

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕВРОПЕЙСКИ ДИРЕКТИВИ ЗА
НОРМИРАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ШУМА ВЪРХУ ПЕРСОНАЛ
НА РИСКОВИ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ
(НАУЧНА СТУДИЯ)**

**Кольо Орешков, Радостин Долчинков
Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски, Христо Михайлов**
Бургаски свободен университет

**IMPLEMENTATION OF EUROPEAN DIRECTIVES
FOR NORMING THE IMPACT OF NOISE ON STAFF OF RISK
TECHNICAL SYSTEMS
(SCIENTIFIC STUDY)**

**Kolyo Oreshkov, Radostin Dolchinkov
Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Hristo Mihaylov**
Burgas Free University

Резюме: В съвременните рисковни технически системи, каквито например, са плавателните съдове, сигурността на екипажа, безопасните и здравословни условия на труд, опазването на околната среда и ефективността на корабоплаването са от ключово значение. Тази студия представя резултатите от изследването на факторите на работната среда на кораб, по-конкретно – на шума, произвеждан от различни видове машини и влиянието му върху екипажа на кораба. Измерванията и тестовете са извършени на круизен кораб. Използвани са сертифицирани измервателни средства, които са описани в изложението.

Ключови думи: шум; машини; Международна морска организация (ИМО); странични ефекти на работната среда; вредно въздействие върху хората; безопасни условия на труд; круизен кораб; корабен екипаж.

Abstract: In today's risky technical systems such as vessels, crew safety, safe and healthy working conditions, environmental protection and shipping efficiency are of key importance. This document presents the study results of the ships working environment factors, in specific – the noise, produced by different kind of machines and the influence on the ship's crew. Measurements and tests are carried on a cruise vessel. Certified devices are used, which are described in the exhibition.

Key words: noise; machinery noise; International Maritime Organisation (IMO); working environment side effects; harmful effects on humans; safe working conditions; cruise ship; ship's crew.

Въведение

В съвременния морски транспорт корабите са неотменим фактор за развитието на световната икономика, осигурявайки ефективен и надежден начин за превоз на стоки и хора. От съществено значение е спазването на всички норми и изисквания при експлоатацията на корабите, като рисковни технически системи, често използващи и критична инфраструктура.

Независимо от технологичния напредък и иновациите при създаването на съвременните кораби, едно от важните предизвикателства, пред които са изправени корабоплавателните компании и техническите специалисти, е оптимизацията на условията на работа и живот на екипажа.

Едно от най-важните места в корабната инфраструктура е машинното отделение, където се разполагат главните двигатели и системите, отговарящи за движението на кораба.

Влиянието на вибрациите, звука и шума, генерирани при работата им, е ключов фактор за работоспособността, безопасността, здравето и комфорта на екипажа.

Основните източници на вибрации на корпуса на кораба са работещите корабни машини и механизми, предимно витла и валове.

Витлото и междинните валове имат динамичен дисбаланс и нееднаква коравина в различни равнини, т.е. Те се характеризират с наличието на неравномерни инерционни моменти на площта на напречното сечение. Това води до вибрации на валовете, а следователно и на целия корпус на кораба, с честота, равна или кратна на скоростта на въртене на витлото. Скоростта на въртене на витлата зависи от техническите характеристики на кораба и витлото, както и от скоростта на кораба и варира от 60 до 140 об / мин или повече.

Двигателите с вътрешно горене имат голям брой механични части, които контактуват интензивно по време на резки възвратно-постъпателни движения, получавайки значителни ускорения. В резултат на това те се считат за интензивни източници на звук и вибрации на корабите [1, 2, 3].

Основни източници на шум от двигателите с вътрешно горене са:

- шумът от изгорелите газове, който възниква при пулсиращия поток на отработените газове. При липса на шумозаглушител той е най-интензивният компонент на общия шум на двигателя, чиято звукова мощност варира от 0,01 до 0,1% от мощността на двигателя. Тази мощност изглежда незначителна. Все пак трябва да се има предвид, че 1 W акустична мощност създава ниво на звуково налягане, равно на 92 dB на разстояние 10 m;
- шумът от засмукване, който е значително по-слаб от изпускателния шум, тъй като обемът на входящия въздух (студен въздух без гориво) е по-малък от обема на отработените газове;
- шумът, излъчван директно от частите на двигателя (цилиндров блок, картер) е два-три пъти по-малък по отношение на звуковата мощност, тоест с 20 - 30 dB по-нисък от шума на отработените газове.

Освен това трябва да се има предвид, че звуковите вибрации могат да се предават от двигателя чрез опорите и другите връзки към основите и другите конструктивни елементи, причинявайки тяхното звуково излъчване. Шумът на двигателя, от една страна, се причинява от процесите на изгаряне на горивото в цилиндрите, от друга страна, от механични процеси (удари на клапани, преместване на буталата, удари на горивната помпа при впръскване на гориво, задвижващи зъбни колела). Струва си да се отбележи, че общата вибрация от механични процеси изглежда е от същия порядък като вибрацията от горивни процеси [4, 5, 6, 7, 8].

Долната честотна граница на общата вибрация е в диапазона 1-2 Hz, а горната граница не надвишава 80 Hz, което се дължи на физическите характеристики на разпространението и затихването на механичните вибрации в корабните конструкции.

Параметрите на вибрациите на палубите и в жилищните помещения на повечето кораби могат да достигнат високи нива, надхвърлящи хигиенните стандарти и следо-

вателно да имат неблагоприятни ефекти върху човешкото тяло дори при ограничено време на експозиция. За обитаемите зони на кораби най-характерната вибрация е движещата се вибрация с честотен диапазон от 5 до 80 Hz.

При излагане на вибрации под $1\div 2$ Hz могат да се появят симптоми на морска болест - болест на движението. При поява на болест на движението преобладаващите ефекти са реакциите на вестибуларния апарат, което дава основание да се определи като водещ в механизма на действие на нискочестотните вибрации и да се идентифицира специфичен рецептор за възприемане на тези вибрации [9, 10, 11, 12].

Актуалността на проблема с морската болест се определя от значителната чувствителност на хората към морска болест: от 18% до 90% от членовете на екипажа на кораби и плователни съдове страдат от това заболяване по време на морски пътувания, особено по време на бури с магнитуд в диапазон $3\div 5$. Основният причинител на морската болест при всички видове клатене са линейните и ъгловите ускорения в резултат на движението на корпуса на кораба върху вълната [13, 14].

Общата вибрация се нормализира, като се вземе предвид методът на предаване на вибрациите на човек, посоката на неговото действие по отношение на координатните оси на човешкото тяло в изправено и седнало положение.

Звукът е трептене на въздушни частици, разпространяващо се под формата на вълна в пространството /т.н. звуково поле/. Източниците на тези трептения могат да бъдат трептящи обекти, машини, въздушни потоци, ударни процеси. Импулсният /ударният/ шум е силен шум, настъпващ внезапно. Скоростта, с която трептенията на въздушните частици се разпространяват във въздуха /скоростта на звука/ е 340 m/s.

Шумът е специфичен тип звук, свързан основно с промишлените процеси и един от главните рискове, съществуващи в работната среда.

Звучите, които по същество са акустични вълни, се разпространяват не само във въздушна, но и в друг тип еластични среди, такива като вода, бетон, метали и др. В зависимост от това се дефинират различни типове звук, разпространяващи се във въздушна, в твърда и течна среди, в конструкции и т.н.

Скоростта на разпространение на звуковите вълни зависи от еластичните свойства на средата, температурата и плътността на средата.

Скоростта на разпространение на звукова вълна в различните среди е различна: при $t = 20^\circ\text{C}$ за въздух тя е 334 m/s, за стомана – 5000 m/s, за бетон – 4000 m/s.

Звучите, възприемани от човешкото око са в диапазона 20 Hz – 20 kHz. Звук с честота под 20 Hz се нарича инфразвук, над 20 000 Hz – ултразвук.

Инфразвукът може да бъде генериран от много индустриални източници, такива като компресори, турбини, двигатели с вътрешно горене, вентилатори, електромотори и др. Тъй като той има по-голяма дължина на вълната, силно дифрактира, прониква в помещения, заобикаля прегради и може да предизвика резонансни трептения на тела с големи размери, такива като стени, врати и др., които да станат вторични източници на инфразвук.

В Таблица 1 е показана честотата на симптомите, наблюдавани при краткотрайно излагане на инфразвук с високо ниво ($120 \div 135$ dB).

Инфразвукът оказва неблагоприятно въздействие върху човека – предизвиква слабост, главоболие, проблеми със зрението, повръщане. Вероятно това се дължи на предизвикването на принудени трептения на различни вътрешни органи. Честотата на собствените трептения големите органи в човека е в диапазона между 2 и 17 Hz. Опасни са и трептения с честота 7 Hz, тъй като съвпадат с вълните на мозъчната активност [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Таблица 1. Честота на симптомите, наблюдавани при краткотрайно излагане на инфразвук с високо ниво (120 ÷ 135 dB)

№	СИМПТОМИ	ЧЕСТОТА
1	Световъртеж	0,71
2	Гадене	0,47
3	Умора, слабост (включително силна слабост)	0,71
4	Усещане за вибрация на тялото, вътрешните органи	0,65
5	Чувство на страх	0,41
6	Главоболие	0,61
7	Усещане за натиск върху тъпанчетата, запушени уши	0,45
8	Измамни, нереалистични усещания	0,17
9	Вегетативни нарушения (изпотяване, сухота в устата, сърбеж по кожата)	0,66
10	Психични разстройства (дезориентация, объркване на мислите и др.)	0,67
11	Затруднено преглъщане	0,18
12	Зрително увреждане (замъглено зрение)	0,30
13	Усещане за задушаване	0,22
14	Модулация на речта	0,10
15	Нарушения на дишането	0,28
16	Втрисане, подобно на тремор	0,20

По своята същност ултразвуковите вълни не се различават от звуковите вълни в диапазона ан чуване. Разпространението на ултразвук се подчинява на основните закони, общи за акустичните вълни от всеки честотен диапазон. В същото време ултразвукът, който има високи честоти и следователно малки дължини на вълните, се характеризира със специални свойства. Поради малките им дължини, ултразвуковите вълни се фокусират по-лесно и съответно получават по-тясно и по-насочено излъчване.

Когато човек е изложен на контактен ултразвук с ниска интензивност (до $1,5 \text{ W/cm}^2$), метаболитните процеси в тялото се ускоряват, тъканите се загряват леко и се получава микромасаж.

Вътре в клетките няма морфологични промени. Ултразвукът със средна интензивност ($1,5 \div 3,0 \text{ W/cm}^2$) обаче, поради повишаване на променливото звуково налягане, предизвиква обратими реакции на инхибиране, по-пециално на нервната тъкан.

Ултразвуковите вълни могат да предизвикат различни биологични ефекти в човешкото тяло, чието естество се определя от:

- характеристики на ултразвукови вибрации: интензивност, честота, времеви параметри (константа, импулс);
- продължителност на експозицията;
- чувствителност на човешките тъкани.

Ефектите, причинени в човешкото тяло, условно се разделят на:

- механични, причинени от променливо изместване на средата;
- физико-химични, свързани с ускоряване на процесите на дифузия през мембраните, промени в скоростта на биологичните реакции;
- термична, проявяваща се в резултат на отделяне на топлина, когато тъканите абсорбират енергията на ултразвуковите вибрации;

- ефекти, свързани с появата на ултразвукова кавитация (празнота) в тъканите, т.е. с образуването и последващото свиване на мехурчета пара-газ.

Контактният ултразвук с висока интензивност ($3,0 \div 10,0 \text{ W/cm}^2$) предизвиква необратими реакции на инхибиране, които се превръщат в процес на пълно разрушаване на клетките.

Въздействието на ултразвука върху човешкото тяло води до промени в почти всички тъкани, органи и системи: централната и периферната нервна система, сърдечно-съдовата, ендокринната системи, слуховия и вестибуларния анализатор и др. При системно излагане на интензивен нискочестотен ултразвук най-характерно е наличието на вегетативно-съдова дистония и астеничен синдром.

Високочестотният ултразвук причинява на първо място увреждане на нервно-съдовия, нервно-мускулния апарат, промени в структурата на костите под формата на остеопороза, остеосклероза и други промени от дегенеративно-дистрофичен характер. Хората, които дълго време обслужват ултразвукови апарати, също страдат от главоболие, световъртеж, обща слабост, болки в областта на сърцето и паметта.

Чувствителността на човек към звука зависи от два фактора – ниво на звуковото налягане и честота на звука. Изменението на въздушното налягане, причинено от преминаващ звук, се нарича звуково налягане (Фиг. 1).

При разпространението на звуковите вибрации във въздуха се появяват области на разреждане и области на повишено налягане, които определят големината на звуковото налягане.



Фиг. 1. Изменение на звуковото налягане.

Звуковото налягане е разликата между моментната стойност на налягането по време на разпространението на звукова вълна и средната стойност на налягането в ненарушена среда. Звуковото налягане се променя с честота, равна на честотата на звуковата вълна.

За характеризирание на интензивността на звуците или шума е възприета система за измерване, която отчита логаритмичната връзка между въздействието и слуховото възприятие – скала от логаритмични единици, в която всяко следващо ниво на звукова енергия е 10 пъти по-голямо от предишната.

Например, ако интензитетът на даден звук е 10, 100, 1000 пъти по-голям от следващия, тогава в логаритмична скала това съответства на увеличение от 1, 2, 3 единици.

Максималните и минималните стойности на звуковото налягане и интензивността, възприемани от човек като звук, се наричат прагови стойности.

Звуците с ниска интензивност, едва чуваеми, се наричат праг на чуваемост.

Прагът на слуха при честота 1000 Hz съответства на интензитет $I_0 = 10^{-12}$ W/m² и звуково налягане $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Интензитетът на звука определя долния праг на чуване. Нивото на интензитета се измерва в единица бел [B].

Параметрите на вибрациите варират по интензитет и физическа величина. Концепцията за вибрация се използва като хармоничен колебателен процес, в който има амплитуда на трептене, амплитуда на скорост и амплитуда на ускорение.

Посочените амплитуди се променят няколко хиляди пъти, но усещанията от вибрации се различават значително по-малко, тъй като пропорционално на логаритъма на неговия интензитет. Това изразява психофизичния закон на Вебер-Фехнер: усещанията от вибрациите са пропорционални на логаритъма на нейния интензитет.

За да се доближат вибрационните единици до субективните усещания, се използва логаритмична скала, в която промените не са толкова големи. Единицата за вибрация се нарича „бел“ в чест на американския изобретател на телефона Бел. Bel е равен на десетичния логаритъм от квадрата на отношението на измерената стойност към базовата стойност.

Максималните стойности (праг на болката) съответстват на звуци, които причиняват болка в слуховите органи. Енергията на звука на ръба на болката е 10^{14} пъти по-висока от енергията на едва доловим (праг на чуваемост) звук със същата честота.

Такъв огромен диапазон на интензитета на звука (от прага на чуваемост до прага на болката) е наличен поради способността на човешкото ухо да реагира не на абсолютно увеличаване на интензитета на звука, а на относителна промяна в тази стойност. Поради това, за да се намали скалата на измерване, бяха въведени логаритмични стойности – нива на интензитет и звуково налягане.

Величината ниво на интензитета се въвежда, за да се сравнят интензитетите на различни звукове, които се приемат от човешкото ухо. Величината ниво на интензитета е еднозначно свързана с интензитета на звука и не зависи от това как ухото възприема звука.

Нивото на интензитет се използва при акустични изчисления, а нивото на звуково налягане се използва за измерване на шума и оценка на въздействието му върху хората, тъй като слуховият орган е чувствителен не към интензитета, а към средноквадратичното налягане.

Измерване на шум и звука се извършва с помощта на преобразуватели при измерване на шум и звук. В качеството на първични преобразуватели при измерване на шум и звук се използват измервателни микрофони.

Основно изискване към измервателния микрофон е да притежава равномерна амплитудно-честотна характеристика в зададения честотен обхват, а също така и равномерна характеристика на насоченост (т.н. диаграма на чувствителност), за да се гарантира независимост на измерването от посоката на падане на звуковите вълни. На тези условия отговарят кондензаторните микрофони.

При невъзможност за използване на кондензаторни микрофони (при тежки експлоатационни условия) се препоръчва използването на електродинамични микрофони. Те притежават сравнително равномерна амплитудно-честотна характеристика, която при необходимост лесно се коригира с пасивни или активни коригиращи вери-

ги и сравнително добра чувствителност. Пиезокристалните микрофони практически не се използват в областта на измерванията.

Основно изискване към шумомерите (звукомерите) е правилното калибриране на чувствителността им непосредствено преди всяко измерване. На всички съвременни – шумомери (звукомери) заедно с микрофона е предвидена калибровка със стандартен звуков сигнал ($f=1000$ Hz, $P=96$ dB).

За източник на стандартния сигнал може да се използват различни системи с електрически генератори. В комплекта на съвременните шумомери влиза генератор на този еталонен звуков сигнал – т.н. пистофон.

Крайният резултат при измерването на нивото на звуковото налягане е построяването на шумова диаграма на дадено помещение или обект. Тя дава разпределение на нивото на звуковото налягане в обема на помещението или обекта.

Измерването се извършва в предварително установени точки, отстоящи на строго диференцирани разстояния спрямо основния звуков източник, образуващи полусферична повърхнина.

Върху точността на измерване на вибрациите и шума (звука) влияят редица външни и вътрешни за измервателната система фактори.

Вътрешните за системата фактори са свързани с грешката на първичните преобразуватели (акселерометри и измервателни микрофони), измервателните прибори (виброметри, шумомери, звукомери), както и допълнителния шум, които свързващите кабели внасят в измервателния сигнал.

Външни за системата фактори са: закрепването и масата на акселерометрите, разполагането на измервателните микрофони в звуковото поле, както и калиброването на шумомерите (звукомерите) и виброметрите.

I. МЕЖДУНАРОДНИ ДИРЕКТИВИ И ДЕЙСТВАЩИ НАРЕДБИ В МОРСКАТА ИНДУСТРИЯ

В морската индустрия сигурността, опазването на околната среда и ефективността на корабоплаването са от ключово значение.

В България има две важни институции, които гарантират това:

- Дирекция “Морска администрация” (ДМА) е институцията в България, отговаряща за установяването и прилагането на националните стандарти и наредби в морската индустрия. ДМА осигурява съответствие с международните правила и изисквания, които регулират безопасността на корабоплаването, обучението на моряците, опазването на околната среда и други аспекти.

- Агенция “Пристанищна инфраструктура”(АПИ) е институцията, отговорна за управлението и регулирането на морските пристанища в България, включително контрола върху техните операции и съответствие с международните стандарти за безопасност и ефективност.

Международните регулационни органи и стандарти са:

- Международната морска организация (ИМО – International Maritime Organisation). Като специализирана агенция на Организацията на обединените нации, ИМО е ключов играч в установяването на международни стандарти и директиви за сигурност на морските пътища, опазване на околната среда, социални и икономически аспекти на корабоплаването. Всяка държава, която има излаз на море, трябва да е член на ИМО. Сега има 173 такива страни. ИМО е създадена за решаване на проблеми, свързани с международното морско корабоплаване. В резултат на това правителствата постигат съгласие и се появяват различни резолюции и конвенции. Една от ос-

новните цели на ИМО е сътрудничеството между правителствата на морските страни по света.

- Международната организация по труда (ILO). ILO е отговорна за установяването на международни стандарти в областта на труда, включително за работата на моряците. Техническите спецификации и насоки, предоставяни от ILO, са от съществено значение за живота и здравето на моряците, както и за условията на труд в морската индустрия. Основни задачи на организацията са: разработване на международни политики и програми, насочени към решаване на социални и трудови проблеми; създаване и приемане на международни трудови стандарти под формата на конвенции и препоръки с цел прилагане на тази политика; съдействие на участващите страни при решаване на социални и трудови проблеми, т. нар. техническо сътрудничество; защита на правата на човека (право на труд, на сдружаване, защита от принудителен труд, от дискриминация); борба с бедността, за подобряване на жизнения стандарт на работниците, развитие на социалната сигурност; разработване на програми за подобряване на условията на труд и работната среда, безопасността и здравето при работа, опазването и възстановяването на околната среда и др.

- Международна организация за стандартизация (ISO). ISO установява стандарти в различни области, включително морската индустрия. Нейните стандарти са признавани като международен бенчмарк за качество, безопасност и ефективност в различни аспекти на морската дейност.

- SOLAS (Safety of Life at Sea) - определя стандарти за морска безопасност от 1974 г. до днес. SOLAS е една от основните международни конвенции за морско корабоплаване. Текстът на конвенцията се състои от членове и съдържа 12 глави. Те определят всички минимални стандарти и процедури за безопасност на борда на корабите. Корабособствениците могат да поставят по-строги изисквания, но не по-малко от посочените в SOLAS.

- STCW – Standards of Training, Certification and Watchkeeping. STCW – Стандарти за обучение, сертифициране и носене на вахта. Международна конвенция за стандартите за обучение, освидетелстване и носене на вахта на моряците – значителни промени, направени след 2010 г. (Изменения от Манила). Текстът на конвенцията съдържа редица важни разпоредби, регулиращи трудовата дейност на корабите: обучение на моряци (здравословно състояние, възраст, опит, квалификация и др.); документи, свидетелства за моряци и техните образци; изисквания за защита на труда (време за работа и почивка); изисквания за носене на вахта.

- ISM Code – International Safety Management Code. Международен кодекс за управление на безопасната експлоатация на кораби и предотвратяване на замърсяването – 80% от аварията във флота се дължат на „човешки фактор“. Този кодекс не е конвенция, но неговите цели са също толкова важни. Всяка корабна компания трябва да разработи, внедри и поддържа система за управление на безопасността (SMS) на всички свои кораби. SMS е колекция от писмени инструкции за екипажа и компанията. Те определят правилата за експлоатация на кораби, мерките за предотвратяване на риска и отговорностите на компанията и екипажите.

Тези институции и регулационни органи създават и поддържат стандарти, които гарантират високи нива на безопасност, ефективност и съобразяване с околната среда в морската индустрия. Техните усилия са от съществено значение за насърчаване на отговорна и устойчива морска дейност както на национално, така и на международно ниво.

II. КОДЕКС ЗА НИВАТА НА ШУМА НА БОРДА НА КОРАБИТЕ А.468(XII)

Кодексът за нивата на шум на борда на корабите на ИМО е разработен, за да предостави насоки на Администрациите относно принципите за контрол на шума на борда на корабите като цяло.

Целта му е да стимулира и насърчава контрола на шума на национално ниво в рамките на международно договорени граници. Кодексът се отнася главно до въздействието на шума върху здравето и комфорта на хората.

Препоръките относно процедурите и програмите трябва да се разглеждат като опит за установяване на международно единен стандарт, вместо да се определят строги правила, които да бъдат следвани. Кодексът е разработен с оглед на конвенционалните пътнически и товарни превози кораби.

Организацията прилага препоръки относно методите за измерване на нивата на шума, заедно с Resolution A.343(IX) от 12 ноември 1975 г.

Кодексът е предназначен да предостави стандарти за предотвратяване на появата на потенциално опасни нива на шум на борда на корабите и да предостави стандарти за приемлива среда на моряците. Той бива прилаган за новопостроени кораби с бруто тонаж 1600 тона и повече.

Тези стандарти са разработени за пътническите и товарните кораби, а за които се различават значително от конвенционалните кораби, е необходимо специално разглеждане.

Кодексът не се прилага за пътнически кабинни и други пътнически пространства, освен ако не са работни помещения и са предмет на разпоредбите на Кодекса. Кодексът обхваща само източници на корабен шум като машини и задвижване, но не включва шум от вятър/вълни/лед, аварийна аларма, оповестителна система и др.

Целта на Кодекса е да се ограничат нивата на шума и да се намали експозицията на морските лица на шум за да се осигурят безопасни условия на работа, като се вземат предвид необходимостта от гласова комуникация и от чуване на звукови аларми, както и среда, в която могат да се вземат ясни решения в пунктовете за управление, навигационните и радиопомещенията и машинните отделения; да се защитят морските лица срещу прекомерни нива на шум, които могат да доведат до загуба на слуха, предизвикана от шум; да се осигури на морските лица приемлива степен на комфорт в помещенията за почивка, отдиш и други, както и условия за възстановяване от въздействието на експозицията на високи нива на шум.

Тези правила, препоръки и информация имат за цел да предоставят на Администрацията методи и средства за осигуряване на условия на борда на корабите, които насърчават защитата на слуха. В същото време този проблем има своя собствена динамика, тъй като засяга човешката и техническата среда в тяхното взаимодействие.

Правилата и насоките неизбежно ще се променят за всеки отделен случай в резултат на различни промени в технологията, както и на развиващите се практики за управление на сигурността. Поради тази причина Администрациите се насърчават да споделят опит и информация, получена от признати организации, корабни оператори и разработчици на оборудване с оглед подобряване на този Кодекс.

За целите на Кодекса се прилагат определения за жилищните помещения (каюти, отделения, болнични помещения, трапезарии, стаи за отдиш и открити зони за отдиш), които се използват от морските лица.

В Глава 2 от Кодекс А.468(XII) на ИМО да дефинирани методите за измерване на шум в различните помещения на кораба и какви условия трябва да бъдат спазени при измерване в отделните зони на кораба – жилищните зони, машинните отделения и др.

Използва се явен претеглен индекс на намаляване на шума R'_w : Единична стойност, изразена в децибели (dB), която описва цялостната ефективност на звуковата изолация на стените, вратите или подовите (ISO 717-1:1996, изменен с 1:2006).

Граничните стойности се определят по отношение на претеглените по крива А нива на звуковото налягане.

Граничните стойности за нивата на шума (dB(A)) определени за различни пространства, са представени в таблица 2.

В Глава 3 е определена измервателната техника, на какви характеристики и сертификати трябва да отговаря, начините на измерване и използването на калибратор.

В Глава 4 са дефинирани максимално приемливите нива на звуково налягане.

Граничните стойности за нивото на шума, определени в глава 4, са заложили така, че ако са спазени, морските лица да не бъдат изложени на L_{ex} (24) над 80 dB(A), т.е. в рамките на всеки ден или 24-часов период еквивалентната непрекъсната експозиция на шум да не надвишава 80 dB(A).

Таблица 2. Гранични стойности за нивата на шума (dB(A)) за различни пространства.

ПОМЕЩЕНИЕ	1600 ÷ 10000 GT	≥10000 GT
Работни помещения		
Машинни отделения	110	110
Помещения за контрол на машините	75	75
Работилници, различни от тези, които са част от машинните отделения	85	85
Неопределени работни помещения (други работни зони)	85	85
Навигационни помещения		
Навигационен мостик и помещение с морски карти	65	65
Наблюдателни постове, вкл. криле на навигационния мостик и прозорци	70	70
Радиопомещения (с работещо радиооборудване, което не произвежда звукови сигнали)	60	60
Радарни помещения	65	65
Жилищни помещения		
Каюти и болнични отделения	60	55
Трапезарии	65	60
Стаи за отдих	65	60
Открити зони за отдих (външни зони за отдих)	75	75
Офиси	65	60
Обслужващи помещения		
Камбузи, без работещо оборудване за подготовка на храна	75	75
Бюфети и трапезарии	75	75
Обичайно необитавани помещения	90	90

За нов кораб съответствието с тези критерии следва да се проверява въз основа на измервания на нивата на шума при изпитвания по море чрез изчисляване на очакваната експозиция на шум за всяка категория членове на екипажа в съответствие с метода, посочен в раздел 3.7.

Нормите и граничните стойности за нивата на шум, определени за различни пространства (Таблица 2).

Глава 5 от Кодекс А.468(XII) разглежда граничните стойности при излагане на шум.

Морските лица, дори когато носят предпазни средства за защита на слуха, не трябва да бъдат изложени на нива над 120 dB(A) или на $L_{eq}(24)$, надвишаващи 105 dB(A).

В зона В следва да се допускат само случайни експозиции и да се използват предпазни средства за защита на слуха с намаляване на шума между 25 и 35 dB(A).

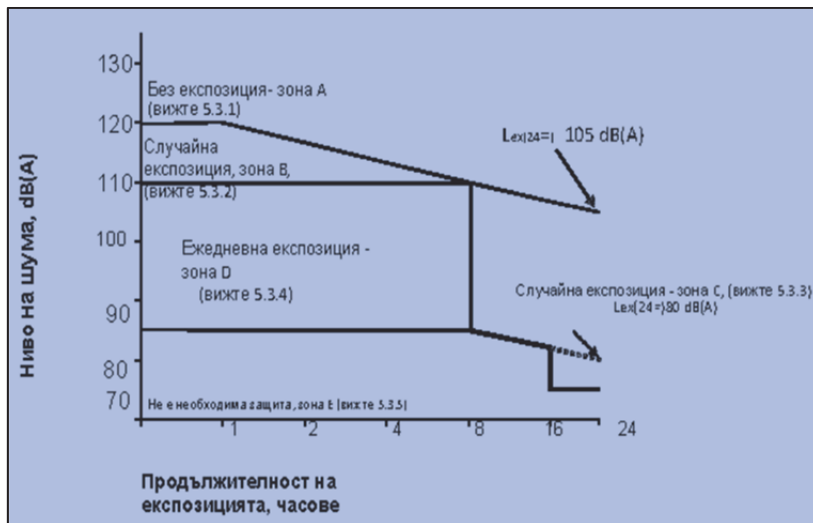
В зона С следва да се допускат само случайни експозиции и да се използват предпазни средства за защита на слуха с намаляване на шума най-малко с 25 dB(A).

Ако морските лица работят редовно (ежедневна експозиция) в помещения с нива на шум в рамките на зона D, трябва да се използват предпазни средства за защита на слуха с намаляване от най-малко 25 dB(A) и да се обмисли оценка на риска и създаването на програма за защита на слуха.

При експозиции, по-малки от осем часа, морските лица без защита на слуха не следва да бъдат изложени на нива на шум, надвишаващи 85 dB(A).

Когато морските лица остават повече от осем часа в помещения с високо ниво на шум, не трябва да се надвишава $L_{eq}(24)$ от 80 dB(A).

Следователно в продължение на най-малко една трета от всеки 24 часа всяко морско лице следва да бъде в среда с ниво на шума под 75 dB(A). Зоните на експозиция са представени на Фиг. 2.



Фиг. 2. Зони на експозиция.

В Глава 7 са определени изискванията за предпазните средства за защита на слуха, както и посвяването на предупредителни съобщения.

III. РЪКОВОДСТВО НА ЛОЙДС РЕГИСТЪР ЗА ВИБРАЦИИТЕ И ШУМА НА КОРАБА /SHIP VIBRATION AND NOISE GUIDANCE NOTES/

Ръководството за вибрации и шум на кораба на Лойдс Регистър има за цел да предостави информация за измерване, тълкуване и оценка на вибрациите и шума на борда.

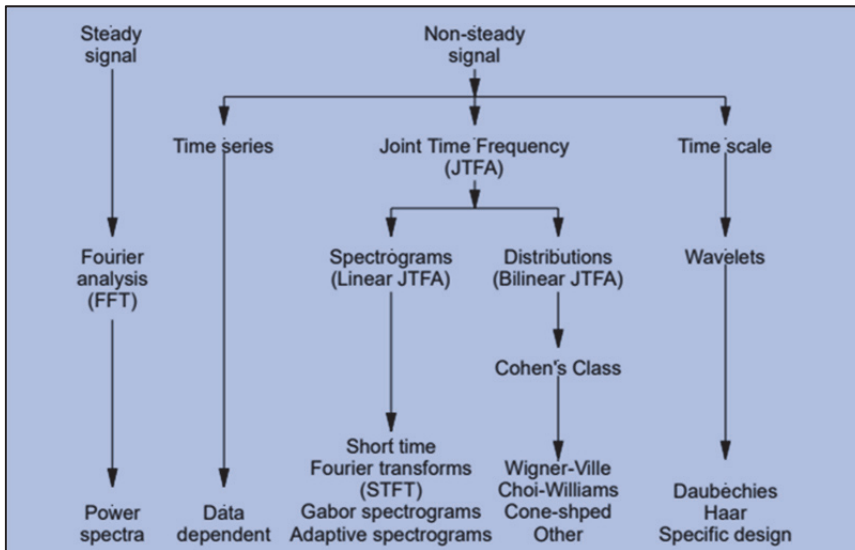
Тези насоки използват определени съществуващи международни и национални стандарти при оценката на измерванията на вибрации и шум.

Следвайки това ръководство, проектантите и операторите на кораби могат да гарантират, че техните кораби отговарят на подходящите стандарти за нива на вибрации и шум, което може да подобри безопасността, комфорта и работата на кораба.

В ръководството се включват следните ключови аспекти:

- Оценка на риска и предотвратяване: Ръководството предоставя методи и процедури за оценка на риска от вибрации и шум на корабите, както и препоръки за предотвратяване или намаляване на този риск.
- Дизайн на корабите: Препоръки за проектиране на кораби, с цел да се ограничи въздействието на вибрации и шум върху хората на борда и оборудването.
- Измервания и мониторинг: Инструкции за измервания и мониторинг на нивата на вибрации и шум, което може да помогне да се гарантира съответствие със стандартите и насоките.
- Обучение и информираност: Препоръки за обучение на екипажа и лицата, които управляват корабите, за да бъдат наясно с въздействието на вибрации и шум и с методите за предотвратяване или управление на този проблем.
- Технически стандарти: Възприемане на важните технически стандарти и регулации, които трябва да се спазват при управлението на вибрации и шум на корабите.

Ръководството е предназначено да подкрепя корабособствениците, операторите и инженерите на кораби в усилията им да създадат сигурни и комфортни условия на борда на корабите, като се справят с въпросите, свързани с вибрации и шум.



Фиг. 3. Методи за анализ на вибрации.

Исходните данни при анализиране на вибрации могат да бъдат разделени на две категории: постоянни и преходни. Някои данни с минимални преходни характеристики могат да се приемат като в привидно устойчиво състояние. Наличните методи за анализ са показани на Фиг. 3.

Основната стъпка в процеса на изследване или тълкуване на вибрационни сигнали е идентифициране на източниците на възбуждане.

Раздел 7 разглежда вибрации породени от корабните машини и механизми. Измерванията трябва да се извършват, когато машината е навлезла в нормални работни температури.

IV. ПРАКТИЧЕСКИ МЕТОДИ СВЪРЗАНИ С ИЗМЕРВАНЕ НА ШУМ И ВИБРАЦИИ

■ Аналитичен подход за решаване на проблеми свързани с шум на кораба

Основните източници на шум на корабите са главните двигатели и рулевият комплекс. Източници с по-нисък интензитет, но също произвеждащи повишен шум, ако не са инсталирани в съответствие с подходящите разпоредби, включват спомагателни двигатели и машини, вентилационни и климатични системи, електрическо радионавигационно оборудване и битови системи. В машинните отделения нивото на шума се определя от шума на електроцентралата; в жилищни, обществени и обслужващи помещения с надстройка, разположена на кърмата, преобладаващият звук е структурен звук, възбуден от елементите на витловия комплекс и енергетичната установка, както и аеродинамичен шум, създаден от вентилационни и климатични системи; в рулевите рубки, други помещения и крилата на навигационния мостик определящите фактори са шумът от електрическото радионавигационно оборудване, дизеловите изгорели газове и устройствата за всмукване на въздух.

Аналитичния подход за решаване на проблеми свързани с шума може да бъде разделен основно на няколко фази:

- **Фаза А.** Идентифициране на проблема и анализира на шума. Например:
 - кои машини и механизми работят (главен двигател, спомагателни машини, вентилация, помпи, хидравлика и др.);
 - какви са работните условия в момента на възникване на шума (скорост на кораба, метеорологични условия, дълбочина на газене, обороти на двигателя, отворени врати в помещението);
 - кой е източника на шум,
 - какви са работните условия на работещите машини и механизми;
 - как шумът се възприема в различните помещения;
 - може ли да се оприличи шумът към конкретна машина.
- **Фаза В.** Налична информация относно проблема. Анализират се следните данни:
 - типични ситуации, при които възниква шума;
 - информация от обслужващия персонал, кой и при какви условия е възприел шум;
 - анализиране на информация;
 - използване на инструкции, наръчници и нормативни документи.
- **Фаза С.** Какво може да бъде направено за решаване на проблема: възможни решения.
- **Фаза D** – Вземане на решение.
- **Фаза Е** – Оценка.

Таблица 3. Примерен подход за оценка на риска от шум

Изследвания на слуха	Налична информация	Данни за шума на съоръженията	Измервания на шума
↓			
Има ли вероятност някой да е изложен на риск?			
↓ да / възможно е			
<u>Планиране на оценката</u> Какви са шумните работни области и дейности? Кои са работниците, които вероятно са изложени на риск? Какъв е шумът – постоянен, непостоянен или импулсен? Как може нивото на шума да бъде оценено или измерено?			
↓			
<u>Извършване на оценката</u> За всеки работник, който вероятно е изложен на риск: Отбележете всяка шумна дейност през деня Запишете продължителността на всяка дейност Изчислете или измерете средното ниво на шума за всяка дейност Отбележете всички съществуващи средства за контрол върху шума Отбележете всички ползвани предпазни средства за слуха			
↓			
Изчислете дневната индивидуална експозиция на шум и преценете неопределеността			
↓			
Има ли риск?			
↓ да		↓ не	
Запишете оценката и действията Запишете оценката за експозицията на шум Идентифицирайте източниците, допринасящи най-много за експозицията на шум Планирайте мерки за борба с шума Консултирайте се с работниците по време на процедурата за оценка на риска Вземете мерки за защита на слуха Осигурете информация и обучение за работниците		<u>Преразгледайте оценката ако</u> Има промяна в работните процедури Има промяна в експозицията на шум Се появят нови средства за контрол върху шума	

В Табл. 3 е представен примерен подход за оценка на риска от шум. Анализира се събраната информация.

V. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗВУК И ШУМ В МАШИННО ОТДЕЛЕНИЕ НА КОРАБ

Целта на изследването е да представи резултатите от реално измерване на влиянието на звука, шума в машинното отделение на кораб върху работата на екипажа, състоянието на оборудването и общата среда на кораба.

Това изследване се проведе с цел анализ на актуални условия и идентифициране на възможни подобрения, които да допринесат за повишаване на безопасността и ефективността на корабоплаването.

Измерванията се извършиха с микрофон на височина между 1,2 m (лице в седящо положение) и 1,6 m (лице в стоящо положение) над палубата.

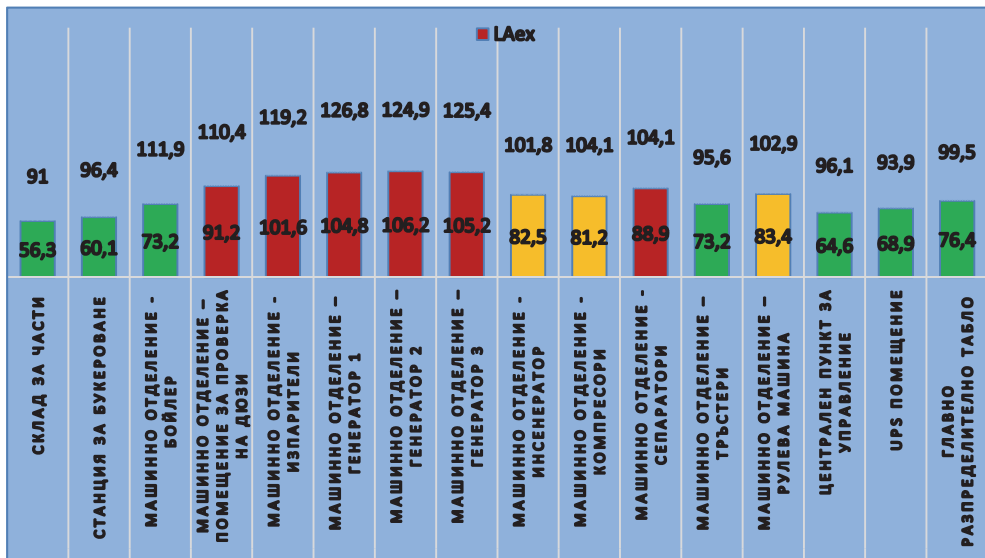
Разстоянието между две измервателни точки не е по - малко от 2 m, а в големи помещения, в които няма машини, измерванията се извършиха през интервали не по - големи от 10 m в цялото помещение, включително в местата с максимално ниво на шума.

Използвани бяха следните измервателни уреди:

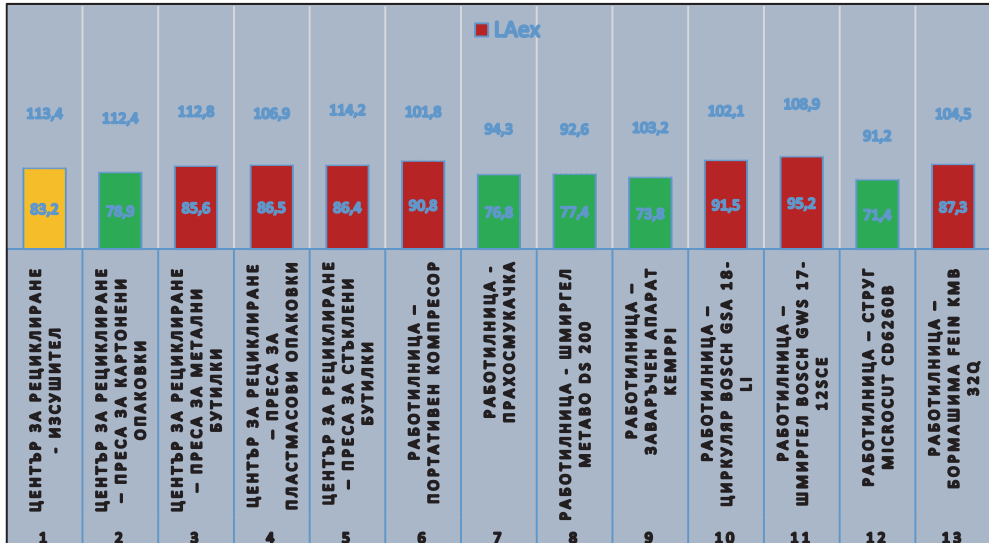
- Анализатор: SVANTEK SVAN 958(A);
- Микрофон: MICROTECH GEFFEL MK255;
- Микрофон: Casella Type CEL-252.

На база факта, че обслужващият персонал на кораба прекарва 8 часа в дадена среда и изискванията на НАРЕДБА № 6 от 15 август 2005 г. за „минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите“, следва да бъдат спазени следните изисквания:

- Граничните стойности на експозиция да бъдат: $L_{ex,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ и $p_{peak} = 200 \text{ Pa}$, съответно 140 dB(C) ;
- Горните стойности на експозиция за предприемане на действие следва да са: $L_{ex,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ и $p_{peak} = 140 \text{ Pa}$, съответстващо на 137 dB(C) ;



Фиг. 4. Получени стойности при измерване на звук и шум.



Фиг. 5. Получени стойности от измерване на шум от инструменти/работни устаноки.

- Долните стойности на експозиция за предприемане на действие следва да са: $L_{ex,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ и $p_{peak} = 112 \text{ Pa}$, съответно 135 dB (C) .

Получените резултати са показани на Фиг. 4 и Фиг. 5.

Измерванията показват, че е препоръчително и в повечето помещения в Машинно отделение е задължително да се носят предпазни антифони. Поставянето на знаци и табели, които да предупреждават за високи нива на шум на входа на всяко помещение, в което нивата на шум са над нормите е задължително!

На борда не бяха установени нива на шум L_{peak} (dB(C)), надвишаващи долните стойности на експозиция, изискващи предприемане на действия, но в повечето машинни отделения е задължително носенето на лични предпазни средства за защита на слуха.

Приема се, че носенето на вахтена служба или изпълнението на дневните задължения на екипажа, работещ в тези зони, е около 8 часа средно на ден.

Позовавайки се на НАРЕДБА № 6 от 15 август 2005 г. за „минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите“, отговорното лице, супервайзърът на работната група в тези зони, носи отговорност всички да имат осигурени и задължително да носят предпазната екипировка.

5.1. Анализ на данните.

На база събраните данни от измерванията може да бъде извършен статистически и спектрален анализ. Това дава възможност да се определи спектърът на честотите на звука и вибрациите, както и да се идентифицират източниците, които генерират тези неблагоприятни фактори.

5.2. Анкетирание на екипажа.

Освен физическите измервания, екипажът на кораба може да бъде анкетиран, за да се оцени въздействието на звука, шума и вибрациите върху здравето, работоспособността и комфорта на работа. Въпросниците са разработени така, че да се съберат мненията и впечатленията на екипажа от първа ръка.

5.3. Резултати от реалното изследване.

Разкрити са няколко ключови аспекта, които засягат машинното отделение на кораба:

- Високи нива на шум и вибрации: Измерванията показват, че нивата на шум и вибрации в машинното отделение на кораба са значително по-високи от препоръчителните норми за защита на слуха и здравето на работещите.
- Идентификация на източници на звук и вибрации: спектралният анализ посочва, че основният източник на звука и вибрациите е работата на главните двигатели на кораба. Други потенциални източници са двигателите на помощното оборудване и вентилационните системи.
- Влияние върху екипажа: Анкетите сред екипажа показват, че ниският комфорт и постоянното изложение на шум и вибрации може да доведе до умора, намалена концентрация и дори здравословни проблеми.

5.4. Изводи

Резултатите от това изследване подчертават необходимостта от незабавни действия за намаляване на вредните въздействия на звука, шума и вибрациите в машинното отделение на кораба. Това може да бъде постигнато чрез следните мерки:

- Изолация и абсорбция на шума: Използване на шумоизолационни материали и добра инженерна практика за намаляване на звуковата емисия от двигателите и оборудването.
- Динамичен баланс на оборудването: Внимателно планиране и инсталация на машините и оборудването, за да се намали вибрацията и трансмисията на този шум през корпуса на кораба.
- Здравословни паузи и защитно оборудване: Осигуряване на редовни паузи за екипажа, както и предоставяне на подходящи защитни средства като шумозаглушители и специализирани протектори за уши.

5.5. Препоръки и мерки за намаляване на риска от звук и шум

Това изследване имаше за цел да внесе повече яснота и да придаде важност на вредното влияние на шум върху човек в работна среда на кораб.

Въпреки това, че понякога шумът да е приемлив и търпим за човек, влиянието му е опасно върху здравето и безопасността, тъй като може да доведе и до човешки грешки в работния процес.

Въздействието на шума в работната среда може да постави работещия в рискови ситуации – с преки последствия върху безопасността, поради нечуване на предупредителни сигнали, вик за помощ, и непреки – поради намаляване на способността за концентрация на вниманието, намаляване сръчността и уменията, ускорено настъпване на умората, влошено качество на труда, повишаване на риска от злополуки и др.

На базата на тези данни, могат да бъдат предложени следните препоръки и мерки:

- Изолация и абсорбция на шума: Използване на подходящи материали и технологии за намаляване на шума от източниците му. Това може да включва инсталиране на шумоизолационни панели, използване на специални подови покрития и облицовки.
- Оптимизация на работните процеси: Промяна на начина на работа, който може да намали продължителността и интензивността на шумовите източници. Това може да включва регулиране на оборудване, използване на шумоподтисащи технологии и по-ефективно управление на производствените процеси.
- Лична защитна екипировка: Предоставяне на работещите с подходящи средства за защита, като шумозаглушители или уши, които да намалят нивата на излагане на шума в техния работен контекст.

- Обучение и осведомяване: Работещите трябва да бъдат обучени за рисковете от шума, както и за начините за правилно използване на защитните средства и превенция на увреждания.
- Системи за мониторинг и контрол: Внедряване на системи за непрекъснато мониториране и контрол на нивата на шум, което позволява навременно реагиране и корекция на условията, ако бъде надвишен допустимият лимит.

Внедряването на автоматична система за мониторинг и известяване изисква съчетаване на софтуерни и хардуерни компоненти. Такава система може да бъде използвана за наблюдение на различни параметри, като шум, вибрации, температура, налягане, състояние на оборудване и други, и да предоставя известия или предупреждения, когато тези параметри надхвърлят зададени стойности.

Интеграцията на такава система с корабната известителна система може да бъде полезна за контрол и мониторинг на различни процеси и събития на кораба. Тази интеграция може да помогне за автоматизиране на определени функции, подобряване на безопасността и управление на различни системи на кораба.

Съчетаването на тези препоръки и мерки ще допринесе за създаването на работна среда, където рисковете от звук и шум са намалени до минимум, а здравето и удовлетвореността на работещите са високи.

Важно е да се осъзнае, че намаляването на вредните въздействия на звука и шума е отговорност на всички, включително работодатели, работници и регулаторни органи, и съвместни усилия са необходими за успешната реализация на тези мерки.

Заклучение

В заключение, изследването на звук, шум и вибрации в машинното отделение на кораб представлява ключова област, изискваща специализирана техническа експертиза и постоянна оптимизация. Този процес е съществен за поддържането на високи стандарти за безопасност, ефективност и комфорт на екипажа на корабите.

Използването на съвременни технологии за измерване и анализ на звука, шума и вибрациите позволява точна оценка на влиянието им в машинното отделение. Тези технологии дават възможност за идентификация на ключовите източници на шум и вибрации, както и за наблюдение на тяхната динамика в различни условия.

Спазването на съответните стандарти и регулации е от решаващо значение за корабоплаването. Стандартите установяват максимално допустимите нива на шум и вибрации, които са безопасни за екипажа и съответстват на здравето и работоспособността им. Регулирането на тези параметри е задължително и се основава на обективни измервания и научни принципи.

Постоянната оптимизация е ключът към успеха в управлението на звук, шум и вибрации в машинното отделение на корабите.

Технологичният напредък и постоянният проследяващ анализ на данни позволяват непрекъснато подобрение на съответстващите стандарти и процеси. Този подход гарантира, че корабоплавателните компании могат да предоставят по-безопасни и комфортни условия за своите екипажи, съчетавайки ефективността със съответствието на всички регулаторни изисквания.

В заключение, изследването на звук, шум и вибрации в машинното отделение на кораб е постоянен и непрекъснат процес, който изисква активно прилагане на съвременни технологии, спазване на стандарти и постоянна оптимизация. Този подход е от съществено значение за подобряване на работната среда и поддържане на високи стандарти за безопасност и ефективност в морския транспорт.

Използвана литература:

1. Доц. д-р инж. Драганчев Хр. Ст., гл. ас инж. Пировски Хр. Ат., ас. инж. Вълчев С., Холистичен подход за намаляване на вибрациите и шума на корабите, 2013
2. Божидар Джуджев, Веселка Иванчева, Силвия Качулкова, Класификация и параметри на вибрациите, София, 2012
3. Виктория Георгиева, Инфразвук – опасности и начини за защита, София, 2014
4. William Bloxson, CONTROLLING GENERATOR SET VIBRATION TO MINIMIZE DYNAMIC LOADING ON BUILDING STRUCTURES, 2019
5. LIU, Yanqing; MATSUHISA, Hiroshi; UTSUNO, Hideo, Semi-active vibration isolation system with variable stiffness and damping control, Elsevier, 2008
6. Dubravko Miljković, Review of Active Vibration Control
7. Държавен вестник №40, Наредба № 3 от 5.05.2005 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на вибрации, 2005
8. Държавен вестник №70, НАРЕДБА № 6 от 15.08.2005 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на шум, 2005
9. Директива 2003/10/ЕО на Европейския парламент и на Съвета относно минималните изисквания за здраве и безопасност, свързани с експозицията на работниците на рисковете от физически агенти (шум)
10. International Maritime Organization (IMO), Code on noise levels on board ships - Res. A.468(XII), 2009
11. Lloyd's Register, Ship Vibration and Noise Guidance Notes, 2006
12. Schneider Electric, Спецификация на продукт SR3B102BD
13. Micro Detectors, Product Catalogue VBR series - vibration and inclination sensors
14. WESTRONICS GROUP ANNUNCIATORS, <http://westronics.co/products/bi/iap/index.html#fi01>
15. Hyundai Heavy Industries Co. Ltd., Ship No. H8036-45 Main Switchboard
16. Елдар Заеров, Никола Желязков, РАБОТЕН МАКЕТ НА ВЪЛНОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ДОБИВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ ОТ ЧЕРНО МОРЕ, XXII Юбилейна конференция за СНТ БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, с.33-38
17. Елдар Заеров, ЕНЕРГИЯ НА МОРСКИТЕ ВЪЛНИ: КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ В ЧЕРНО МОРЕ, XXI Конференция за СНТ БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, с.28-35
18. Полина Градинарова, Елдар Заеров, ТЕОРЕТИЧЕН ХИБРИДЕН МОДЕЛ ЗА ДОБИВ НА СЛАДКА ЧЕРНОМОРСКА ВОДА, Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021 ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА, ISSN: 1313-8758, с.465-474
19. Радослав Русков Симионов – ХИБРИДНИ МИКРО ВЕИ СИСТЕМИ, БСУ - Годишник, Том XLV, 2022, ISSN: 1311-221X, стр. 31 – 36
20. Хрусав Хрусаров, Радослав Симионов, Антон Василев – АКУМУЛИРАНЕ НА ЕНЕРГИЯ ЧРЕЗ ВОДА ОТ ЧЕРНО МОРЕ, БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 267 – 274
21. Калоян Тотев, Антон Василев, Радослав Симионов, Хрусав Хрусаров – МИКРОСИСТЕМИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ВЛИЯНИЯ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА, БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 314 – 320