**

În mediul de astăzi al amenințărilor create de infrastructura IR din ce în ce mai sofisticată, este importantă cunoașterea amprentei navei. Aceasta trebuie să fie mai mică decât a senzorului rachetei.

Prin reducerea amprentei IR, probabilitatea de detectare și de lovire a navei se reduce semnificativ.

Identificarea punctelor fierbinți și selectarea celor mai eficiente soluții de eliminare (reducere) continuă să fie o activitate dificilă.

### **BIBLIOGRAFIE.**

1. CR1, ing. Mihail barbu. Câmpurile fizice ale navelor. Acțiuni și contra-acțiuni. Editura Militară. București. 1991.

2. John Pike. Ship Silencing Program. Surface Officer Warfare School US Navy.

3. Praire – Masker. Journal of Marine Silence and Engineering. No. 10(12). 2022.

4. Maht Che Isa, Harsil Nain, Nik hassanuddin. An Overview of Ship Magnetic Signature and Silencing Technologies. Decembre 2019.

5. Octavian Baltag, s.a. Magnometrie. Aplicații în domeniul marin. Editura Performantica. 2000.

6. J. Thompson, D. Vaitekunas. IR Signature Suppression of Modern Naval Ships. Departament od Mechanical Engineering. Queen's University. Kingston. Ontario. Canada.



