

Sumar

SUMMARY

CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ/ SCIENTIFIC RESEARCH

**Deliu PANAGHIA, Răzvan PETRE,
Nicoleta GRIGORIU, Sorina BĂJENARU**

3

*Cerințe actuale privind realizarea unui complet
pentru prelevarea manuală a probelor contaminate
RBC/TIM*

*Current requirements on the realization of a kit
for manual sampling of contaminated RBC/TIM
samples*

Dragoș DOGARU, ANDREI ȚIGĂU

9

*Sistem autonom de tip wireless pentru detecția
intruziunii – (SAWDI) – soluție de detecție wireless
autonomă energetic*

*Wireless automatic system for intrusion detection –
(WASID) – wireless energy autonomous detection
solution*

**Florina PANĂ, Ruxandra LĂPĂDAT,
Constantin PUICĂ, Adrian MALCÎU,
Daniela PINTILIE, Aurel GHERGHINA**

18

*Atenuarea undelor de șoc subacvatice cu ajutorul
bulelor de gaz*

*Underwater shock waves attenuation using gas
bubble curtains*

**Ioana BUGEAN, Simona SANDU,
Adrian BUGEAN, Christian POPESCU,
Aurel GHERGHINA**

33

*Blindaje suplimentare pentru autovehicule militare
Additional armor for military vehicles*

**Petruț MIRICĂ, Nicușor-Cătălin STANCU,
Matei POPA**

41

*Testarea în zbor a sistemului BRIGHTNITE ce
echipează elicopterul IAR-330L SAR*

*Flight-testing BRIGHTNITE system equipping
IAR-330L SAR helicopter*

**Roxana-Gabriela DAMIAN, Cătălin FRĂȚILĂ,
Valerică ROȘCA, Elena-Gabriela CURCĂ,
Aurel GHERGHINA**

50

*Cercetări privind amprenta hidroacustică a
navelor*

*Research on the hydroacoustic signatures of
surface ships*



Stimați cititori,

Articolele cuprinse în revista „Tehnica Militară” constituie proprietatea intelectuală a Agenției de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare.

Reproducerea integrală sau parțială a articolelor, informațiilor sau ilustrațiilor din revista „Tehnica Militară” este permisă numai cu acordul scris al redacției revistei.

Manuscrisele, inclusiv în format electronic, expediate spre publicare devin proprietatea revistei. Manuscrisele nepublicate nu se înapoiază.

Redacția nu își asumă responsabilitatea pentru greșelile apărute în articolele colaboratorilor.

Gentle reader,

Notice that the “Military Technology” magazine articles are under the intellectual property of the Military Equipment and Technologies Research Agency.

The entire or partial duplication of the “Military Technology” magazine articles, information, or illustrations may be licensed only with the Editorial office written agreement.

The manuscripts sent for publication get into the magazine property.

The articles which are not published are not given back to the authors.

The Editorial office doesn't take charge of the co-workers mistakes within their articles.

CERINȚE ACTUALE PRIVIND REALIZAREA UNUI COMPLET PENTRU PRELEVAREA MANUALĂ A PROBELOR CONTAMINATE RBC/TIM

CURRENT REQUIREMENTS ON THE REALIZATION OF A KIT FOR MANUAL SAMPLING OF CONTAMINATED RBC/TIM SAMPLES

Ing. Deliu PANAGHIA, Col. dr. ing. Răzvan PETRE

Dr. ing. Nicoleta GRIGORIU, Ing. Sorina BĂJENARU

Agenția de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie

Eng. Deliu PANAGHIA, Col. Eng. Răzvan PETRE, PhD

Eng. Nicoleta GRIGORIU, PhD, Eng. Sorina BĂJENARU

Military Equipment and Technologies Research Agency

Center for C.B.R.N. Defense and Ecology Scientific Research

1. Introducere

În cazul evenimentelor CBRN, militarii din unitățile destinate apărării CBRN execută cercetarea rapidă la fața locului, folosind echipamente de detecție CBRN disponibile sau vehicule specializate pentru a determina natura și întinderea contaminării și prelevează probe pentru a fi transportate la laboratoarele de analize. Pentru o identificare fără dubii a agenților utilizați, este necesar ca trusa să conțină toate echipamente pentru prelevare corectă a tuturor tipurilor de probe: solide, lichide, apă, aer, sol, vegetație, probe de pe tehnică. Scopul echipei de prelevare este

1. Introduction

In case of CBRN events, the military from CBRN defense units perform rapid examinations on the scene using available CBRN detection equipment or special vehicles, to determine the nature and extent of the contamination, and provide samples to be transported to the analysis laboratory. For an indisputable identification of the agents utilized, it is necessary that the kit contain all equipment for correct sampling of all types of samples: solid, liquid, water, air, soil, vegetation, samples from equipment. The goal of the sampling team is to provide

Abstract:

Deși este greu de acceptat de către lumea civilizată, fenomenul terorist a devenit o realitate cu implicații globale greu de prevenit și gestionat. Amenințarea unui atac chimic, biologic, radiologic sau nuclear (CBRN) este o problemă care a evoluat de-a lungul timpului, începând cu utilizarea armelor chimice în primul război mondial până la amenințările cu care lumea se confruntă azi. Ultimii ani au adus în actualitate incidente ca cel de la reactorul nuclear de la Fukushima, armele de distrugere în masă utilizate în Siria și epidemia de Ebola în Africa de Vest.

În stadiul actual de dezvoltare, când se utilizează sisteme moderne de identificare, care au capacitatea de a furniza informații imediate privind situația din zonele suspecte a fi contaminate RBC/TIM (radiologic biologic chimic/materiale toxice industriale), este necesară utilizarea completelor (truselor) capabile să preleveze probe contaminate pentru determinarea rapidă a tipului de contaminare a solului, apei, alimentelor etc. Trusa va asigura prelevarea și transmiterea probelor la un nivel sustenabil juridic pe lanțul de custodie, de la locul prelevării până la predarea la laboratorul analitic.

Lucrarea prezintă cerințele actuale privind realizarea unui complet pentru prelevarea manuală a probelor contaminate RBC/TIM, în conformitate cu standardele în vigoare.

Abstract:

Although it is hard to be accepted by the civilized world, terrorism has become a reality with global implications, which are difficult to be prevented and managed. The threat of a chemical, biological, radiological or nuclear (CBRN) attack is a problem that has evolved in time, starting with the use of chemical weapons in the First World War and up to the threats the world is confronted with today. In the past years, incidents such as the Fukushima reactor accident, the mass destruction weapons used in Syria or the Ebola outbreak in West Africa have turned into topical matters.

In the current state of development, when modern identification systems are able to instantly provide information regarding the situation in areas suspected of being contaminated RBC/TIM (radiological biological chemical/ toxic industrial materials), it is necessary to employ completes (kits) that are capable of sampling to quickly determine the type of contamination in the soil, water, food etc. The kit will ensure sampling and delivery of the samples to be sustainable against the law for the whole chain of custody, from the place of the sampling to the handover at the analysis laboratory.

This paper presents the current requirements regarding the creation of a kit for manual sampling of contaminated RBC/TIM samples, according to the standards in place.

de a furniza probe complete și reprezentative unui laborator de analiză, pentru confirmarea utilizării acestor agenți și susținerea unor decizii prompte în ceea ce privește răspunsul la astfel de acțiuni.

2. Caracteristici tehnice și de performanță ale unui complet de prelevare probe contaminate RBC/TIM

Caracteristicile tehnice și de performanță ale unui complet de prelevare manuală a probelor contaminate RBC/TIM trebuie să fie în conformitate cu manualul NATO AEP 66 - *NATO Handbook for sampling and identification of biological, chemical and radiological agents (SIBCRA)*. Astfel, un complet de prelevare probe trebuie:

- să conțină flacoane de volume diferite, pungi de plastic, cutii care să asigure prelevarea unei cantități suficiente de probă pentru fiecare tip de matrice;
- să conțină un număr suficient de recipiente de prelevare pentru recoltarea a cel puțin 10 probe din toate tipurile necesare;
- să conțină echipamentele necesare pentru prelevarea probelor lichide de la distanță, în adâncime, probe de sol de adâncime, probe solide de la distanță;
- echipamentele de prelevare trebuie să fie confecționate din materiale complet inerte, ușor de curățat și sterilizat;
- să dispună de cantități suficiente de dispozitive de manipulare, pentru a se evita refolosirea instrumentelor la prelevarea mai multor probe;

complete and representative samples to an analysis laboratory, which can then confirm the employment of these agents and support with prompt decisions on how to respond to these kind of actions.

2. Technical and performance attributes of a sampling kit for contaminated RBC/TIM samples

The technical and performance attributes of a sampling kit for contaminated RBC/TIM samples must be compliant with NATO AEP 66 - *NATO Handbook for sampling and identification of biological, chemical and radiological agents (SIBCRA)*. Thus, the sampling kit must:

- contain vials of different volumes, plastic bags, boxes that ensure the sampling of sufficient sample quantities for each matrix type;
- contain a sufficient number of sample containers to ensure sampling of at least 10 samples of all required types;
- contain all necessary equipment for sampling liquid samples from afar or in depth, soil samples from afar or in depth;
- sampling equipment must be made from fully inert materials, which are easy to clean and sterilize;
- contain sufficient quantities of manipulation devices, to avoid usage of instruments for several samplings;
- be compartmentalized inside, to secure the containers with contaminated samples;

- să fie compartimentate la interior pentru fixarea recipientelor cu probe contaminate;
- recipientele din compunere să fie rezistente la coroziune și temperaturi extreme și să fie prevăzute cu sisteme etanșe de închidere.

Containerele pentru probe trebuie întotdeauna etichetate imediat după introducerea unei probe iar pe etichetă și pe fișa de însoțire a probei se vor înscrie informațiile relevante asupra locului de prelevare, data și ora prelevării probei, modul de prelevare a probei, descrierea probei, persoana care a prelevat proba, condiții atmosferice, referiri la orice rapoarte conexe care furnizează informații cu privire la incident, simptomatologia victimelor, dacă este cazul (se vor include detalii cu privire la orice îmbolnăvire care ar putea să ajute la identificarea agentului), data atacului sau incidentului, rezultatele supravegherii sau cercetării contaminării amplasamentului, informații cu privire la munițiile găsite la fața locului, referiri la orice documente fotografice sau video relevante, descrierea procedurilor de păstrare temporară și cronologia acestora și orice alte informații considerat a fi relevante.

Se vor preleva probe de control corespunzătoare fiecărui tip de probă contaminată și se vor ambala și transporta în același mod ca și probele contaminate. Probele de control și probele contaminate trebuie să fie marcate clar.

3. Componenta unui complet pentru prelevarea manuală a probelor contaminate RBC/TIM

Un complet pentru prelevarea manuală a probelor contaminate RBC/TIM trebuie să aibă în componență următoarele echipamente și accesorii pentru:

- *prelevarea probelor lichide*: pipete de unică folosință sau seringi din plastic de diverse volume, diverse tipuri de tuburi izolante din PVC și PTFE, tuburi Vacutainer cu dopuri de cauciuc, suporturi de ace Terumo Venoject din polipropilenă (sau echivalent), ace și capace de siguranță, pară de cauciuc;

- *prelevarea vaporilor sau aerosolilor*: pompă de aer cu debitul standard de 100 – 300 ml, tubușoare absorbante din sticlă;

- *prelevarea probelor solide*: clești, pensete și foarfeci de diferite mărimi,

- have containers that are resistant to corrosion and extreme temperatures and that can be sealed.

The sample containers must always be labelled immediately after the sample has been taken, and the label and sample datasheet must be filled in with relevant information on the place of the sampling, date and time of the sampling, method of sampling, description of the sample, person who did the sampling, atmospheric conditions, references to any connected reports which provide information on the incident, symptomatology of the victims if applicable (to include details regarding any disease that may help identify the agent), date of the attack or incident, results of the surveillance or examination of the establishment's contamination, information on ammunition found at the scene, references to any relevant photographic documents or videos, description of the procedures for temporary storage and their chronological timeline, and any other information which may be considered relevant.

Proper control samples will be taken for each type of contaminated samples, which must be packaged and transported in the same manner as the contaminated samples. Control samples and contaminated samples must be labelled clearly.

3. Components of a kit for manual sampling of contaminated RBC/TIM samples

A kit for manual sampling of contaminated RBC/TIM samples must contain the following equipment and accessories for:

- *sampling liquid samples*: single use pipettes or plastic syringes of different volumes, various types of insulating PVC and PTFE pipes, Vacutainer pipes with rubber plugs, Terumo Venoject needle holders made of Polypropylene (or an equivalent), needles and safety lids, rubber pear;

- *sampling vapors or aerosols*: air pump of standard flow of 100-300 mL, absorbent glass tubes;

- *sampling solid samples*: tongs, tweezers and scissors of different sizes;

- *prelevarea probelor biologice*: flacoane cu soluție salină tamponată cu fosfat, pensete arteriale de unică folosință, tamponi sterile uscate din celofibră, seringi hipodermice sterile de 20 ml de unică folosință;

- *ambalarea și transportul probelor*: flacoane de sticlă/teflon diferite dimensiuni, cu dop și garnitură, pungi de hârtie acoperite la exterior cu folie aluminiu sau folie cu bule de aer, bandă sigilare, pungi polietilenă/poliamidă cu autoînchidere, etichete;

- *decontaminarea echipamentelor de prelevare și a echipamentelor de protecție*;

- *protecția personalului*;

- *formular evidența probelor*.

4. Complete de prelevare manuală a probelor contaminate RBC/TIM

Două dintre modelele de complete de prelevare probe analizate sunt prezentate în continuare, respectiv *Echipamentul avansat de prelevare CBRN*, produs de către firma SAAB Suedia (Fig. 1) și *Kit de prelevare probe chimice și biologice model QSA 102 Full FAC*, produs de către firma Tradeways, SUA (Fig. 2).

- *sampling biological samples*: vials with saline solution dabbed with phosphate, single use arterial tweezers, rayon sterile dry swabs, single use sterile hypodermic 20 ml syringes;

- *packaging and transporting the samples*: glass/Teflon vials of various sizes, together with plugs and gaskets, paper bags covered with aluminum foil or air bubble foil on the outside, sealing tape, self-closing polyethylene/polyimide bags, labels;

- *decontamination of sampling and protection equipment*;

- *staff protection*;

- *samples recording form*.

4. Kit for manual sampling of contaminated RBC/TIM samples

Two of the studied kits for manual sampling of contaminated RBC/TIM samples are presented as follows, *CBRN advanced sampling equipment*, made by SAAB Sweden (Fig. 1) and *Chemical and biological sampling kit model QSA 102 Full FAC*, made by Tradeways, USA (Fig. 2).



Fig. 1 Echipament avansat de prelevare CBRN/**Fig. 1** CBRN advanced sampling equipment

4.1. Echipamentul avansat de prelevare CBRN

Echipamentul avansat de prelevare CBRN este o colecție de echipamente pentru prelevarea probelor în teren, care pot fi combinate și ambalate pentru a satisface nevoile și cerințele precise ale echipei de prelevare. Kitul include tot ce este necesar pentru prelevarea tuturor tipurilor de probe contaminate cu agenți chimici de război, agenți biologici sau radiologici, toxine și substanțe chimice industriale. Acest echipament conține mai mult de 300 de articole diferite pentru prelevare probe din aer, apă, lichide, sol, pulbere, obiecte, vegetație.

Toate echipamentele din compunerea completului sunt în conformitate cu manualul NATO AEP 66 și îndeplinesc cerințele pentru prelevarea probelor suspecte a fi contaminate.

Echipamentul avansat de prelevare CBRN se găsește în dotarea forțelor armate din Suedia, Germania și Australia.

4.2. Kit de prelevare probe chimice și biologice model QSA 102 Full FAC

Kit-ul de prelevare probe chimice și biologice model QSA 102 Full FAC este un model dinamic pentru prelevare probe în teren. Cel mai important avantaj al acestui kit de prelevare este legat de asigurarea și controlul calității tuturor elementelor ce intră în compunerea acestuia. Sunt achiziționate articole sterile care intră în contact cu probele prelevate sau sunt sterilizate și verificate pentru compatibilitate cu mai mult de zece compuși chimici de război și o listă reprezentativă de compuși toxici industriali. De asemenea, componentele din modulul bio al kit-ului de prelevare sunt sterile.

Kit-ul de prelevare este un rucsac autonom cu suficiente resurse pentru a preleva șase tipuri de probe solide, lichide sau de pe suprafețe plus șase probe biologice. Toate instrumentele și consumabilele sunt de unică folosință și sunt ambalate pentru a fi ușor accesibile. Aceste kituri de prelevare de probe și-au dovedit utilitatea în teren și au fost special concepute pentru a evita contaminarea încrucișată.

Sunt folosite în SUA de către US Army Technical Escort, Garda Națională, echipele EOD, pompieri, US Air Force, Centrul pentru Promovarea Sănătății și Medicină Preventivă.

4.1. CBRN advanced sampling equipment

The CBRN advanced sampling equipment is a dynamic and customizable collection of field sampling equipment that can be combined and packed to suit precise customer needs and requirements.

CBRN sampling equipment products are designed for sampling of chemical, biological and nuclear warfare agents, toxins and industrial chemicals, biological and radiological substances. The sampling equipment contains more than 300 different articles to collect the following types of samples: air, water, liquids, soil, powder, objects, and vegetation.

All products are based on NATO Standard AEP 66 and the equipment fulfils the requirements for forensic samplings.

The advanced CBRN sampling equipment can be found in the armed forces of Sweden, Germany and Australia.

4.2. Chemical and biological sampling kit model QSA 102 Full FAC

The Chemical and biological sampling kit model QSA 102 Full FAC is a dynamic, field sampling collection kit. The most significant advantage of this sampling kit is the quality assurance and quality control of all elements, which goes into the assembly of this unique kit. Items that encounter the chemical sample are purchased either pre-cleaned (with certification) or cleaned/ screened for over 10 chemical warfare agents and a representative list of toxic industrial chemicals. Items supplied in the Bio Module of the sampling kit are sterile.

The sampling kit is a self-contained backpack with enough supplies to take six solid, liquid, and/ or wipe samples plus six biological samples. All tools and consumables are conveniently packaged for ease of access and single use.

These sampling kits have been field proven and have been especially designed to avoid cross contamination.

The sampling kit is use in USA by U.S. Army Technical Escort Unit, National Guard WMD CST's, EOD Teams and Fire Dept. HazMat Teams, Center for Health Promotion and Preventive Medicine, US Air Force and Various First Responders.



*Fig. 2 Kit de prelevare probe chimice și biologice
model QSA 102 Full FAC/*

*Fig. 2 Chemical and biological sampling kit
model QSA 102 Full FAC*

5. Concluzii

Majoritatea structurilor din armatele țărilor membre NATO preferă achiziția individuală a echipamentelor necesare pentru realizarea operațiunilor de prelevare și constituirea truselor de prelevare în conformitate cu cerințele standardului AEP-66. Componenta trusei de prelevare depinde de numărul și structura echipelor de prelevare a probelor, precum și de misiunea ce trebuie îndeplinită.

Au fost identificate caracteristicile echipamentelor ce sunt necesare pentru prelevarea tuturor tipurilor de probe, iar realizarea practică, într-o variantă avantajoasă economic, se poate realiza prin microproducție în cadrul CCȘACBRNE.

5. Conclusions

The majority of the army structures in the NATO countries prefer acquiring individual equipment for sampling operations and manufacturing of sampling kits in accordance with AEP-66 standard requirements. The composition of the sampling kit depends on the number and structure of the sampling teams, as well as the mission on hand.

The attributes of equipment required for sampling all types of samples have been identified, and the practical implementation – in an economically convenient manner – can be done through a micro production within CCSACBRNE.

» Bibliografie/References

- [1] AEP 66 - NATO Handbook for sampling and identification of biological, chemical and radiological agents (SIBCRA).
- [2] www.saabgroup.com.
- [3] www.tradewaysusa.com.

SISTEM AUTONOM DE TIP WIRELESS PENTRU DETECȚIA INTRUZIUNII (SAWDI) – SOLUȚIE DE DETECȚIE WIRELESS AUTONOMĂ ENERGETIC WIRELESS AUTOMATIC SYSTEM FOR INTRUSION DETECTION – (WASID) – WIRELESS ENERGY AUTONOMOUS DETECTION SOLUTION –

Inginer **Dragoș DOGARU**, Slt. inginer **Andrei ȚIGĂU**

Agenția de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

*Centrul de Testare Evaluare și Cercetare Științifică Sisteme Informatice
și Comunicații*

Engineer Dragoș DOGARU

Second Lieut. Engineer ANDREI ȚIGĂU

Military Equipment and Technologies Research Agency

*Center for Test – Evaluation and Scientific Research
for Information Systems and Communications*

1. Introducere

Având la bază senzori de tip accelerometru fixați rigid într-o carcasă compactă, cu baza de montaj interschimbabilă, sistemul de detecție perimetrală wireless poate fi instalat pe orice tip de gard perimetral și pe orice tip de poartă de acces. De asemenea senzorii pot îndeplini și funcția de geofence, prin atașarea acestora pe containerele sau obiectele de protejat și setarea unei arii de siguranță.

Senzorul Accelerometru

Unul dintre cei mai populari senzori întâlniți în dispozitivele de detecție a vibrațiilor este **accelerometrul**. Acesta este un **senzor hardware** ce permite diverse traduceri precum

1. Introduction

Based on solid-state accelerometer sensors fixed in a compact housing with interchangeable mounting base, the wireless perimeter detection system can be installed on any type of perimeter fence and on any type of access gate. Sensors can also perform the geofence function by attaching them to containers or objects to protect and setting a safe area.

The Accelerometer Sensor

One of the most popular sensors encountered in vibration detection devices is the **accelerometer**. It is a **hardware sensor** that allows various translations such as

Abstract:

Sistemele perimetrare de detecție a intruziunii alcătuiesc primul inel de senzori din componența unui Sistem Integrat de Securitate și contribuie în mod esențial la protecția valorilor obiectivului alături de Sistemele de Evaluare a Alarmelor și de Întârziere a atacatorului în drumul său către țintă.

Detecția timpurie a intruziunii se confruntă cu trei aspecte majore de luat în considerare la alcătuirea soluției tehnice: 1-funcționarea neîntreruptă și în parametrii proiectați în orice condiții de mediu, 2 - alimentarea cu energie electrică a echipamentelor și 3 - cerințele/modul de amplasare/fixare a elementelor componente pe/de-a lungul sau în exteriorul împrejurii perimetrare.

Această lucrare reprezintă o propunere de dezvoltare a unui sistem de detecție perimetrală wireless mobil și autonom energetic prin implementarea la nivelul fiecărui element de detecție a unor facilități de alimentare cu energie electrică solară, poziționare GPS și accesorii interschimbabile de fixare pentru orice fel de împrejurare perimetrală cât și pentru protecția obiectelor și a obiectivelor care nu dispun de o împrejurare fizică sau dispun de o împrejurare fizică parțială.

Scopul implementării acestor facilități îl reprezintă obținerea unui sistem de detecție și localizare a intruziunii mobil, autonom energetic, robust, compact, cu posibilități de discriminare a alarmelor generate de factori de mediu și care poate fi ușor instalat pe orice fel de suport fizic perimetral existent sau direct pe sol, în lipsa oricărei împrejurări fizice.

Abstract:

Perimeter Intrusion Detection Systems make up the first sensor ring of an Integrated Security System and essentially contribute to protect values along with the attacker's Alarm Assessment and Delay Systems in its path to the target.

Early intrusion detection is confronted with three major aspects to be considered when designing the technical solution: 1 - uninterrupted functionality and maintain the operational parameters under harsh environmental conditions, 2 - power supply of equipment and 3 - requirements/location/fixation of the elements on/along or outside the perimeter fence.

This paper represent a proposal to develop a mobile and autonomous wireless perimeter detection system by implementing at the level of each element solar power supply facilities, GPS positioning and interchangeable fixing accessories for any kind of perimeter fence and for the protection of objects and objectives that do not have a physical fence or have a partial physical fence.

The purpose of implementing these facilities is to achieve a mobile, self-contained, rugged, compact, intrusion detection and target localization system with the ability to discriminate against alarms generated by harsh environmental factors and which can easily be installed on any existing physical fence or directly on the ground, in the absence of any physical fence.

detectarea poziției, mișcării, înclinației, șocurilor, vibrațiilor, măsurarea accelerației, etc.

Accelerometrul este un **senzor electromecanic** de dimensiuni extrem de reduse, fapt pentru care a primit denumirea de MEMS (Micro Electro Mechanical System). De exemplu, accelerometrul tri-axial din smartphone are lățimea de 2 mm și înălțimea de 0,9 mm!

Principiul de funcționare

Senzorul **accelerometru** are la bază o structură mobilă de siliciu care se deplasează în interiorul dispozitivului în funcție de mișcările aplicate acestuia. În funcție de mărimea deplasării și de direcția acționării, senzorul produce variația cumulată a mai multor valori capacitive.

Accelerometrul este sensibil pe toate axele la **accelerația gravitațională** a Pământului, care are întotdeauna direcția verticală. Deoarece accelerometrul lucrează concomitent pe toate axele fizice (x, y și z), aplicațiile software care gestionează sistemul vor controla în orice moment care sunt **unghiurile de înclinație** ale dispozitivului și care sunt **accelerațiile instantanee** produse pe axe de către **fiecare mișcare în parte**.

2. Descrierea Sistemului de Detecție Perimetrală Wireless**Structură**

Sistemul va fi destinat pentru detectarea poziției, mișcării, înclinației, șocurilor, vibrațiilor, măsurarea accelerației și va fi alcătuit din:

2.1. Senzorul de vibrație

Fiecare senzor va fi protejat

position, movement, inclination, shock, vibration, acceleration measurement, etc.

The accelerometer is an extremely small **electromechanical sensor**, which has been called the Micro Electro Mechanical System (MEMS). For example, the tri-axial accelerometer in the smartphone has a width of 2 mm and a height of 0.9 mm!

The operating principle

The accelerometer sensor is based on a mobile silicon structure that moves inside the device according to the movements applied to it. Depending on travel size and drive direction, the sensor produces a cumulative variation of capacitive values.

The accelerometer is sensitive on all axes to the **gravitational acceleration** of the Earth, which always has the vertical direction. Since the accelerometer works simultaneously on all physical axes (x, y and z), software applications that manage the system will control at any time the **angles of deviation** of the device and the **instantaneous accelerations** produced on the axes by **each movement**.

2. Description of the Wireless Perimeter Detection System**System Structure**

The system will be designed for position, movement, inclination, shock, vibration, acceleration measurements and will be composed of:

2.1. The vibration sensor

Each sensor will be protected

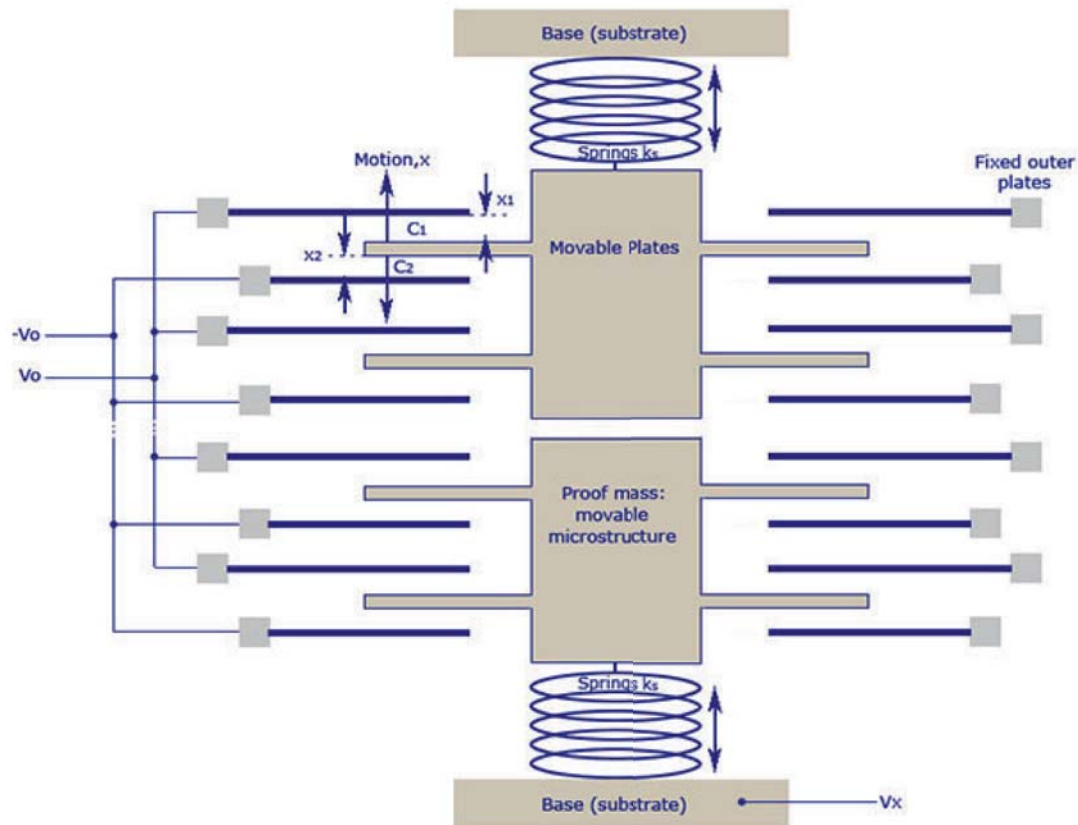


Figura 1. Senzorul accelerometru/*Figure 1. The accelerometer sensor*

într-o carcasă specială rezistentă la șocuri mecanice și intemperii care se poziționează rigid cu ajutorul bazei pentru fixare multifuncțională (cleme de prindere, țăruș, magnet) la nivelul împrejuririi perimetrale direct pe gard, implantată în sol sau lipită direct de obiectele de protejat în configurație geofence.

in a special housing that is resistant to mechanical shocks and harsh weather, which is rigidly positioned with the multifunctional fixing base (clamps, Earth pin, magnet) at the level of the perimeter fence directly on the fence, implanted on the ground or directly glued by objects to be protected, in geofence configuration.

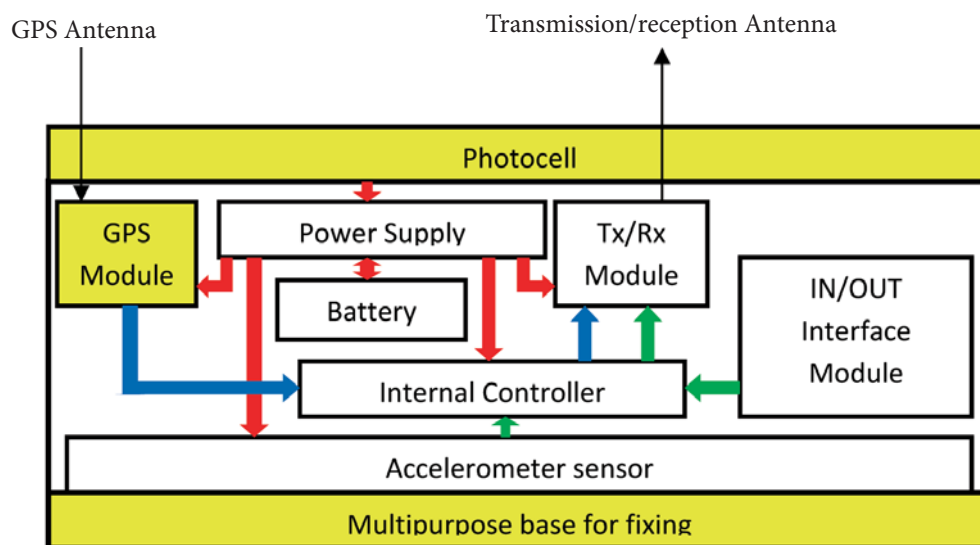


Figura 2. Diagrama funcțională pentru senzorul de vibrație/

Figure 2. Functional diagram for the vibration sensor

Legendă

→ Comunicație parametri de funcționare pentru senzorul accelerometru și pentru alți senzori externi anexați;

→ Comunicație coordonate GPS de poziționare a senzorului;

→ Alimentare cu energie electrică.

2.2. Controller de sistem cu analizor de spectru

Semnalele de alarmă, descalificare sau defect provenite de la senzorii de vibrație sunt transmise în timp real la aplicația software de management prin intermediul controller-ului de sistem, la rândul său având în alcătuire un senzor de vibrație propriu și o fotocelulă.

Pentru evitarea bruiajului radio deliberat cu intenția de sabotare a funcționării sistemului, controller-ul de sistem are în alcătuire un analizor de spectru radio de bandă largă cu rol de comutare automată a comunicației între

Legend

→ Communication for the operating parameters for the accelerometer sensor and other attached external sensors

→ GPS coordinate communication for positioning the sensor

→ Power Supply

2.2. System controller with spectrum analyzer

The alarm, disqualification or fault signals from the vibration sensors are transmitted in real time to the management software application via the system controller, which in turn consists of a vibration sensor and a photocell.

To avoid deliberate radio interference with the intent of sabotaging system operation, the system controller consists of a broadband radio spectrum analyzer to automatically switch

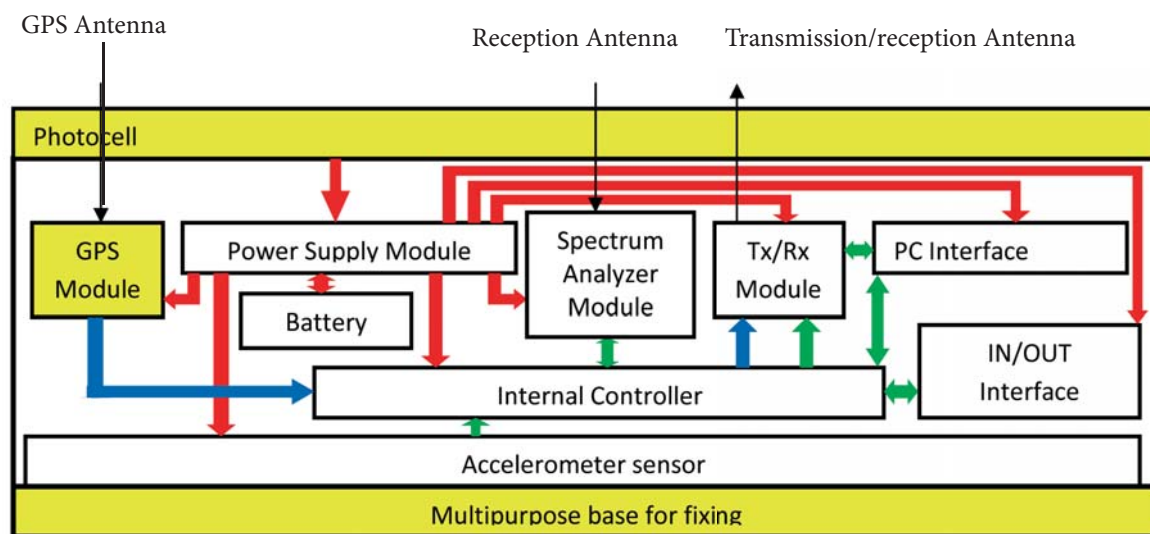


Figura 3. Diagrama funcțională pentru controller-ul de sistem/

Figure 3. Functional diagram for the system controller

toate elementele componente pe cea mai puțin afectată frecvență radio.

Tehnica de comunicație radio între toate elementele componente ale sistemului de securitate este de tip „Tehnică de transmisie cu spectru împrăștiat prin salt de frecvență FH-SS”

Legendă

→ Comunicație parametri de funcționare pentru senzorii de tip accelerometru, pentru alte tipuri de senzori externi anexați și pentru comenzi externe

Legend

→ Communication for the operating parameters for the accelerometer sensor and other attached external sensors

➡ Comunicație coordonate GPS de poziționare a senzorului
 ➡ Alimentare cu energie electrică

➡ GPS coordinate communication for positioning the sensor
 ➡ Power Supply

2.3. Modul interfață cu alte sisteme

Este constituit dintr-un mini PLC cu intrări/ieșiri programabile care poate fi direct interconectat la Controller-ul de sistem. Interacțiunile intrări/ieșiri se pot defini din aplicația software de management.

În acest fel, sistemul de senzori de vibrație poate activa comenzi externe în caz de alarmă, descalificare sau defect către dispozitive de alarmare sau către alte sisteme de securitate integrate. De asemenea, prin intermediul modulelor de interfață intrări/ieșiri se pot realiza comenzi/activări/acționări în timp real din orice echipament în orice punct al perimetrului.

2.4. Unitate centrală cu aplicația software de management

Controller-ul de sistem se conectează direct la Unitatea Centrală cu aplicația software de management sau prin intermediul unui router wireless. În aplicația software de management se poziționează pe hartă toți senzorii de vibrație și controller-ul de sistem prin intermediul coordonatelor GPS transmise de fiecare element în parte.

Sunt disponibile funcții de configurare parametri de funcționare sistem pentru fiecare tip de senzor de vibrație în particular.

De asemenea, în aplicația software de management se pot urmări în timp real evenimentele sistemului, cu afișarea pe hartă a elementului aflat în alarmă, descalificare sau defect, precum și starea intrărilor și ieșirilor.

Mod de funcționare

Senzorii de vibrație se instalează ușor pe orice fel de tip de împrejmuire perimetrală sau direct pe sol în lipsa împrejmuirii. Elementul de detecție este senzorul de tip accelerometru pe 3 axe care detectează toate mișcările împrejmuirii perimetrului sau ieșirea unui obiect protejat dintr-o arie presetată (funcția „geofence”).

Senzorii de vibrație nu necesită cablare și vor funcționa la temperaturi între -30°C și $+75^{\circ}\text{C}$.

Senzorii de vibrație comunică între ei radio și își transmit de la unul la celălalt poziția și

2.3. Interface module with other systems

It consists of a mini PLC with programmable inputs /outputs that can be directly interconnected to the System Controller. Input/output interactions can be defined from the management software application.

In this way, the vibration sensor system can activate external commands in the event of an alarm, disqualification or fault to alarm devices or other integrated security systems. Also, through the IN/OUT modules, real-time commands /activations/drives can be made from any equipment at any point in the perimeter.

2.4. Central unit with Management Software Application

The system controller it connects directly to the Central Unit with the management software application or via a wireless router. In the management software application, all the vibration sensors and the system controller are positioned on the map via the GPS coordinates transmitted by each element.

Features are available to configure system operating parameters for each type of vibration sensor in particular.

Also, in the management software application, you can track real-time system events by showing the map on the alarm, disqualification, or failure element on the map, as well as the IN/OUT status.

Working mode

Vibration sensors are easily installed on any type of perimeter enclosure or directly on the ground in the absence of enclosure. The detection element is the 3-axis accelerometer sensor that detects all perimeter flicker movements or the exit of a protected object from a preset area (geofence function).

Vibration sensors require no wiring and will operate at temperatures between -30°C and $+75^{\circ}\text{C}$.

starea (informații despre alarmă, tăria vântului, sabotaj, descalificare, alarme tehnice, etc.) Viteza de transmisie a stării depășește 400 de senzori pe secundă.

Transmisile se efectuează la fiecare 3 secunde. Dacă unul dintre senzori nu comunică, acesta va fi descalificat iar mesajul radio va fi preluat și retransmis de către senzorul învecinat. Acest proces se desfășoară în mod automat și nu afectează funcționalitatea sistemului.

În cazul în care se modifică poziția unui senzor de vibrație în mod deliberat sau a unei porțiuni de gard cu tot cu senzor, se declanșează alarma de sabotaj care ajunge la Unitatea Centrală de Management unde se activează scenariile de alarmare (poziționare camere video mobile exact în locația senzorului sabotat pentru evaluare amenințare, activare forța de răspuns, alarmare locală și la distanță, acționări în consecință).

The vibration sensors communicate between each other and transmit position and status to each other (alarm information, wind strength, sabotage, disqualification, technical alarms, etc.). The transmission speed of the status exceeds 400 sensors per second.

Transmissions are done every 3 seconds. If one of the sensors does not communicate, it will be disqualified and the radio message will be retrieved and retransmitted by the neighboring sensor. This is an automatically process and does not affect the functionality of the system.

If the position of a vibration sensor or a fence with sensor are deliberately changed, the sabotage alarm is triggered to the Central Management Unit where the alarm scenarios are activated (positioning the PTZ Cameras exactly in location of the sabotage sensor for threat assessment, activation of the rapid intervention, local and remote alarm, actions accordingly to the situation).

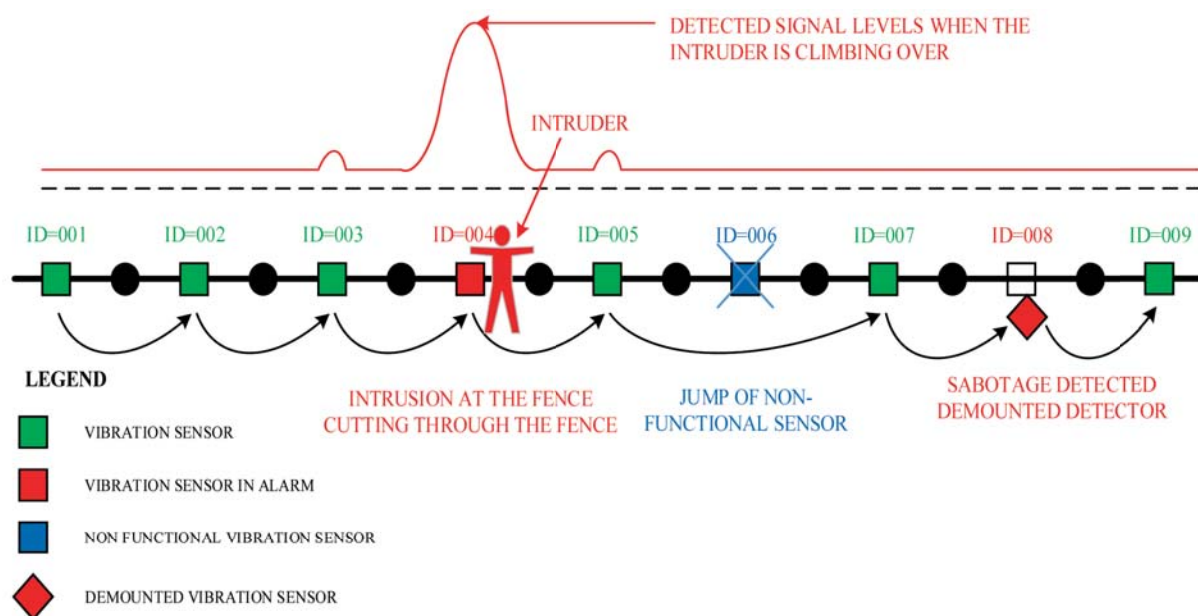


Figura 4. Principiul de detecție alarmă și sabotaj și retranslație semnale peste un senzor defect/
Figure 4. The principle of detecting intruders and jumping

În cazurile de vânt puternic, ploaie, furtună sau alte evenimente meteo nefavorabile, precum și trafic auto intens în apropierea împrejurii perimetrare, mișcarea senzorilor de vibrație este evaluată în același timp. În acest fel se pot corecta și discrimina mișcările împrejurii perimetrare datorate acestor tipuri de evenimente.

In cases of severe wind, rain, storm or other adverse weather events, as well as intense car traffic in the vicinity of perimeter fencing, vibration sensor movement is evaluated at the same time. In this way, the perimetral fencing movements due to these types of events can be corrected and discriminated.

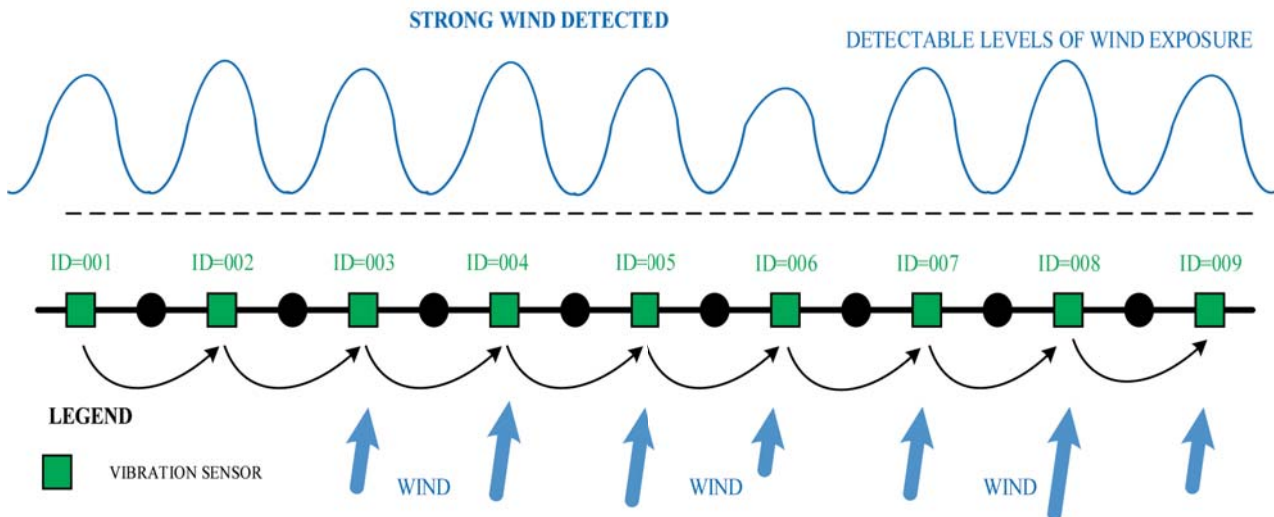


Figura 5. Principiul de detecție în cazul condițiilor meteo nefavorabile/
Figure 5. Detection principle of the climatic influences

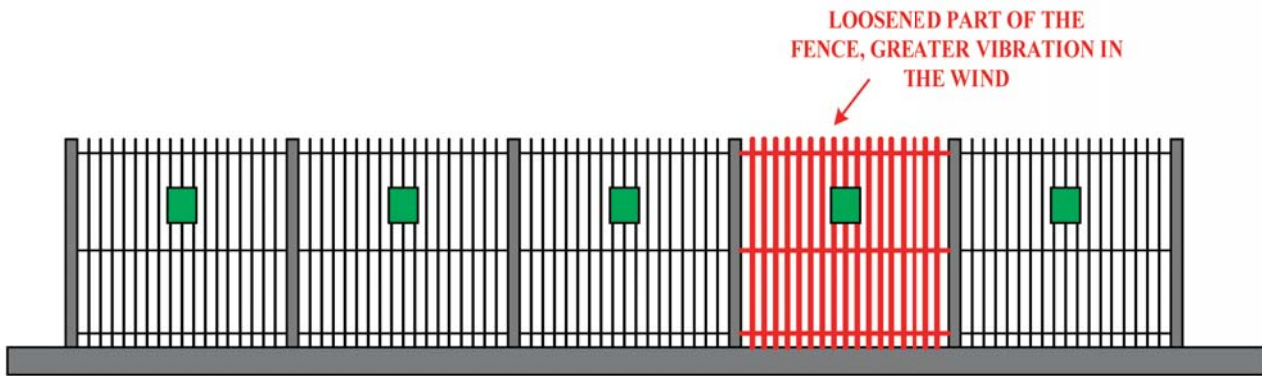


Figura 6. Măsurare inteligentă a calității mecanice a gardului - Principiul de discriminare a alarmelor prin corecție software în cazul deteriorării mecanice a unor porțiuni din împrejmuirea perimetrală/
Figure 6. Intelligent measurement of the mechanical quality of the fence

3. Avantajele Sistemului de Detecție Perimetrală Wireless

- 3.1 Instalare ușoară fără cabluri.
- 3.2 Protejează orice model de împrejmuire perimetrală.
- 3.3 Sistem de măsurare inteligentă a calității mecanice a gardului.
- 3.4 Rezistent la condiții meteo nefavorabile.
- 3.5 Anunțarea forței de răspuns în caz de alarmă cu indicarea pe hartă a locației acesteia, comanda automată a camerelor video mobile pentru orientare pe zona alarmată și a altor activări/acționări conform scenariilor de atac asupra obiectivului.
- 3.6 Funcție de verificare a efectuării serviciului de patrulare.

3. Advantages of Wireless Perimeter Detection System

- 3.1 Lightweight installation without cables.
- 3.2 Protects any perimeter fence model.
- 3.3 Intelligent measurement system for mechanical fence quality.
- 3.4 Resistant to adverse weather conditions.
- 3.5 Announcement of the response force in case of an alarm indicating the location on the map, automatic control of the PTZ video cameras for evaluate the alarm area and other activations /actions according to the attack scenarios.
- 3.6 Verification of the patrol service function.

3.7 Mobilitate – poate fi oricând demontat și reînaltat în altă parte într-un timp scurt.

3.8 Capabilitate de detecție sabotaj la mutarea deliberată a oricărui element component al sistemului.

3.9 Protecția (paza) obiectelor, tehnicii militare, activelor și alarmarea în cazul ieșirii acestora dintr-o arie prestabilită – funcția “geofence”.

3.10 Costuri minime de instalare, mentenanță.

3.11 Tehnologie cu durată de viață mai mare decât sistemele cablate.

3.7 Mobility - can be dismantled and relocated elsewhere in a short time.

3.8 Sabotage Detection capability when deliberately moving any component of the system from its place.

3.9 Protection (security) of objects, military equipment, assets, and triggering alarming when they leave a pre-set area - geofence function.

3.10 Minimum installation and maintenance costs.

3.11 Technology with longer life than wired systems.

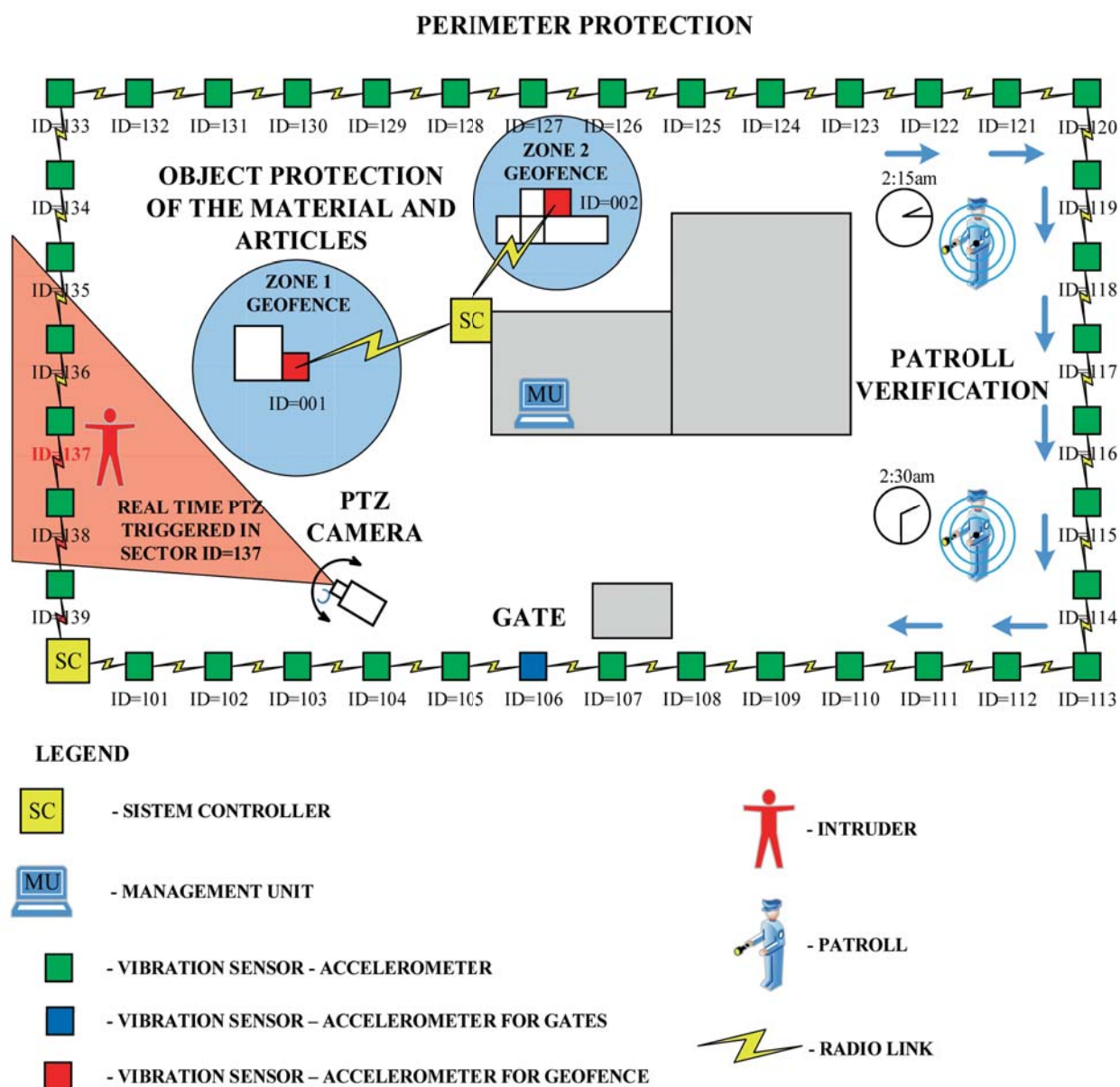


Figura 7. Exemplu de protecție a unui obiectiv cu sistem de detecție vibrații wireless – model de amplasare elemente componente/**Figure 7.** Example of perimeter protection with a wireless vibration detection system - component location pattern

1. Concluzii și recomandări

Sistemul autonom de tip wireless pentru detecția intruziunii – (SAWDI) prezentat mai sus se constituie în propunere de dezvoltare la nivel de prototip, omologare și înaintare la execuție de serie în fabrică pentru înzestrarea MAPN prin integrarea acestui produs în orice ”Sistem Integrat de Securitate în Obiectivele Militare – SISOM”, existent, în dezvoltare sau în cele noi ce vor fi realizate pentru protecția unităților militare din cadrul SMap, SMFA, SMFT, SMFN, DGIA, CLI.

1. Conclusions and recommendations

The Wireless Automatic System for Intrusion Detection – (WASID) presented above is a proposal for development at the prototype level, obtain approval and advance the sistem to the factory execution for the endowment of the MoND by integrating this product into any „Integrated Security System in Military Objectives - ISSMO „, existing, in development or new ones to be developed for the protection of military units within General Staff, Air Force Staff, Land Force Staff, Navy Logistic Staff, Military Intelligence Staff etc.



Bibliografie/References

[5.1] <https://www.ronyo.eu/en/>



ATENUAREA UNDELOR DE ȘOC SUBACVATICE CU AJUTORUL BULELOR DE GAZ

UNDERWATER SHOCK WAVES ATTENUATION USING GAS BUBBLE CURTAINS

Lt. dr. ing. Florina PANĂ, P.c.c. Ruxandra LĂPĂDAT

Lt. col. drd. ing. Constantin PUICĂ, Slt. ing. Adrian MALCÎU

Lt. drd. ing. Daniela PINTILIE

Agencia de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

Centrul de Testare - Evaluaire și Cercetare Științifică pentru Armamente

Cdor. dr. ing. Aurel GHERGHINA, Statul Major al Apărării

Lieut. Eng. Florina PANĂ PhD, Physicist Ruxandra LĂPĂDAT

Lieut. Col. Eng. Puică CONSTANTIN PhD student

Second Lieut. Eng. Adrian MALCÎU, Lt. Eng. Daniela PINTILIE PhD student

Military Equipment and Technologies Research Agency

Center for Test – Evaluation and Scientific Research for Armaments

Commander eng. Aurel GHERGHINA PhD

Defence Staff

1. Introducere

Principalele amenințări asupra ecosistemului maritim și a vieții subacvatice sunt exploziile în apă și instalarea fermelor eoliene. În urma detonației unui material energetic în mediul acvatic este generată o undă de compresiune intensă. De asemenea tehnicile de instalare a fermelor eoliene pe mări și oceane produc și transmit în apă unde de compresiune care se propagă pe distanțe mari și poluează mediul înconjurător. Poluarea sonoră are ca efecte directe migrarea unor specii maritime precum mamiferele, ducând la distrugerea locală a biotopului (Koschinski et al. 2009; Slabbekoorn et al. 2010).

Nevoile societății actuale includ și producerea de energie obținută din surse nepoluante. Pe de o parte, centralele eoliene reprezintă o metodă eficientă de producere a energiei regenerabile, fiind folosite din ce în ce mai des în zonele de coastă. Pe de altă parte, legile internaționale sunt severe privind tolerarea activității umane pe mări și oceane.

1. Introduction

The main threats for underwater ecosystem and sea life are explosions and wind farm installation.

After the detonation of an energetic material in water environment, an intense compression wave is generated. In the same manner during wind farms installation, an important noise pollution is transmitted into the water and intense compressive waves would propagate at large distances. The sound exposure can provoke migration of animal species like marine mammals and thus, devastate the local biotope (Koschinski et al. 2009; Slabbekoorn et al. 2010).

Nowadays society has to withstand the need of producing clean and safe energy. On one hand, offshore wind farms are an efficient solution, being increasingly used along coasts. On the other hand, human activities in the oceans and seas are less and less tolerated by international laws so sound exposure levels are now intended to be limited by severe regulations.

Cercetările experimentale furnizează unele rezultate privind mediul bifazic, precum ecrane sau perdele de bule de gaz în apă, ca soluție pentru atenuarea undelor sonore și de șoc din mediul acvatic. În 1910, Mallock și apoi în 1950 La Prairie, au propus utilizarea perdelelor de bule pentru atenuarea undelor de detonație (Mallock 1910), (La Prairie 1950). Alte încercări experimentale au inclus studiul comportamentului cortinelor de bule la propagarea undelor de șoc în apă (Ando et al. 2011), prin intermediul tubului de șoc. În acest studiu au fost variați doi parametri și anume fracțiunea volumului de gaz și intensitatea unde de șoc. Kameda a utilizat de asemenea tubul de șoc care era prevăzut cu o secțiune umplută cu apă în care erau generate bule de gaz printr-un singur orificiu (Kameda et al. 1998). Studiile legate de atenuarea undelor de șoc includ și configurații precum blindaje multistrat (Hawass et al. 2015), materiale compozite (Latourte et al. 2011), materiale poroase (Saito et al. 2003) sau structuri de tip sandviș (Espinosa et al. 2006). În acest ultim studiu, Espinosa a utilizat un tun cu gaz comprimat pentru accelerarea unui proiectil care lovește o țintă sub forma unei plăci amplasate într-un acvariu cu apă, în vederea generării unei unde de șoc. Croci a propus un dispozitiv similar care generează un impuls situat ca amplitudine între o undă de șoc generată de explozie și una generată la instalarea pilonului centralei eoliene pe mare sau ocean. El a dezvoltat de asemenea un sistem de generare a bulelor de gaz prin intermediul unei țevi poroase. Acesta a reușit să caracterizeze perdeaua de bule de gaz prin intermediul unei probe optice dispusă într-o configurație experimentală în laborator. În experimentele sale, perdeaua generată printr-o țevă poroasă a făcut dificilă observarea și interpretarea rolului pe care îl au dimensiunile bulelor și fracțiunea volumului de gaz asupra modului de propagare și atenuare a undelor de șoc în apă.

În lucrarea prezentă se studiază din punct de vedere experimental modul de propagare și atenuare a undelor de șoc prin mediul bifazic format din bule de gaz și apă și are ca scop conceperea unei configurații experimentale de generare a mediului bifazic prin care să se poată varia parametri precum fracțiunea volumului de gaz în lichid, dimensiunea găurilor generatorului de bule și debitul de gaz. De asemenea se urmărește măsurarea presiunii dinamice prin

Experimental research provided some results regarding the use of biphasic media like bubble screens or curtains as a solution for underwater noise and shock wave mitigation. In 1910 Mallock has proposed the use of bubble curtains for blast wave mitigation (Mallock 1910). In 1950 La Prairie has patented the use of bubble curtains as mitigation method for underwater shock waves effects (La Prairie 1950). Other experimental work has included the study of curtain mitigation capacity after shock wave propagation (Ando et al. 2011). Therefore, the behavior of a biphasic medium under shock wave loading has been investigated in an experimental configuration using a shock tube. In this study (Ando et al. 2011) the volume fraction and shock intensity were varied in order to evaluate the influence over shock intensity and velocity.

Kameda used a shock tube ended with a liquid filled section in which mono dispersed bubbles were generated (Kameda et al. 1998). Studies on underwater shock wave mitigation have included attenuation configurations such as multi-layer protective armor (Hawass et al. 2015), composite panels (Latourte et al. 2011), porous materials (Saito et al. 2003) or sandwich structures, having core materials between two face sheets (Espinosa et al. 2006). In this last approach, Espinoza used a gas gun for impacting a plate on a liquid filled tank in order to generate a tailored impulse that can match a blast wave temporal profile. Croci proposed a comparable device than can induce a series of mechanical impulses that are between a blast profile and a pile driving (Croci et al. 2014). He also developed a bubble curtain generator based on a porous pipe coupled with a digital flowmeter. Croci performed a local characterization of the bubble curtain by the use of an optical probe at the laboratory scale. He then evaluated the peak pressure mitigation achieved by the curtain itself. In his experiments, the curtain generated by a porous pipe was not structured, making difficult the observation and the interpretation of the role played by the bubble size and the void fraction.

This paper shows recent experimental results, aiming the design of equipment that generates a bubble curtain in water and to characterize its compression wave mitigation capability when varying air fraction in liquid, bubble size and gas flow rate. The design also tackles the matter

intermediul a doi senzori de presiune și anume PVDF și hidrofon. În prima parte a studiului este prezentat sistemul de generare a bulelor de gaz. În partea a doua este evidențiat studiul experimental privind atenuarea undelor de șoc de către perdeaua de bule de gaz. Sunt prezentate în acest context amplitudinea presiunii în timp măsurată cu senzorii de presiune PVDF „Bauer”. Partea a treia este destinată studiului din punct de vedere numeric al modului de propagare și atenuare a undelor de șoc, precum și corelarea tuturor observațiilor.

2. Studiul teoretic privind generarea bulelor de gaz prin intermediul țevilor perforate

Bulele de gaz în lichide au fost studiate din punct de vedere teretic pornind de la formarea acestora în condiții de presiune sau debit constante și până la analiza comportamentului lor dinamic și termic. Bulson a propus o teorie cu privire la perdelele de bule bazată atât pe considerații teoretice cât și practice. (Bulson 1968). Totuși, a fost ales un generator de bule simplu în vederea obținerii unei distribuții cât mai uniforme a bulelor în perdea. În literatura de specialitate găsim studii teoretice și experimentale care iau în considerare viscozitatea, tensiunea superficială și densitatea unui lichid Newtonian la stabilirea modului de formare al bulelor de gaz. Ramakrishnan descrie formarea bulelor de gaz printr-un singur orificiu printr-un model mathematic (Ramakrishnan et al. 1969). În același an, Satyanarayan a observant formarea bulelor de gaz în condiții de presiune constantă. (Satyanarayan et al. 1969). El a descris formarea bulelor pe parcursul a două stagii printr-un singur orificiu, cu luarea în considerare a proprietăților lichidului asupra dimensiunilor bulei. (Ramakrishnan et al. 1969; Satyanarayan et al. 1969) Deformarea bulelor de gaz în diferite tipuri de lichide, corespunzătoare numerelor Morton () cuprinse în intervalul 10^{-11} ÷ 10^0 a fost studiat recent. (Legendre et al. 2012) În acest studiu deformația bulelor de gaz a fost surprinsă printr-o ecuație simplă și apoi comparată cu rezultate propuse în lucrarea lui Moor în 1959. Formarea bulelor de gaz prin intermediul dispozitivelor cu orificii multiple a fost studiată de Xie atât din punct de vedere numeric cât și teoretic (Xie 2003). Unul din scopuri a fost

of dynamic underwater pressure measurement by the use of the Polyvinylidene fluoride (PVDF) technique and hydrophone.

In the first part of the study, a simple bubbling system is presented. The second part highlights the shock mitigation by the bubbly media in two impact conditions. It also shows the time resolved pressure measurement by the use of PVDF “Bauer” shock gauges. The third part shows finite element calculations that illustrate the shock propagation occurring during the experiments and correlate all the observations.

2. Theoretical study regarding bubble generation through immersed perforated pipes

Gas bubbles in liquid have been studied from the theoretical point of view, starting with their formation in constant flow or constant pressure condition and ending with their dynamics and thermal behavior analysis. Bulson proposed the theory of bubble curtain based on analytical and experimental considerations (Bulson 1968). However, a simple bubble generator has been chosen in order to obtain a bubbly medium as monodisperse as possible. Theoretical and experimental approaches considering the influence of viscosity, surface tensions and density of a Newtonian liquid on bubble formation can be found in the literature. Ramakrishnan described the bubble formation through a single orifice by a mathematical model (Ramakrishnan et al. 1969). In the same year, Satyanarayan observed the bubble formation under constant pressure conditions (Satyanarayan et al. 1969). He described the formation of the bubbles during two stages through a single orifice, taking into account the effects of physical properties of the liquid on the bubble size. Their models (Ramakrishnan et al. 1969; Satyanarayan et al. 1969) were considered only for spherical bubbles that are rather deformed in operational conditions. Gas bubble deformation in different types of liquids, for Morton number () varying between 10^{-11} and 10^0 , has been studied recently (Legendre et al. 2012). In this study a simple equation for bubble deformation has been proposed and compared with results given in (Moore 1959). Bubble formation through multiple orifices has been investigated by Xie from theoretical and experimental point of view (Xie 2003). One of the purposes of that study

propunerea unui model matematic prin care să se determine frecvența bulelor, raza bulelor de gaz și volumul camerei de gaz în condiții diferite.

În prezenta lucrare a fost considerată formarea bulelor de gaz în condiții de presiune constantă în interiorul dispozitivului de generare a bulelor de gaz. Formarea și detașarea bulelor de gaz pe parcursul a două stagii include expansiunea bulei de gaz când tensiunea superficial joacă rolul cel mai important și apoi deplasarea acesteia sub acțiunea forței arhimedice, așa cum e descrisă în Figura 1.

was to propose a mathematical model able to predict bubbling frequency, bubble radius and gas chamber volume under various conditions.

In the present study, it has been considered that the bubble formation respects the condition of constant pressure inside the pipe. The bubble formation and then detachment is a two stage process which includes the expansion of the bubble when the superficial tension plays the main role and secondly the upwards movement of the bubble under the action of buoyancy force, as described in Figure1.



Fig. 1 Stagiile de formare a bulelor de gaze (Ramakrishnan et al. 1969; Satyanarayan et al. 1969)/

Fig. 1 Bubble formation stages (Ramakrishnan et al. 1969; Satyanarayan et al. 1969)

Volumul bulei, este determinat de relația:

$$V_F = V_E + Qt_c$$

unde este volumul la finalul celei de-a doua etape de formare, este volumul bulei la sfârșitul primei etape, este debitul de gaz și este timpul de desprindere. După luarea în considerare a forțelor care acționează asupra bulelor (Fig.2) pe parcursul formării și desprinderii acestora, raza este dată de relația:

$$r = \frac{B}{2Q(A+1)}(V_F^2 - V_E^2) - \frac{C}{AQ}(V_F - V_E) - \frac{3G}{2Q\left(A - \frac{1}{3}\right)}\left(V_F^{2/3} - V_E^{2/3}\right)$$

unde:

$$A = 1 + \frac{96\pi \cdot 1.25 r_E \mu}{11 \rho_l Q}$$

$$B = \frac{16g}{11Q}$$

$$C = \frac{16\pi D \gamma \cos \theta}{11 \rho_l Q}$$

și θ este unghiul de contact.

The bubble volume, is determined as:

$$V_F = V_E + Qt_c$$

where is the volume at the end of the second stage, is bubble volume at the end of the first stage, is gas flow rate and is detachment time. Taking into consideration the forces actions on the bubble (Fig.2) during its formation and detachment the bubble radius is characterized by:

where:

$$E = \frac{Q}{12\pi \left(\frac{3}{4\pi}\right)^{2/3}}$$

$$G = \frac{24\mu}{11\left(\frac{3}{4\pi}\right)^{1/3} \rho_l}$$

and θ is the contact angle.

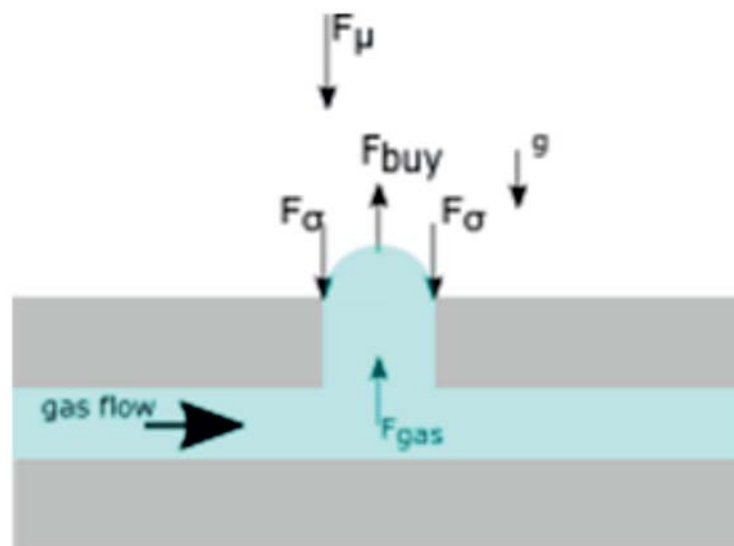


Fig. 2 Forțele care acționează asupra bulei de gaz pe parcursul formării și desprinderii acesteia/
Fig. 2 Forces acting on a single bubble during its formation and detachment

Perdeaua de bule de gaz a fost generată prin introducerea unei țevi perforate în apă, cu gaurile executate la aceeași distanță (Fig.3), la diferite debite de aer (4 l/min și 6 l/min) și cu diferite configurații de țevi. Parametric caracteristici țevelor sunt: materialul (PVC și Al), spațiul dintre găuri (10 mm, 12 mm), diametrul găurii (0,8 și 1,2 mm) și numărul de găuri (21 și 14). Acești parametrii au permis obținerea a două tipuri de perdele de bule, caracterizate ulterior în funcție de capacitatea lor de atenuare a undelor de șoc.

The air bubble curtain was generated by immersed pipes that are perforated at equal distances (Fig. 3), at different flow rates (4 l/min and 6 l/min) and with different pipe configurations. The bubbler parameters were respectively: the pipe material (Polyvinyl chloride - PVC, Al), the holes spacing (10 mm, 12 mm), hole diameters (0.8 mm and 1.2 mm) and the number of holes (21 and 14). These parameters allowed two types of controlled bubble curtains to be obtained, that finally were characterized with respect to their shock wave mitigation capacity.

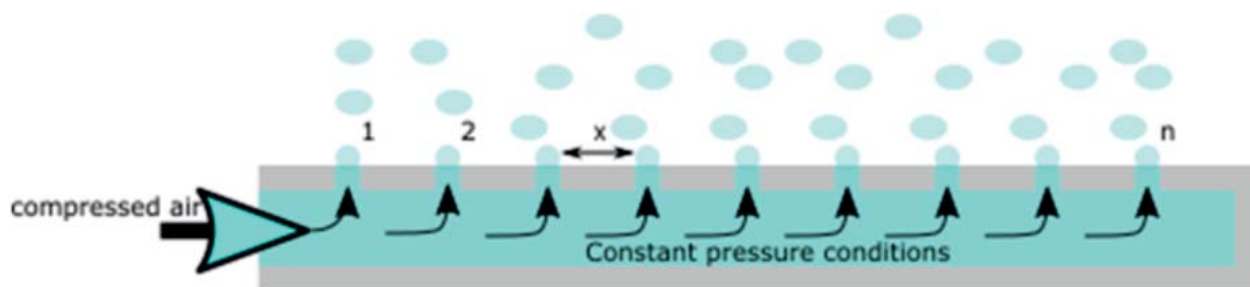


Fig. 3 Reprezentarea schematică a sistemului de generare a bulelor de gaz/
Fig. 3 Schematic representation of the bubbling system

3. Configurația experimentală de caracterizare a perdelei de bule de gaz

În vederea determinării razei medii a bulelor, perdeaua de bule a fost caracterizată prin utilizarea unei probe optice (Crocì 2014), corelată cu filmările video și rezultatele furnizate de senzorul acustic. În Figura 4 este prezentată configurația experimentală și echipamentele folosite pentru caracterizarea perdelei de bule.

3. Experimental set-up for bubble curtain characterization

In order to determine the bubble mean radius, the bubble curtain has been characterized by the use of an optical probe like in (Crocì 2014), correlated with video and acoustic observations. Figure 4 shows the experimental set-up with the equipment used for the bubbler characterization.

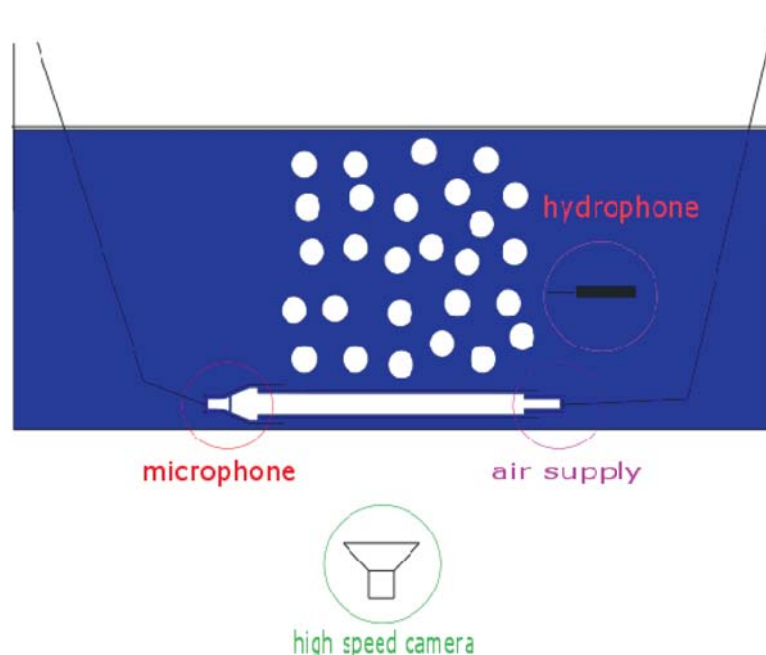


Fig. 4 Configurația experimentală pentru caracterizarea perdelei de bule/

Fig. 4 Experimental set-up for bubble curtain characterization

Experimentele au fost efectuate în vederea caracterizării perdelei de bule generată de două tipuri de țevi perforate, descrise în tabelul de mai jos.

Experiments conducted in order to characterize the bubble curtain included two types of pipes, described in the following table.

Țeava/ Pipe	Material/ Material	debit l/min/ Flow rate l/min	Nr. de găuri/ Nr. of holes	Distanța dintre găuri mm/ Distance between holes mm	Diametrul găurii mm/ Hole diameter/mm
A	PVC	4	21	10	0.8
B	Al	6	14	12	1.2

Tabelul 1 Caracterizarea generatorului de bule/**Table 1** Bubbler characteristics

Debitul din interiorul țevii perforate a fost controlat prin intermediul unui debitmetru Bronkhorst. Curgerea bulelor de gaz a fost înregistrată cu o cameră de înregistrare ultrarapidă Photron® APX, cu 1000 images/s timp de 2 s. Cel de-al doilea capăt al țevii perforate a fost conectat la un microfon Bruel&Kjaer® cu sensibilitatea 12.000 mV/Pa și bandă de frecvență cuprinsă în intervalul 0.1 Hz și 50 kHz. Având un scop similar, activitatea acustică din mediul acvatic este monitorizată cu hidrofonomul care are sensibilitatea 0.102 pC/Pa. Toate semnalele,

Inside the immersed pipe, the flow rate was controlled by a manual controlled valve and measured with a Bronkhorst flowmeter. The bubble curtain has been recorded with a high speed camera, Photron® APX, at 1000 images/s during 2 s. The other end of the pipe was connected to a Bruel&Kjaer® microphone set at 12.000 mV/Pa sensitivity, and bandpass between 0.1 Hz to 50 kHz. For a similar purpose, the underwater acoustic observation, a hydrophone set to 0.102 pC/Pa used. All the signals, given

oferite de macrofon și hidrofon, au fost stocate pe un osciloscop de tipul Odyssey Nicolet cu o rată de achiziție de 50 kSample/s.

În Figura 5 sunt prezentate imagini cu perdeaua de bule de gaz generată prin intermediul țevii perforate de tip A și B la debite de 4 l/min și 6 l/min.

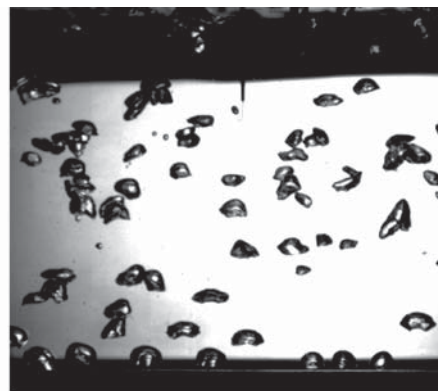
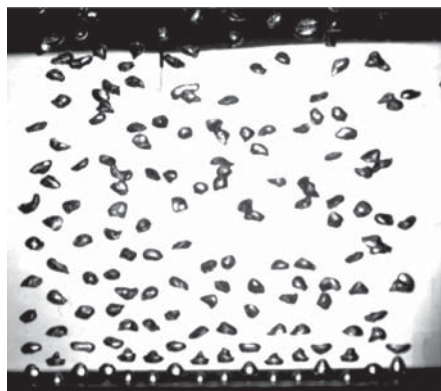


Fig. 5 Perdeaua de bule pentru debite de 4 l/min (țeava A) și respectiv 6 l/min (țeava B)/

Fig. 5 Bubble curtain for 4 l/min (pipe A) respectively 6 l/min (pipe B)

4. Configurația experimentală generarea undelor de șoc și atenuarea acestora prin intermediul mediului bifazic

Studiul experimental al undelor de șoc a fost posibil prin utilizarea tunului Taylor, calibrat 50 mm care utilizează proiectile de aluminiu, ghidate în interiorul țevii prin intermediul unor cilindri din polimetil metacrilat. Au fost efectuate trageri într-o țintă tot din aluminiu cu diametrul de 60 mm și 80 mm lungime. (Fig. 6)



4. Experimental set-up for shock wave generation and mitigation in biphasic media

The experimental study of underwater shock wave has been possible by the use of a 50 mm diameter Taylor gun capable of shooting Aluminum projectile, guided by a polymethyl methacrylate (PMMA) sabot at an Aluminum anvil, which has 60 mm diameter and 81 mm length. (Fig. 6)

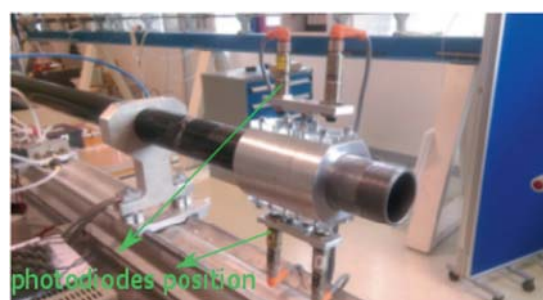


Fig. 6 Generatorul undelor de șoc subacvatice/

Fig. 6 Underwater shock wave generator

Întreaga configurație experimental (Fig. 7) include de asemenea și celelalte echipamente folosite pentru măsurarea parametrilor unde de șoc de la transmiterea acesteia în interiorul acvariului și în ulterior la propagarea acesteia în mediul lichid. Dimensiunile acvariului se pot observa în Figura 7.

The entire experimental set-up (Fig. 7) also includes the rest of equipment used in order to measure shock wave parameters starting with its transmission inside the water tank and afterwards its propagation in liquid media. The inner dimensions of the water tank are: 24.5 cm (length), 33 cm (width), and 20 cm (depth). The aluminum

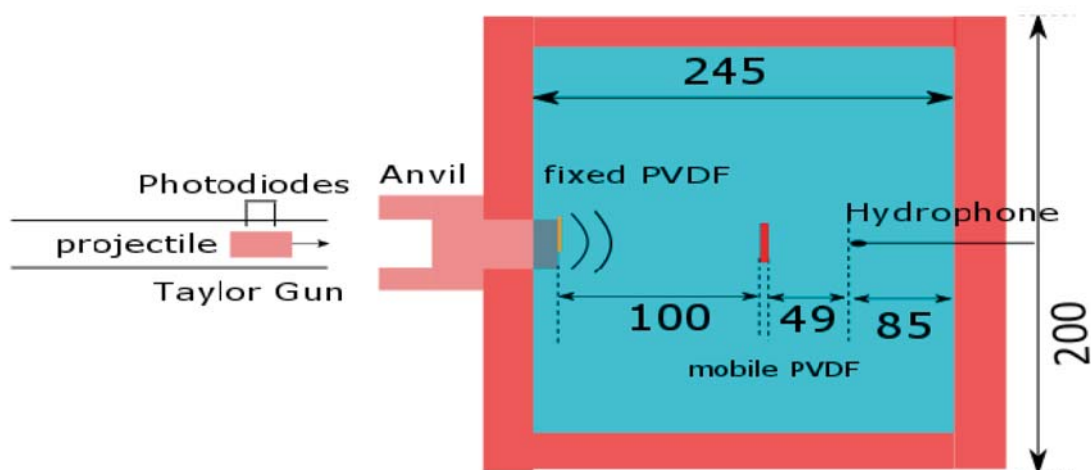


Fig. 7 Vederea de sus a configurației experimentale de generare a undelor de șoc și atenuare în mediul bifazic/**Fig. 7** Top view of the experimental layout without the bubble curtain

Presiunea unei de șoc subacvatice este măsurată prin intermediul a două tehnici: cu hidrofonul T11 Sonar Neptune® și cu senzorul de presiune PVDF cu grosimea 25 μm în modul current (Bauer 2000).

Primul sensor PVDF este plasat la interfața dintre țintă și apă. Acest PVDF presiunea în timp a unei de șoc transmise în apă, fiind conectat la osciloscopul LeCroy® cu lățimea de bandă de 500 MHz și o rată de achiziție de 1 GSample/s.

projectile is a 40 mm diameter cylinder with a 40 mm length. The projectile velocity is measured by two photodiode barriers.

The underwater shock wave pressure is recorded by two measuring techniques: with a T11 Sonar Neptune® hydrophone and 25 μm thick PVDF pressure sensors in current mode (Bauer 2000). The first PVDF sensor is placed at the water/anvil interface. It provides the pressure time history related to the pressure waves transmitted from the anvil into the water.

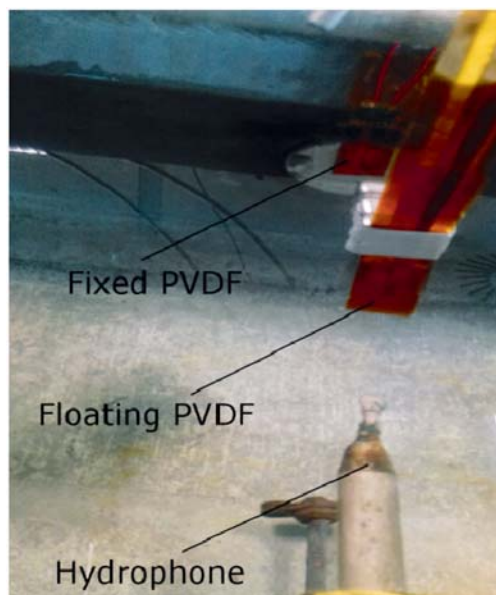


Fig. 8 Configurația senzorilor de presiune/**Fig. 8** Pressure sensors set up. Top view

Al doilea sensor PVDF este amplasat în interiorul acvariului, în lipsa perdelei de bule de gaz în modul "plutitor" așa cum se observă în Figura 8.

This PVDF sensor was connected to a LeCroy® oscilloscope with a bandwidth of 500 MHz and an acquisition rate of 1 GSample/s.

Cel de-al doilea PVDF a fost conectat în modul current (50 Ohm) la un osciloscop Tektronix® cu lățimea de bandă de 350 MHz și rata de achiziție 1GSamples/s. Hidrofonul T11 este conectat la același osciloscop prin intermediul unui amplificator de sarcină Müller®, util pentru măsurarea suprapresiunii în frontal undei de compresiune cu și fără perdea de bule de gaz. Coeficientul care exprimă sensibilitatea senzorului, utilizat în prelucrarea semnalelor, este 3 MPa/V.

Scopul experimentelor a fost să caracterizeze capacitatea perdelei de bule de gaz de a atenua efectele undei de șoc. În vederea cuantificării modului de atenuare a undei de șoc au fost analizate suprapresiunea și impulsul undei de șoc atât în prezența mediului bifazic cât și fără acesta. Unda de compresiune a fost generată de impacul cvasi-planar între proiectil și țintă. Această undă are o creștere rapidă pe prima porțiune, după care se atenuează gradual. Undele de reflexive sunt generate pe suprafețele laterale ale țintei și datorită existenței interfețele libere ale proiectilului.

Unda de compresiune este transmisă apei prin intermediul țintei în timp ce undele de expansiune generează cavitația apei în apropierea țintei așa cum se poate observa din filmarea cu camera ultrarapidă.

The second PVDF sensor is placed inside the water tank, when there are no bubbles in a floating set up as shown in Figure 8.

This floating PVDF was connected in current mode (50 Ohm input) to a Tektronix® oscilloscope with a bandwidth of 350 MHz and an acquisition rate of 1GSamples/s. The hydrophone T11 is also connected to this oscilloscope through a Müller® charge amplifier and is supposed to measure the compression wave overpressure, with and without the bubble curtain. The pressure sensor transformation coefficient used for the signal processing is 3 MPa/V.

The purpose of the experiments was to characterize the bubble curtain shock wave mitigation capacity. In order to quantify the attenuation, the ratio of the peak overpressure and the ratio of the total impulse were used, with and without the curtain. The compression wave was generated by a quasi-planar impact between the projectile and the anvil. This wave has a sharp compression front and releases gradually. The release comes from the sides of the anvil and later on from the back of the projectile. The compression phase of the wave is transmitted from the anvil to the water, whereas the expansion phase causes water cavitation near the anvil, as this was observed by fast video camera.

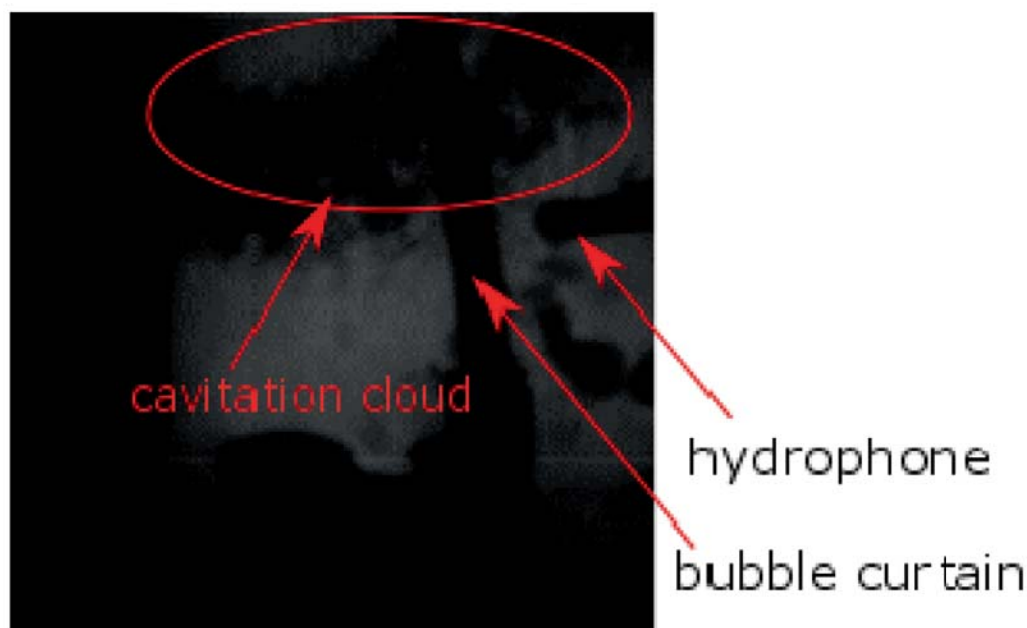


Fig. 9 Cavitația cauzată de propagarea undei de șoc în interiorul acvariului/
Fig. 9 Cavitation caused by shock wave propagation inside the water tank

5. Rezultate experimentale

Semnalele furnizate de microfon și hidrofon au fost procesate prin intermediul transformatei Fourier (Fast Fourier Transform (FFT)) obținându-se astfel spectrul de putere ca răspuns al formei undei originale în domeniul de frecvență. Rezultatele au fost interpretate ca fiind frecvențele de formare ale bulelor de gaz. Aceste rezultate sunt prezentate în Figura 10 și Tabelul 2. În figura 10 a) au fost correlate rezultatele furnizate de microfon cu cele furnizate de hidrofon pentru țeava de PVC în timp ce în Figura 10 b) au fost correlate rezultatele celor doi senzori pentru țeava de Al. Din analiza rezultatelor a fost observată o bună corelare dintre cei doi senzori. Se observă de asemenea că o dată cu creșterea debitului de aer, semnalele obținute de la microfon și hidrofon sunt mult mai bruiate, datorită vibrațiilor generatorului de bule de gaz.

5. Experimental results

The signals obtained from the microphone and hydrophone measurements have been processed by means of the Fast Fourier Transform (FFT) to get their power spectrum as a response of the original waveform in the frequency domain. It was assumed that the maximum frequencies correspond to the bubble formation frequency. Bubbling frequencies observed for a given configuration are presented in Figure 10 and Table 2.

Microphone results, for the PVC tube, have been compared with the hydrophone data in Figure 10a while in Figure 10b is shown the same comparison but for the Al pipe. A good correlation between the values of the bubble formation frequencies has been observed. It is also obvious that the increase in the flow rate results of a noisier signal might be due to the pipe vibrations during the bubbling process.

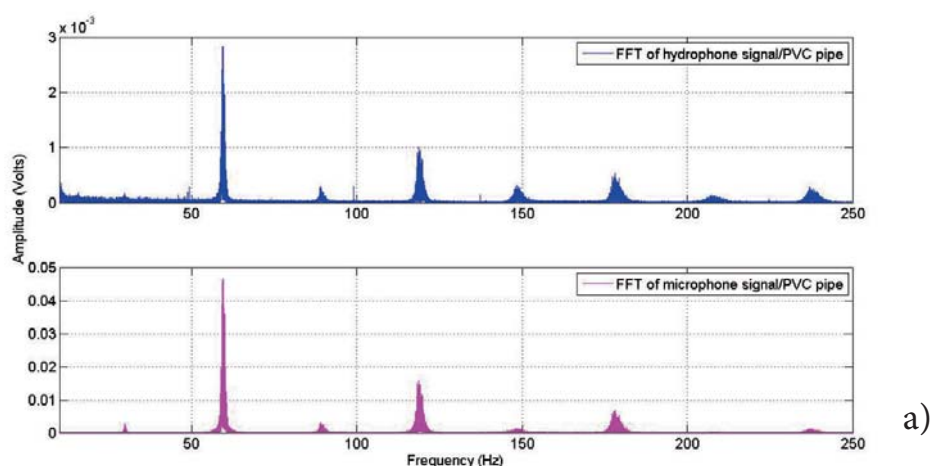
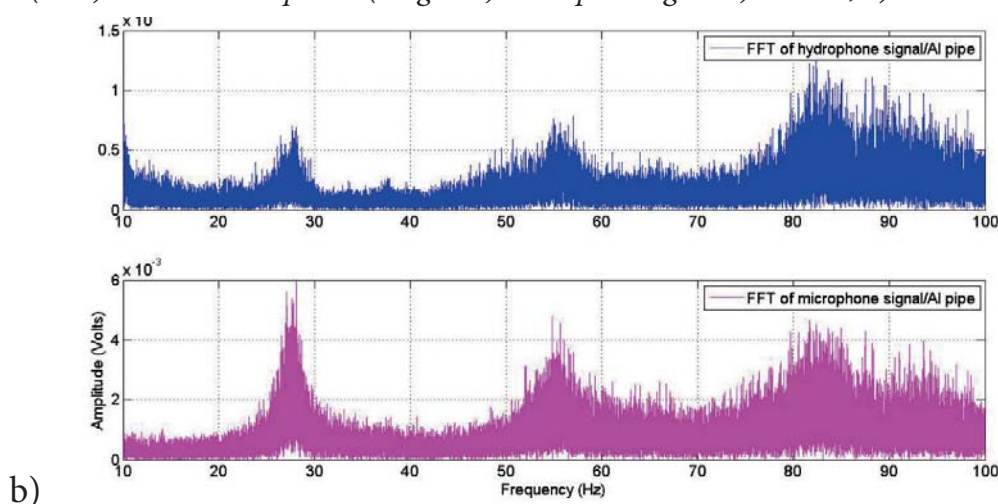


Fig. 10 Frecvența de formare a bulelor de gaz măsurată cu hidrofonul (albastru) și microfonul (magenta) corespunzătoare: a) 4 l/min, b) 6 l/min/**Fig. 10** Bubble formation frequency measured with the hydrophone (blue) and the microphone (magenta) corresponding to: a) 4 l/min, b) 6 l/min



Tabelul 2 Frecvența de formare a bulelor

Țeava	Debit l/min	Senzorul	Frecvența Hz
A	4	Microfone(Fig. 5 a)	29.8
		Hidrofone(Fig. 5 b)	29.6
B	6	Microfon(Fig. 5 a)	28.0
		Hidrofon (Fig. 5 b)	27.6

Figura 11 furnizează tensiunea obținută de la semnalul PVDF, pentru trei trageri ale căror caracteristici sunt prezentate în Tabelul 3. Senzorul PVDF a fost izolat astfel încât să poată fi evitat bruiajul electrostatic și electromagnetic. Senzorul a fost conectat cu o ieșire la osciloscop și cu cealaltă la un amplificator de sarcină Kistler tipul 5011 cu sensibilitatea 15.4 pC/M.U și domeniul 50 M.U./V, ambele măsurători oferind rezultate similar. Datele experimentale oferite de senzorul PVDF (Fig. 11), la interfața dintre țintă și apă, oferă reproductibilitatea tragerii la viteze de impact de 16 m/s.

Table 2 Bubble formation frequency

Pipe	Flow rate l/min	Sound sensor	Frequency Hz
A	4	microphone (Fig. 5 a)	29.8
		hydrophone (Fig. 5 b)	29.6
B	6	microphone (Fig. 5 a)	28.0
		hydrophone (Fig. 5 b)	27.6

Figure 11 shows the stress obtained from the PVDF signals, for three shots characterized by the parameters given in Table 3. The PVDF gauge was shielded against electrostatic and electromagnetic parasites. The gauge was connected with one exit to the oscilloscope in current mode. Records were compared with the voltage signal given after connecting the second exit of the PVDF to a Kistler charge amplifier type 5011, with a sensor sensitivity set at 15.4 pC/M.U and a scale of 50 M.U./V. Both current and charge amplified modes gave similar results. The experimental data given by the PVDF measurements (Fig. 11), at the interface between the anvil and the water, show the reproducibility of the shots at the impact velocities of approximately 16 m/s.

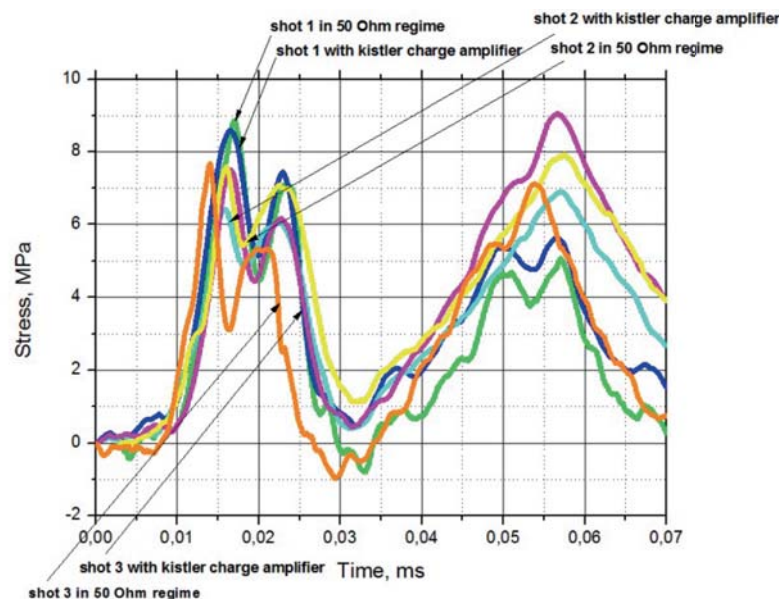


Fig. 11 Suprapresiunea furnizată de măsurătorile cu PVDF-ul la interfața țintă/apă pentru viteze de impact mic/**Fig. 11.** Overpressure resulted from PVDF measurements at the anvil/water interface for low velocity shots

Diferența dintre profilele presiunii în timp se datorează cel mai probabil impactului imperfect sub diferite unghiuri de impact de la o tragere la alta.

Data acquisition has been realized by triggering from the amplified PVDF channel.

The difference between the pressure profiles corresponding to different impact velocities occurs, most likely, due to the defective planarity causing a different impact angle from a shot to another.

Tabelul 3 Vitezele de impact pentru măsurătorile cu PVDF-ul fix

Trage-rea #	Viteza finală m/s	Presiunea bar
1	16,5	2
2	16.5	2
3	15.5	2

Aceeași abordare a fost adoptată pentru PVDF-ul mobil, din interiorul acvariului, la distanța de 100 mm față de țintă.

Table 3 Impact velocity for measurements with fixed PVDF

Shot #	Terminal velocity m/s	Pressure inside the tank bar
1	16,5	2
2	16.5	2
3	15.5	2

The same approach was carried out with the floating PVDF, vertically positioned into the water (Fig. 8), with its sensitive area corresponding to the barrel and the anvil axis at 100 mm of the free surface of the anvil.

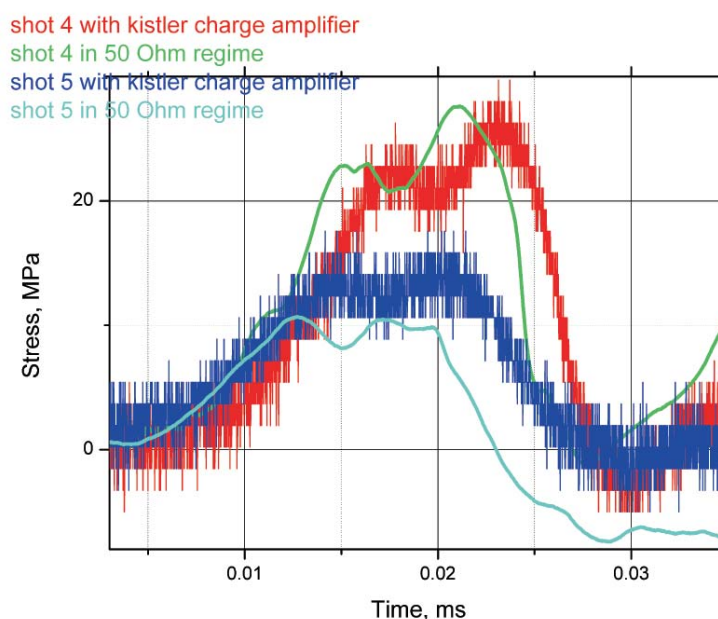


Fig. 11 Suprapresiunea furnizată de măsurătorile cu PVDF-ul la interfața țintă/apă pentru viteze de trageră mari/Overpressure resulted from PVDF measurements at the anvil/water interface for high velocity shots

Tabelul 4 Viteza de impact corespunzătoare tragerilor 4 și 5

Trage-rea #	Viteza finală m/s	Presiunea bar
4	50.69	7
5	46.79	7

Rezultatele experimentale în termeni de presiune în timp prezentate în Figura 12 a) și b) sunt furnizate de hidrofon și PVDF-ul mobil. Desfășurarea în timp a presiunii este în accord pentru ambele semnale, dar amplitudinea este de două ori mai mare în cazul hidrofonusului. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că unda de șoc se reflectă la contactul cu hidrofonusul. Această diferență este și mai semnificativă pentru viteze

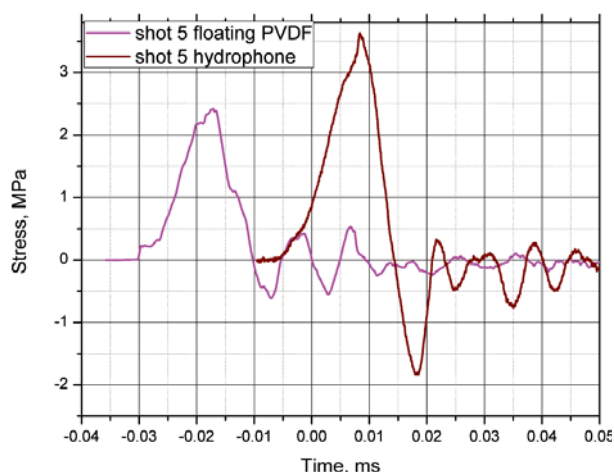
Table 4 Impact velocity corresponding to shots 4 and 5

Shot #	Terminal velocity m/s	Pressure inside the tank bar
4	50.69	7
5	46.79	7

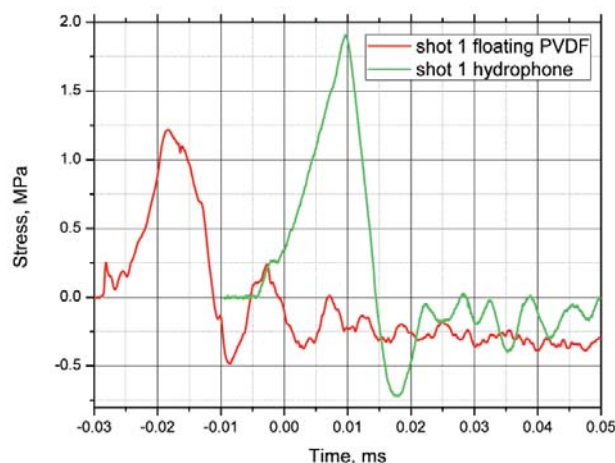
Time resolved pressure measurements shown in Figure 12a and b are given by hydrophone and floating PVDF measurements. They are in good agreement regarding the timeline, but the pressure measured by the hydrophone is about 50 % higher than the one measured by the PVDF. This can be explained by the reflection of the pressure wave on the hydrophone holder. The difference is even more distinct at high pressures

de impact mai mari, așa cum reiese din Figura 12 b). Deși semnalul înregistrat de hidrofon a avut durate mult mai mari de 10 ms, nu au fost observate amplitudini semnificative după această valoare de timp. Valorile pentru suprapresiunea în frontal undei de șoc măsurată de hidrofoneste de 4.0 ± 1.5 MPa pentru viteze de 45 m/s și 1.5 ± 0.4 MPa pentru viteze de 16 m/s, în timp ce suprapresiunea măsurată cu PVDF-ul mobil este de 2.5 și 1.1 ± 0.1 MPa. Pe parcursul perioadei de timp a înregistrărilor, prima valoare maximă a presiunii corespunde undei de compresiune apoi este urmată de oscilații care preced un minim negativ a presiunii corespunzătoare cavității așa cum este surprinsă și cu camera de filmat ultrarapidă. Masa bulelor de cavitație vor atenua cel de-al doilea maxim al presiunii așa cum se poate observa din Figura 12. Dinamica bulelor de gaz în apă produce oscilația semnalului presiunii în timp.

(Fig. 12b). The signal given by the hydrophone was recorded during a much longer time than that shown in Figure 12, of about 10 ms, and did not exhibit additional significant pressure peaks. From these experiments, the generated pressures corresponding to the impact velocities of 45 m/s and 16 m/s measured with the hydrophone were of 4.0 ± 1.5 MPa and 1.5 ± 0.4 MPa, respectively, while measuring with the floating PVDF they were of 2.5 and 1.1 ± 0.1 MPa. During the recorded period of time only one positive peak appeared and then moderate oscillations of pressure occurred, that started with a negative peak, which induced a cavitation cloud as observed by the fast camera (Fig. 9). This cavitation cloud generates bubbles that mitigate the second peak of the pressure observed in Figure 12. Oscillations of a shorter period are due to the reemission of the compressive waves caused by the bubble dynamics.



a)



b)

Fig. 12 Suprapresiunea în frontal undei de șoc furnizată de hidrofon și PVDF-ul mobil/
Fig. 12 Shock wave overpressure measured using PVDF and hydrophone

Durata celor două semnale pe prima porțiune corespunzătoare maximului presiunii este similar pentru cei doi senzori. Desfășurarea în timp a presiunii corespunde momentului în care unda de șoc ajunge în dreptul celor doi senzori. Semnalele au fost prelucrate astfel încât să se poată observa că partea ascendentă corespunde undelor de compresiune iar cea descendentă corespunde undelor de destindere provenite de la reflexia la suprafețele libere. Capacitatea

The duration of the first pressure peak remains more or less the same for both measurement techniques, for the floating PVDF and the hydrophone respectively. Pressure profiles presented in Figure 12a are obtained with the impact velocity given in Table 4. Table 5 gives the impact velocities for the shots 4 and 5, corresponding to the signals on Figure 12b and 11. The time variation of the pressure illustrated on Figure 12a and b show the arrival time of the

de atenuare a perdei de bule a fost analizată prin intermediul măsurătorilor cu hidrofonul. Experimentele s-au desfășurat în prezența și în absența perdei de bule generate cu țeava A și B la debite de 4l/min și 6l/min.

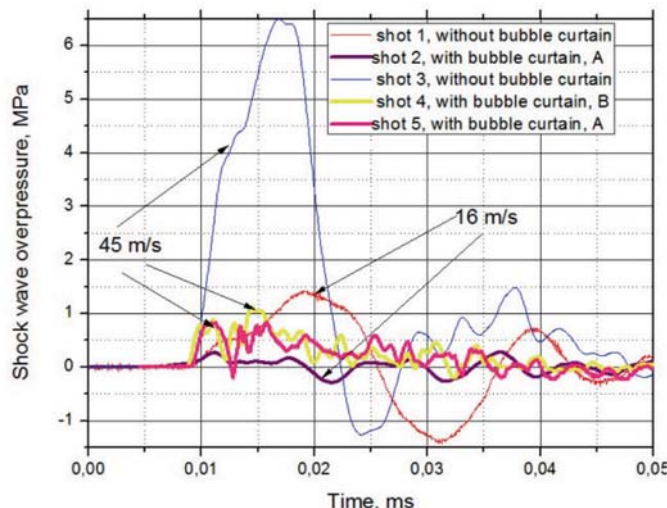


Fig. 13 Capacitatea perdei de atenuare a undelor de șoc evidențiată prin utilizarea hidrofonului/

Fig. 13 Bubble curtain mitigation capacity given by hydrophone measurement

Așa cum se poate observa din figura 13, în prezența perdei de bule de gaz, profilul presiunii în timp este semnificativ influențat de interacțiunea dintre unda de șoc și bulele din mediul bifazic. Rezultatele experimentelor legate de atenuarea undelor de șoc sunt prezentate în Tabelul 5.

Tabelul 5 Parametrii undei de șoc obținuți prin utilizarea hidrofonului

trage- rea #	Viteza de impact m/s	Presi- nea bar	Perdea de bule	P_{max} MPa	I Impul- sul MPa·ms
1	16	2	off	1.41	0.01
2	15.7	2	A - 4 l/min	0.19	0.001
3	50.7	7	off	7.02	0.06
4	42	7	B 6 l/min	0.76	0.009
5	51.5	7	A 4 l/min	1.37	0.01

Corelând viteza de impact cu presiunea din interiorul acvariului, rezultatele experimentale legate de capacitatea de atenuare a mediului bifazic sunt prezentate în Tabelul 5. Pentru aprofundarea aspectelor anterior menționate, tabelul 6 prezintă atenuarea undelor de șoc în termeni de presiune maximă și impuls.

shock wave at the pressure sensor. The signals have been processed as described by Figure 12, in order to analyze the increasing front corresponding to the compressive waves, and the decreasing profiles due to the release waves from the reflection surfaces or edge effects.

The bubble curtain mitigation capacity has been also analyzed from hydrophone measurements. The experiments were carried out with and without the bubble curtain, with A and B bubble generators at 4 l/min and 6 l/min flowrate, respectively.

As it can be seen in Figure 13, in the presence of the bubble curtain, the pressure profile is significantly influenced by the interaction between the shock wave and the bubbles in the water. Experiments regarding the shock wave generation and attenuation are gathered in Table 5.

Table 5 Shock wave parameters achieved using hydrophone measurements

Shot #	Impact velocity m/s	Pressure inside the tank bar	Curtain	P_{max} MPa	I Positive impulse MPa·ms
1	16	2	off	1.41	0.01
2	15.7	2	A - 4 l/min	0.19	0.001
3	50.7	7	off	7.02	0.06
4	42	7	B 6 l/min	0.76	0.009
5	51.5	7	A 4 l/min	1.37	0.01

Correlating the impact velocity with pressure inside the gun tank, experimental results in terms of shock wave mitigation are presented in Table 5. The first analyses are at low impact velocity obtaining the maximum pressure, P_{max} and total impulse I . The same analyses are performed for high impact velocity, but both pipes were tested.

Tabelul 6 Capacitatea de atenuare a perdelei de bule de gaz

Viteza de impact m/s	Generatorul de bule	Atenuarea impulsului %	Atenuarea $P_{\max}$ %
16 m/s	A	86.5	89
45 m/s	A	83	80
	B	85	89

For a more comprehensive approach, Table 6 shows the bubble curtain mitigation capacity for both impulse attenuation and pressure attenuation.

Table 6 Bubble curtain mitigation capacity

Impact velocity m/s	Bubble generator	Impulse attenuation %	$P_{\max}$ attenuation %
16 m/s	A	86.5	89
45 m/s	A	83	80
	B	85	89

Bibliografie/References

- Ando K, Colonius T, Brennen CE (2011) Numerical simulation of shock propagation in a polydisperse bubbly liquid. *International Journal of Multiphase Flow* 37.6: 596-608
- Bauer F (2000) PVDF shock sensors: Applications to polar materials and high explosives. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions*, 47.6:1448-1454
- Bulson PS (1968) The theory and design of bubble breakwaters. *Coastal Engineering Proceedings* 1.11
- Croci K, Arrigoni M, Boyce P, Gabillet C, Grandjean H, Jacques N, Kerampran S (2014): Mitigation of Underwater Explosion Effects by Bubble Curtains: Experiments and Modelling, 23rd MABS (Military Aspects of Blast and Shock), Oxford, UK, 7-12 September 2014, Vol. 14
- Espinosa HD, Lee S, Moldovan N (2006) A novel fluid structure interaction experiment to investigate deformation of structural elements subjected to impulsive loading. *Experimental Mechanics* 46.6:805-824
- Graff KF (1975) Wave motion in elastic solids. Courier Corporation
- Grandjean H, Jacques N, Zaleski S (2012) Shock propagation in liquids containing bubbly clusters: A continuum approach. *Journal of Fluid Mechanics* 701:304-332
- Hawass A, Mostafa H, Elbeih A (2015) Multi-layer protective armour for underwater shock wave mitigation. *Defence Technology* 11.4: 338-343
- Johnson GR, Cook WH (1983) A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. *Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics*. 541-547
- Kameda M, Ameda M, (1998) Shock waves in a uniform bubbly flow. *Physics of Fluids (1994-present)*, 10.10: 2661-2668
- Koschinski S, Kock KH (2009) Underwater unexploded ordnance-methods for a cetacean-friendly removal of explosives as alternatives to blasting. *International Whaling Commission. Scientific Committee Paper SC/61 E*, 21
- La Prairie (1950) Method of blasting, US Patent 2699117 A
- Latourte F, Grégoire D, Zenkert D, Wei X, Espinosa HD (2011) Failure mechanisms in composite panels subjected to underwater impulsive loads. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 59.8: 1623-1646
- Legendre D, Zenit R, Velez-Cordero R (2012) On the deformation of gas bubbles in liquids, *Physics of Fluids*, American Institute of Physics 24
- Mallock A (1910) The damping of sound by frothy liquids. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 84.572, 391-395, London
- Moore DW (1959) The rise of a gas bubble in a viscous liquid. *Journal of Fluid Mechanics*, 6.01:113-130
- Ramakrishnan S, Kumar R, Kuloor R (1969) Studies in bubble formation-I bubble formation under constant flow conditions, *Chemical Engineering Science*, 24.4:731-747
- Rustemeier J, Tanja G. and Raimund R. (2012) Underwater sound mitigation of bubble curtains with different bubble size distributions, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 17:1-10
- Saito T, Marumoto M, Yamashita H, Nakagawa A, Hirano T, Takayama K (2003) Experimental and numerical studies of underwater shock wave attenuation. *Shock Waves* 13.2:139-148
- Satyanarayan A, Kumar R, Kuloor N.R. (1969) Studies in bubble formation -II bubble formation under constant pressure conditions. *Chemical Engineering Science* 24.4:749-761
- Slabbekoorn H, Bouton N, Opzeeland I, Coers A, Cate C, Popper AN (2010) A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology & Evolution* 25.7: 419-427
- Tan MJ, Bankoff SG (1984) Strong shock waves propagating through a bubbly mixture. *Experiments in fluids* 2(3): 159-165
- Xie S, Reginald BH Tan (2003) Bubble formation at multiple orifices - Bubbling synchronicity and frequency. *Chemical Engineering Science* 58.20:4639-4647

BLINDAJE SUPLIMENTARE PENTRU AUTOVEHICULE MILITARE

ADDITIONAL ARMOR FOR MILITARY VEHICLES

Lt.dr.ing. Ioana BUGEAN

Fiz.dr. Simona SANDU

Plt. Adrian BUGEAN

Ing. Christian POPESCU

Agencia de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

Centrul de Cercetare Științifică pentru Apărare CBRN și Ecologie

Cdor. ing. Aurel GHERGHINA, Statul Major al Apărării

Lieutenant Eng. Ioana BUGEAN PhD

Physicist Simona SANDU PhD

Warrant officer Adrian BUGEAN

Engineer Christian POPESCU

Military Equipment and Technologies Research Agency

Center for C.B.R.N. Defense and Ecology Scientific Research

Commander eng. Aurel GHERGHINA PhD

Defence Staff

1. Introducere

Capacitatea de supraviețuire reprezintă un concept larg ce cuprinde caracteristicile autovehiculelor militare care permit protejarea integrității fizice a membrilor echipajului și menținerea capacității tehnice a autovehiculului de a îndeplini misiunile alocate.

Datorită importanței asigurării capacității în luptă al autovehiculului militar pe șenile, realizată prin putere de foc și mobilitate, rezultă că acestea pot fi puse în operă numai prin păstrarea integrității funcționale a autovehiculului și a integrității fizice a echipajului. Aceste obiective dificile nu se pot realiza exclusiv prin utilizarea unui singur sistem funcțional, ci impune realizarea unor sisteme specializate în combaterea

1. Introduction

Survivability is a broad concept that includes the characteristics of military vehicles that allow the protection of physical integrity of the crewmembers and maintain the technical capability of the vehicle to perform assigned tasks.

Due to the importance of ensuring the combat capability of the tracked military vehicle, achieved through the power of fire and mobility, that these can be used into operation only by preserving the functional integrity of the vehicle and the physical integrity of the crew. These difficult objectives cannot be achieved solely by using a single functional system but requires the development of specialized systems to combat those threats to the functional

Abstract:

De-a lungul timpului, soluțiile de construcție pentru blindajele autovehiculelor militare au variat în funcție de misiunile la care participau acestea. Nivelul tehnologic de producție al blindajelor progresează odată cu diversificarea metodelor de combinare a noilor materiale.

Cercetările experimentale vor pune în evidență capacitatea acestor materiale ce sporesc nivelul de protecție al blindajului utilizat pentru fabricarea autovehiculelor militare.

Rezultatele finale vor prezenta caracteristicile de performanță ale diferitelor variante de blindaje suplimentare, și vor propune soluții pentru îmbunătățirea capacității de protecție a blindajului utilizat în prezent pentru autovehicule militare (blindate).

Abstract:

Over the time, the construction solutions for the armor of military vehicles varied according to the missions they participated in. The technological level of production of the armor progresses with the diversification of the methods of combining new materials.

Experimental research will highlight the capacity of these materials to enhance the level of armor protection used in military vehicle manufacturing.

The final results will show the performance characteristics of the different armor variants, and will propose some solutions to improve armor protection currently used for military armored vehicles.

acelor amenințări la integritatea funcțională a autovehiculului și la integritatea fizică a personalului.

Odată cu apariția tancurilor, a devenit evidentă capacitatea acestora de a realiza efecte notabile în economia luptei. Primele mijloace de combatere a tancurilor au fost tunurile de câmp prin efectuarea tragerilor directe. Din punct de vedere structural, această soluție a impus deplasarea bateriilor de artilerie în primul eșalon al apărării, precum și instruirea adecvată a servanților. Acestea au reprezentat soluții nemateriale la rezolvarea amenințării create de tanc.

Tipuri de amenințări la adresa tancurilor:

- tunuri montate pe tanc cu capacitatea de a efectua trageri cu muniții perforante;
- armament portativ pentru lansarea rachetelor cu efect cumulativ;
- lansatoare de rachete dirijate de calibru mare, dispuse pe autovehicule ușoare sau pe elicoptere;
- tunuri dispuse pe elicoptere și avioane de sprijin nemijlocit.

Proiectilele antitanc contemporane pot fi grupate în două mari categorii în funcție de mecanismul de penetrare a blindajului:

- proiectile cinetice;
- proiectile cu efect cumulativ.

Alături de proiectilele de calibru 100-125 mm tip APFSDS, trase de tunurile tancurilor și de încărcăturile cumulative, există o paletă largă de amenințări la adresa autovehiculelor militare, după cum urmează:

- gloanțe trase de mitraliere și tunuri de aviație cu calibru de

integrității a integritatea funcțională a autovehiculului și la integritatea fizică a personalului.

With the emergence of tanks, their ability to achieve remarkable effects in the struggle economy became obvious. The first means of fighting tanks were field guns by direct firing. From a structural point of view, this solution required the displacement of artillery batteries in the first echelon of the defense, as well as the proper training of the servants. These were non-material solutions to solving the threat created by the tank.

Types of threats to tanks:

- cannons mounted on the tank with the ability to shoot with perforating ammunitions;
- portable rocket launcher with cumulative effect;
- large-caliber rocket launchers mounted on light vehicles or helicopters;
- cannons disposed on helicopters and direct support airplanes.

Contemporary anti-tank projectiles can be grouped into two broad categories depending on the armor penetration mechanism:

- kinetic projectiles;
- projectiles with cumulative effect.

Alongside APFSDS-type rockets projected by tank guns and cumulative loads, there is a wide range of threats to military vehicles, as follows:

- bullets drawn by machine guns and aviation guns with a caliber of up to 30 mm;
- explosive anti-tank projectiles with 60-125 mm gauges;

până la 30 mm;

- proiectile antitanc explozive cu calibre de 60-125 mm;
- proiectile antitanc perforante cu calibre de 60-125 mm;
- proiectile antitanc cu jet cumulativ cu calibre de 60-125 mm;
- rachete antitanc dirijate cu calibre de până la 154 mm;
- mine antitanc (de presiune, de proximitate, cu declanșare comandată, etc.);
- subproiectile și fragmente ale bombelor de atac vertical.

Principalii parametri folosiți în criteriile decisive de evaluare a echipamentelor de protecție colectivă sunt:

- masă;
- materiale utilizate în realizarea blindajului, corelate cu costurile impuse;
- rezistență la impact conform STANAG 4569;
- protecția antimină conform AEP-55 vol.2

2. Stadiul actual

De-a lungul timpului, soluțiile de construcție pentru blindajele autovehiculelor militare pe șenile au variat în funcție de misiunile la care participau acestea. Nivelul tehnologic de producție al blindajelor progresează odată cu diversificarea metodelor de combinare a noilor materiale, astfel prin propunerea unor soluții pentru îmbunătățirea capacității de protecție a blindajului utilizat în prezent pentru MLI 84 și tancul TR-85 M1, vor putea fi minimizate problemele pe care le întâmpină acestea pe câmpul de luptă.

Stadiul actual de protecție oferit de MLI 84, în momentul de față, este nivel 3 ,conform STANAG, pentru partea frontală, nivel 2 pentru părțile laterale și nivel 1 al plafonului. Nivelul de protecție al tancului TR-85 M1 este nivel 4 frontal și nivel 3 al blindajului lateral.

Prin propunerea unor soluții de blindaje suplimentare se pot soluționa problemele privind protecția antiglonț dar și antimină întâmpinate de autovehiculele pe șenile aflate în dotarea armatei române, în special MLI și tancul TR-85 M1. Aceste soluții vor putea fi utilizate funcție de tipul misiunii și vor fi realizate astfel încât să nu afecteze mobilitatea autovehiculului.

- perforating anti-tank projectiles with 60-125 mm gauges;
- cumulative jet anti-tank projectiles with 60-125 mm gauge;
- guided anti-tank missiles with a caliber of up to 154 mm;
- anti-tank mines (of pressure, of proximity, with commanded triggering, etc.);
- sub-projectiles and fragments of vertical attack bombs.

The main parameters used in the decisive criteria for the evaluation of collective protective equipment are:

- mass;
- materials used in the realization of the armor, correlated with the imposed costs;
- impact resistance according to STANAG 4569;
- antimine protection according to AEP-55 Vol.

2. The current state

Over the years, the construction solutions for armored military vehicles varied according to the missions they participated in. The technological level of production of the armor progresses with the diversification of the methods of combining new materials by proposing solutions for the improvement of the armor protection capacity, currently used for MLI 84 AFV and the TR-85 M1 tank, will minimize the problems they encounter on the battlefield.

The current state of protection offered by MLI 84 AFV is currently level 3 according to STANAG for the front, level 2 for the sides and level 1 of the roof. The level of protection of the TR-85 M1 tank is level 4 for the front and level 3 of the side armor.

By proposing additional armor solutions, the problems regarding the anti-bullet and anti-mine protection encountered by the tracked military vehicle on the Romanian army, especially the MLI and the TR-85 M1 tank, can be solved. These solutions will be usable according to the type of mission and will be designed in such a way that they do not affect the mobility of the vehicle.

Blindajul care se află în momentul de față pe MLI 84 și tancul TR-85 M1 aflat în înzestrare îndeplinește cerințele de performanță specificate în Tabelul 2.1. De asemenea, sunt prezentate propuneri pentru nivelurile de protecție ale celor două mașini de luptă, având în vedere nivelurile asigurate de produse similare dezvoltate la nivel internațional.

The current armor on the MLI 84 AFV and on the TR-85 M1 tank, meets the performance requirements specified in the Table 2.1. Also, proposals are presented for the levels of protection of the two combat machines, given the levels provided by similar products developed internationally.

Tabel 2.1. Nivelul de protecție balistică pentru MLI-84 și TR-85 M1.

NNr. cert.	Tip de mașină de luptă blindată	Zona protejată a autovehiculului	Valoare nivel STANAG 4569/ AEP-55	
			Existență	Propusă
11	MLI 84	blindajul frontal	Nivel 3 (antiglont)	Nivel 4 (antiglont)
		blindaj lateral	Nivel 2 (antiglont)	Nivel 4 (antiglont)
		blindajul plafonului	Nivel 1 (antiglont)	Nivel 3 (antiglont)
		blindajul din partea inferioară	-	Nivel 1 (antimină)
22 6	Tancul TR-85 M1	blindajul frontal	Nivel 4 (antiglont)	Nivel 5 (antiglont)
		blindaj lateral	Nivel 3 (antiglont)	Nivel 4 (antiglont)

Table 2.1. Level of ballistic protection for MLI-84 and TR-85 M1.

NNr. cert.	Armored fighting machine type	Protected area of the vehicle	Value level of STANAG 4569/ AEP-55	
			Existență	Propusă
11	MLI 84	Front armor	Level 3 (bulletproof)	Level 4 (bulletproof)
		Side armor	Level 2 (bulletproof)	Level 4 (bulletproof)
		Ceiling armor	Level 1 (bulletproof)	Level 3 (bulletproof)
		Underside armor	-	Level 1 (antimine)
22	TR-85 M1	Front armor	Level 4 (bulletproof)	Level 5 (bulletproof)
		Side armor	Level 3 (bulletproof)	Level 4 (bulletproof)

Blindajul existent pe MLI 84 are următoarele caracteristici:

- blindajul frontal din tablă de oțel cu grosimea de 20 mm (încalinare 60° NATO) nivel 3 STANAG 4569
- blindaj lateral din tablă de oțel cu grosimea de 13 mm nivel 2 STANAG 4569
- blindajul plafonului din tablă cu grosimea de 6 mm nivel 1 STANAG 4569
- blindajul din partea inferioară din tablă 4-5 mm.

The existing armor on MLI 84 AFV has the following features:

- front armor, 20 mm thick steel sheet (60° NATO inclination) level 3 STANAG 4569
- side armor, 13 mm thick steel sheet level 2 STANAG 4569
- ceiling armor, 6 mm thick sheet level 1 STANAG 4569
- underside armor, 4-5 mm thick sheet

Blindajul existent pe Tancul TR-85 M1 are următoarele caracteristici:

- blindajul frontal din tablă de oțel cu grosimea de 80 mm + placă suplimentară 100 mm nivel 4 STANAG 4569

- blindaj lateral din tablă de oțel cu grosimea de 80-100 mm nivel 3 STANAG 4569

Blindajele metalice, utilizate pentru protecția antiglonț și antimină, au constituit, mult timp, cea mai exploatată clasă de materiale pentru blindaje și este, încă, soluția cea mai răspândită pentru protecția balistică în zilele noastre. Deși materialele pentru blindaje metalice sunt de înaltă calitate, ca rezultat al unei munci intense de cercetare și experimentare, au apărut sisteme de blindaje noi și inovative având la bază diverse tipuri de ceramică, în diverse combinații, cu rolul de a îmbunătăți protecția balistică, reducând în același timp masa totală.

Evaluarea performanțelor balistice asigurate de către aceste blindaje au fost evaluate prin analiza comparativă a următorilor parametri:

- masă;
- materiale utilizate în realizarea blindajului, corelate cu costurile impuse;
- rezistență la impact conform STANAG 4569;
- protecția antimină STANAG 4569.

În cadrul structurii autovehiculelor blindate, principalele elemente componente ale MLI 84 și ale Tancului TR-85 M1 sunt:

- Blindaj frontal;
- Blindaj lateral;
- Blindajul plafonului;
- Blindajul turelei;
- Blindajul din partea inferioară a autovehiculului blindat.

În urma analizei comparative, făcută pentru diversele tipuri de blindaje, variantele de realizare, propuse pentru blindajul suplimentar la MLI 84 și tancul TR-85 M1, vor fi de tip blindaj compozit, deoarece s-a observat ca această variantă de blindaj este cea mai performantă, comparativ cu celelalte soluții.

Pentru a ne putea alinia la tendințele actuale de modernizare a blindajului pentru protecție antiglonț, s-au ales pentru testare următoarele variante prezentate în Tabelul 2.2.

The existing armor on the TR-85 M1 tank has the following features:

- front armor, 80 mm thick steel sheet + 100 mm additional plate level 4 STANAG 4569

- side armor, 80-100 mm thick steel sheet level 3 STANAG 4569

The metal armor used for bulletproof and anti-mine protection has long been the most exploited armor material class and is still the most widespread solution for today's ballistic protection. Although the materials for the metal armor are high quality, as a result of hard work of research and experimentation, new and innovative armor systems have been developed based on various types of ceramics, in various combinations, designed to improve ballistic protection, reducing at the same time the total mass.

The evaluation of the ballistic performances provided by these armor was done using the comparative analysis of the following parameters:

- mass;
- materials used in the realization of the armor, correlated with the imposed costs;
- impact resistance according to STANAG 4569;
- antimine protection according to STANAG 4569.

Within the structure of armored vehicles, the main components of MLI 84 AFV and TR-85 M1 tank are:

- Front armor;
- Side armor;
- Ceiling armor;
- Turret armor;
- Underside armor.

After the comparative analysis, made for the different types of armor, the design options proposed for the additional armor of the MLI 84 AFV and TR-85 M1 tank will be of composite armor type, noticing that this armor variant it has the best performance compared to other solutions

In order to be able to comply with the current modernization trends for the bulletproof armor, we have chosen to test the following variants presented in Table 2.2.

Tabel 2.2. Variante de testare

Varianta	Masa (kg)	Dimensiuni (mmxmm)	Grosime strat ceramic (mm)	Grosime totală placă (mm)	Structura
Blindaj oțel simplu	-	500x500	-	21	Tablă ARMOR X 500 fața de expunere + 5 mm + 8 mm + 8 mm
I	42,72	500x500	14	32	Ceramică 14 mm + oțel 5 mm + oțel 8 mm + Spalliner 20 mm
II	23,62	400x400	16	39	Ceramică 16 mm + oțel 8 mm + Dyneema 15 mm
III	-	500x500	48	16	Tablă oțel manganos de 8 mm + fibră de sticlă cu cauciuc siliconic + ceramică 24 mm + fibră de sticlă cu cauciuc siliconic + ceramică 24 mm + fibră de sticlă cu cauciuc siliconic + tablă oțel manganos de 8 mm

Table 2.2. Test variants

Version	Weight (kg)	Dimension (mm)	Ceramic layer thickness (mm)	Total plate thickness (mm)	Structure
Simple steel armor	-	500 x 500	-	21	ARMOR X 500 sheet exposure face + 5 mm + 8 mm + 8 mm
I	42,72	500 x 500	14	32	14 mm ceramic + 5 mm steel + 8 mm steel + 20 mm Spalliner
II	23,62	400 x 400	16	39	16 mm ceramic + 8 mm steel + 15 mm Dyneema
III	-	500 x 500	48	16	8 mm manganese steel sheet+ glass fiber with silicone rubber + 24 mm ceramic + glass fiber with silicone rubber + 24 mm ceramic + glass fiber with silicone rubber + 8 mm manganese steel sheet

În urma testării variantelor de blindaj suplimentar propuse, se trag următoarele concluzii:

- având în vedere rezultatele obținute pentru variantele de blindaj suplimentar propuse (varianta I și II), structurile compozite pe bază de ceramică, realizate și testate, îndeplinesc cerințe de performanță superioare, asigurând un nivel de protecție superior față de varianta care există în momentul de față pe MLI 84, aflat în dotarea armatei române.

Following testing of the proposed additional armor variants, the following conclusions are drawn:

- having regard to the results obtained for the proposed additional armor variants (versions I and II), the composite ceramic structures, made and tested, meet higher performance requirements, providing a higher level of protection than the currently available variant on the MLI 84 AFV.

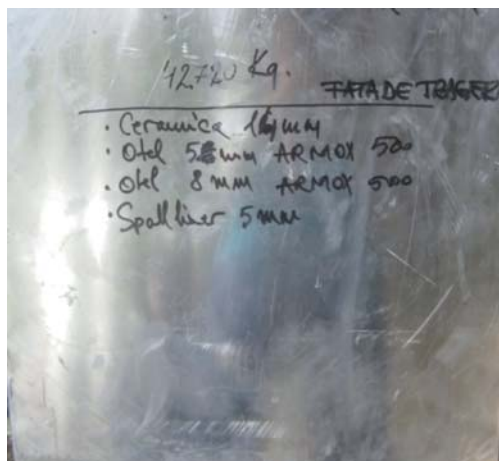


Fig. 2.1. Varianta II propusă pentru blindajul suplimentar la MLI 84/

Fig. 2.1. Version II of the proposed additional armor for MLI 84

- rezultatele obținute pentru varianta de blindaj suplimentar propusă pentru tancul TR-85 M1, blindaj multistrat realizat și testat în cadrul studiului, îndeplinește cerințele de performanță impuse nivelului 5 STANAG 4569, asigurând protecție la impactul cu proiectilele perforante de mare viteză.

Analiza comparativă a variantelor de realizare s-a făcut având la bază performanțele blindajelor aflate în prezent pe tancul TR-85 M1 și MLI 84. Dintre acestea, a fost aleasă ca soluție de referință, performanța blindajului de pe Puma PSM (pe plan extern) și performanțele blindajului de pe MLI 84 (pe plan intern).

- the results obtained for the proposed additional armor version for TR-85 M1 tank, multilayer armor made and tested in the study, meets the performance requirements imposed on STANAG 4569 level 5, providing impact protection with high-speed perforation projectiles.

The comparative analysis of the variants has been made based on the performance of the currently available armor in the TR-85 M1 tank and MLI 84 AFV. Among them, the Puma PSM armor performance (externally) and the performance of the armor from MLI 84 AFV (internally).



Fig. 2.2. Varianta III propusă pentru blindajul suplimentar la tancul TR-85 M1/

Fig. 2.2. Version III of the proposed for additional armor for TR-85 M1 tank

Luând în considerare caracteristicile prezentate, a fost propusă, ca variantă optimă, blindajul suplimentar varianta II (ceramica 16 mm+ tablă blindaj 8 mm+ pachet Dynena 15 mm) pentru MLI 84.

Varianta III de blindaj suplimentar, fiind singura variantă realizată și testată este propusă ca blindaj suplimentar pentru tancul TR-85 M1.

Considering the characteristics presented, it was proposed, as the optimal variant, the additional armor version II (16 mm ceramic + 8 mm armor sheet + 15 mm Dynena package) for MLI 84.

The additional armored version III, the only variant made and tested, is proposed as additional armor for the TR-85 M1 tank.

1. Concluzii

În urma studiului tehnic privind creșterea protecției, prin blindaj la MLI 84 și tancul TR-85 M1-prin propunerea unor variante de blindaj suplimentar, se pot trage următoarele concluzii:

- se pune accent pe utilizarea blindajelor suplimentare modulare care asigură diferite nivele de protecție în funcție de tipul misiunii și tipul de amenințări;

- în comparație cu blindajele oferite de șenilate pe plan internațional, variantele propuse ca soluții tehnice asigură un nivel de protecție inferior, dar comparativ cu protecția oferită în momentul de față de MLI 84 și tancul TR-85 M1 este sesizabil îmbunătățită;

În proiectarea blindajului suplimentar trebuie să se ia în considerare stabilirea dimensiunilor de gabarit, care este o etapa esențială, acestea fiind în concordanță cu misiunile specifice și cu cerințele de bază impuse de criteriile funcționale.

În urma analizei efectuate asupra variantelor de realizare propuse, rezultă că varianta de realizare recomandată a blindajului suplimentar este varianta II, variantă ce poate fi propusă a fi studiată și dezvoltată în continuare prin realizarea modelului experimental pentru MLI 84. Acest tip de blindaj suplimentar poate oferi un nivel de protecție superior în comparație cu protecția oferită în momentul de față.

Pentru tancul TR-85 M1 se propune ca și variantă de blindaj suplimentar varianta a III-a, care asigură un nivel de protecție superior în comparație cu protecția oferită la stadiul actual.

Bibliografie/References:

- [1] STANAG 4569 - Procedure for evaluating the protection levels of logistic and light armoured vehicles for ke and artillery threats;
- [2] AEP-55 Volume 1 Procedures for evaluating the protection levels of armoured vehicles- Kinetic energy and artillery threat;
- [3] AEP-55 Volume 2 Procedures for evaluating the protection levels of armoured vehicles- Mine threat;
- [4] AEP-55 Volume 3 Procedures for evaluating the protection levels of armoured vehicles- IED threat;
- [5] Wilbeck Christopher W., SLEDGEHAMMERS - Strengths and Flaws of Tiger Tank Battalions in World War II; The Aberjona Press, 2004; ISBN 0-9717650-2-2;
- [6] Lynch, N.J., Mills, J.T., A Comparison of Some Analytical and Empirical Models for Kinetic Penetration of Semi-infinite and Finite Thickness Steel Targets, 22nd International Symposium on Ballistics, Vancouver, Canada, 14-18 November, 2005;
- [7] Plesanu T., Contributii la stabilirea unei metodologii de evaluare a performantelor autovehiculelor militare pe senile, Teza de doctorat, Academia Tehnica Militara, 2003
- [8] Sullivan, P. s.a.: A Methodology for Estimating Army Training and Testing Area Carrying Capacity (ATTACC)/ Vehicle Severity Factors and Local Condition Factors, June 2000

1. Conclusions

Following the technical study on increasing armor protection to MLI 84 AFV and TR-85 M1 tank by proposing additional armor variants, the following conclusions can be drawn:

- emphasis is placed on the use of additional modular armor that provide different levels of protection depending on the type of mission and the type of threat;

- compared to the offered armor of the tracked vehicles internationally, the variants proposed as technical solutions provide a lower level of protection, but compared with the protection currently offered by MLI 84 AFV and the TR-85 M1 tank is noticeably improved;

In the design of the additional armor, consideration should be given to determining the overall dimensions, which is an essential step, these being in accordance with the specific tasks and the basic requirements imposed by the functional criteria.

Following the analysis of the proposed variants, it appears that the recommended version of the additional armor is version II, a variant that can be proposed to be studied and further developed by the experimental model for MLI 84 AFV. This type of additional armor can provide a higher level of protection than the protection currently afforded.

For the TR-85 M1 tank, it is proposed as an additional variant of armor version III, which provides a higher level of protection compared to the protection offered at the present stage.

TESTAREA ÎN ZBOR A SISTEMULUI BRIGHTNITE CE ECHIPEAZĂ ELICOPTERUL IAR-330L SAR

FLIGHT TESTING BRIGHTNITE SYSTEM EQUIPPING IAR-330L SAR HELICOPTER

Lt. ing. Petruț MIRICĂ

Inginer Nicușor Cătălin STANCU

Inginer Matei POPA

Agencia de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

Centrul de Cercetări și Încercări în Zbor

Lt. Eng. Petruț MIRICĂ

Engineer Nicușor-Cătălin STANCU

Engineer Matei POPA

Military Equipment and Technologies Research Agency

In Flight Test Center

Introducere

Desfășurarea programului de testare în zbor a avut ca scop verificarea sistemului BrightNite (Fig.1) prin prisma evaluării îmbunătățirii pilotabilității elicopterului IAR-330L SAR în condiții DVE. Acesta este un sistem compus dintr-un senzor video sensibil la lumina vizibilă și infraroșu apropiat. Imaginile în domeniul vizibil și infraroșu apropiat sunt combinate (suprapuse) de un computer rezultând o imagine mult mai clară decât cea obținută de la senzorii de imagine obișnuiți.

Introduction

The flight test program was aimed at verifying the BrightNite system (Figure 1) in terms of assessing the IAR-330L SAR helicopter piloting improvement under DVE conditions. This is a system composed of a video sensor sensitive to visible light and near infrared. Close-up visible and near-infrared images are combined (superimposed) by a computer resulting in a much clearer picture than that obtained from ordinary image sensors.

Rezumat:

Evaluarea unei aeronave în scopul certificării noilor configurații de echipare reprezintă un element de bază pentru determinarea influențelor induse de prezența diferitelor tipuri de acroșaje sau utilizarea unor echipamente noi asupra caracteristicilor și calităților de zbor ale aeronavei. Lucrarea își propune să furnizeze principalele categorii de teste și metode utilizate în programul de testare pentru determinarea și evaluarea influențelor pe care o au aceste tipuri de acroșaje sau echipamente asupra principalelor performanțe și calități de zbor ale elicopterului IAR-330L SAR.

Abstract:

Evaluation for certification of new aircraft configurations equipment represents a basic element for determining the influences induced by the presence of different types of stores or by the use of new equipment on the flight characteristics and qualities of the aircraft. The paper aims to provide the main categories of tests and methods used in the test program to identify and evaluate the influences of using new equipment or the influence of these types of external storages have on key flying performances and qualities of IAR-330L SAR.



Fig. 1 Sistemul BrightNite/**Fig. 1** BrightNite System

Imaginea rezultată este afișată pe HMD. În același timp, un computer generează o imagine grid a reliefului terenului deasupra căruia se zboară care include și obstacole. Această imagine este de asemenea afișată pe HMD în același timp cu imaginea de la senzorul de imagine. În plus, noaptea se pot folosi ochelarii de vedere pe timp de noapte (NVG). Acest sistem cuprinde și un MFD prin care se poate controla sistemul și pe care se afișează imaginea de la EOP sau harta GPS.

Metoda de instrumentare

Sistemul de instrumentare utilizat pentru configurația specifică elicopterului IAR-330L SAR a constatat în montarea unui rack cu aparatură specializată în compartimentul cargo al elicopterului, care cuprinde un sistem de achiziție și înregistrare date tip ACRA KAM-500, utilizat pentru înregistrarea unor mărimi analogice, a unui canal (redundant) mux-bus 1553B și a șapte canale pe magistrala ARINC 429 și, în plus, pentru creșterea acurateței de măsurarea poziției 3D a elicopterului s-a montat un sistem GNSS-PPP de tip NovAtel PwrPak7-E1(SPAN). Etalonarea sistemului de achiziție s-a realizat pe baza fișelor de etalonare existente în cadrul CCIZ iar validarea parametrilor achiziționați s-a realizat prin executarea unui zbor în anvelopă.

Metode de prelucrare și analiză a datelor utilizate:

Prelucrarea și analiza datelor de interes aferente testelor efectuate pentru verificarea etalonării și funcționării sistemului de achiziție și înregistrare date de zbor presupus o comparație a datelor înregistrate din mai multe surse pentru aceeași mărime fizică, precum și verificarea funcționării tuturor parametrilor selecționați.

The resulting image is displayed on the HMD. At the same time, a computer generates a grid image of the terrain relief, including obstacles. This image is also displayed on the HMD at the same time as the image from the sensor image. In addition, night goggles can be used in night time (NVG). This system also includes a MFD that controls the system and displays the EOP image or GPS map.

Instrumentation method

The instrumentation system used for the IAR-330L SAR specific helicopter configuration consisted in the installation of a rack with specialized equipment in the helicopter cargo compartment, comprising an ACRA KAM-500 data acquisition and recording system used to record analogue signals, a redundant mux-bus 1553B and seven channels on the ARINC 429 bus and, in addition, a NovAtel PwrPak7-E1 (SPAN) GNSS-type system was installed to increase the accuracy of measuring the 3D helicopter position. Calibration of the acquisition system was performed on the basis of existing calibration data sheets in the RFTC and the validation of purchased parameters was done by performing a flight.

Data processing and analysis methods used:

Taking over and analyzing the data of interest for the tests performed to verify the calibration and operation of the flight data acquisition and recording system required a comparison of recorded data from multiple sources for the same physical size as well as the verification of the operation of all selected parameters.

Analiza performanțelor a fost efectuată pe baza următorilor indicatori:

- Valoarea minimă a setului de date ;
- Valoarea maximă a setului de date ;
- Valoarea medie a setului de date ;
- Deviația standard:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Desfășurarea încercării

Evaluarea s-a realizat pentru zborul la punct fix și viteză mică a elicopterului în configurația standard de echipare a elicopterului IAR-330L SAR (instrumentat) într-un mediu vizual degradat simulat.

Tipurile standard de manevre aeriene, stabilite conform procedurii de testare și având la bază standardul ADS-33E-PRF, au fost:

1. Repoziționarea longitudinală:

1.1 Obiective:

- Verificarea axei de tangaj și abaterile (devierile) după această axă, a calităților de pilotabilitate pe parcursul unei manevre cu agresivitate limitată.
- Verificarea cuplajelor nedorite dintre comanda după axa longitudinală și axa lateral direcțională.
- Verificarea concordanței dintre axa de tangaj și abaterile controlului după axa de tangaj.
- Verificarea capacității de restabilire a poziției stabilizate la punct fix după schimbarea poziției de echilibru.
- Verificarea capacității de a menține poziția precisă, cursul și altitudinea în condiții de mediu vizual degradat (sau simulat).

Performance analysis was performed on the basis of the following indicators:

- Minimum value of data set;
- Maximum value of data set;
- Average value of : data set;
- Standard deviation:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Running the test

Testing was performed for hover and flight at low-speed in the standard IAR-330L SAR helicopter configuration (instrumented) in a simulated visual degraded environment.

The standard types of air maneuvers, established according to the test procedure and based on the ADS-33E-PRF standard, were:

1. Longitudinal repositioning:

1.1 Objectives:

- Verification of the pitch axis deviations and pilotability qualities during a maneuver with limited aggressiveness.
- Checking for undesired couplings between the longitudinal axis and the directional axis.
- Checking the consistency between the pitch and the deviation of the pitch control.
- Verification of fixed position fixation capacity at fixed point after changing the equilibrium position.
- Verifying the ability to maintain accurate position, course and altitude under degraded (or simulated) visual conditions.

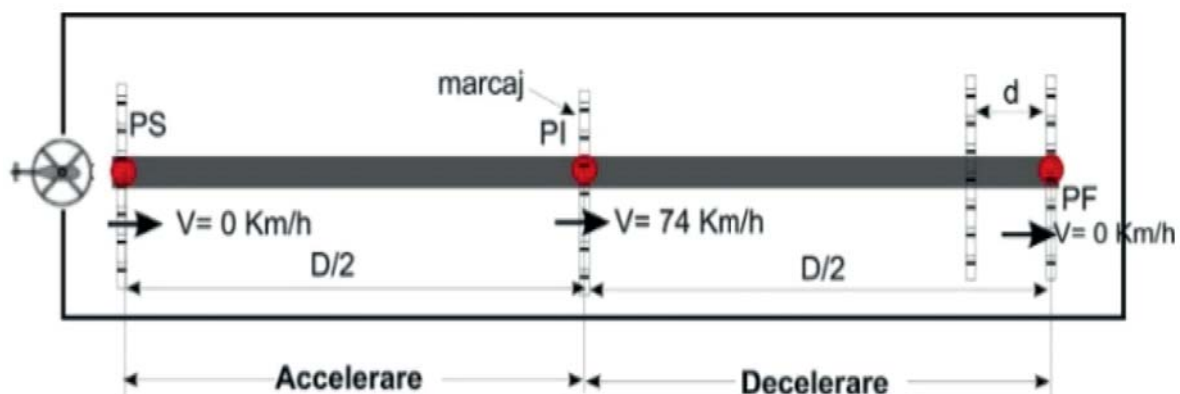


Fig. 2 Manevra de plecare/abandonare/ Fig. 2 Departure/abandon maneuver

1.2 Date obținute:

• Parametrii achiziționați în faza de accelerare a acestei probe sunt prezentați în Fig. 3:

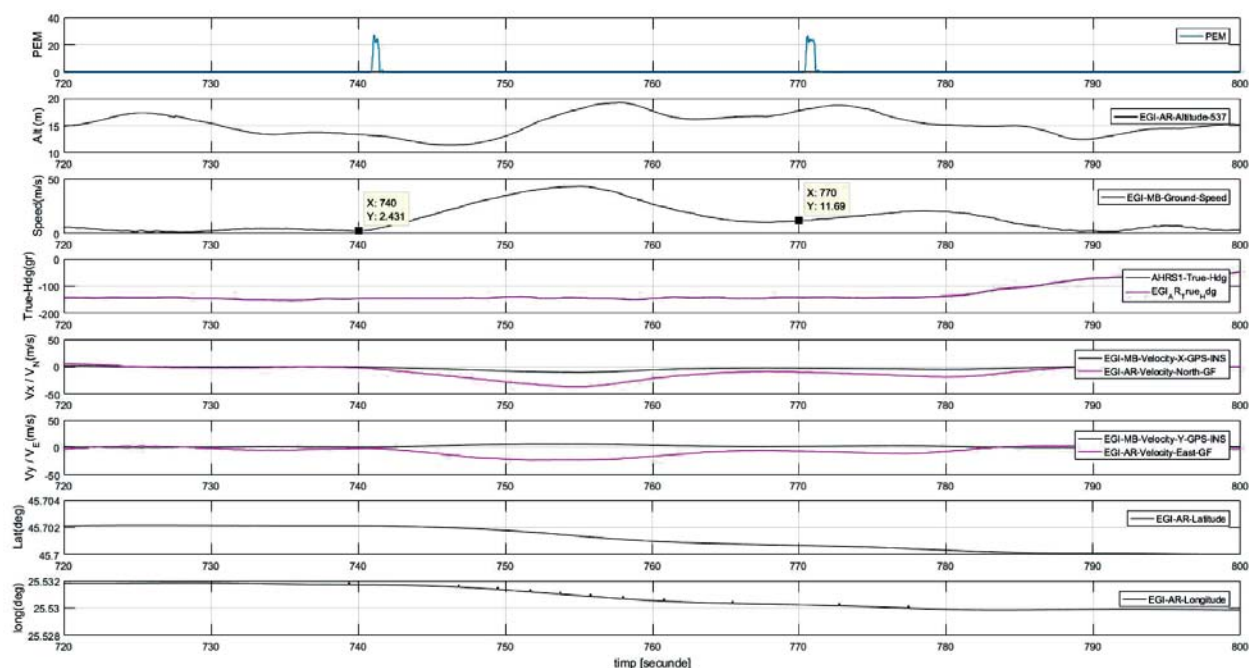


Fig. 3 Repoziționarea longitudinală - accelerare/**Fig. 3.** Longitudinal repositioning - acceleration

2. Repoziționare laterală:

2.1. Obiective:

- Verificarea axei de ruluu și abaterile (devierile) după această axă, a calitatilor de pilotabilitate pe parcursul unei manevre cu agresivitate limitată.
- Verificarea cuplajelor nedorite dintre comanda după axa ruluu și alte axe.
- Verificarea capacității de a menține poziția precisă, cursul și altitudinea în condiții de mediu vizual degradat (sau simulat).

2. Lateral reposition:

2.1. Objectives:

- Verifying deviations along roll axis and the pilotability qualities during a maneuver with limited aggressiveness.
- Check for unwanted couplings between the roll axis and other axis.
- Verifying the ability to maintain accurate position, course and altitude under degraded (or simulated) visual conditions.

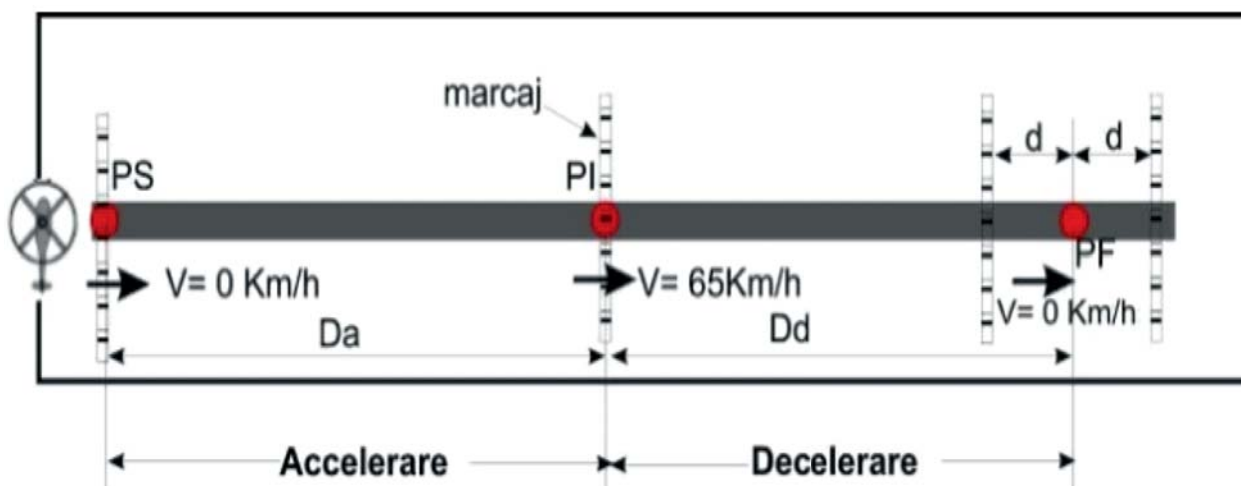


Fig. 4 Repoziționare laterală/**Fig. 4.** Lateral reposition

2.2.Date obținute:

• Parametrii achiziționați în faza de decelerare a acestei probe sunt prezentați în Fig. 5:

2.2.Obtained data:

• The parameters acquired in deceleration phase of this test are shown in Fig. 5:

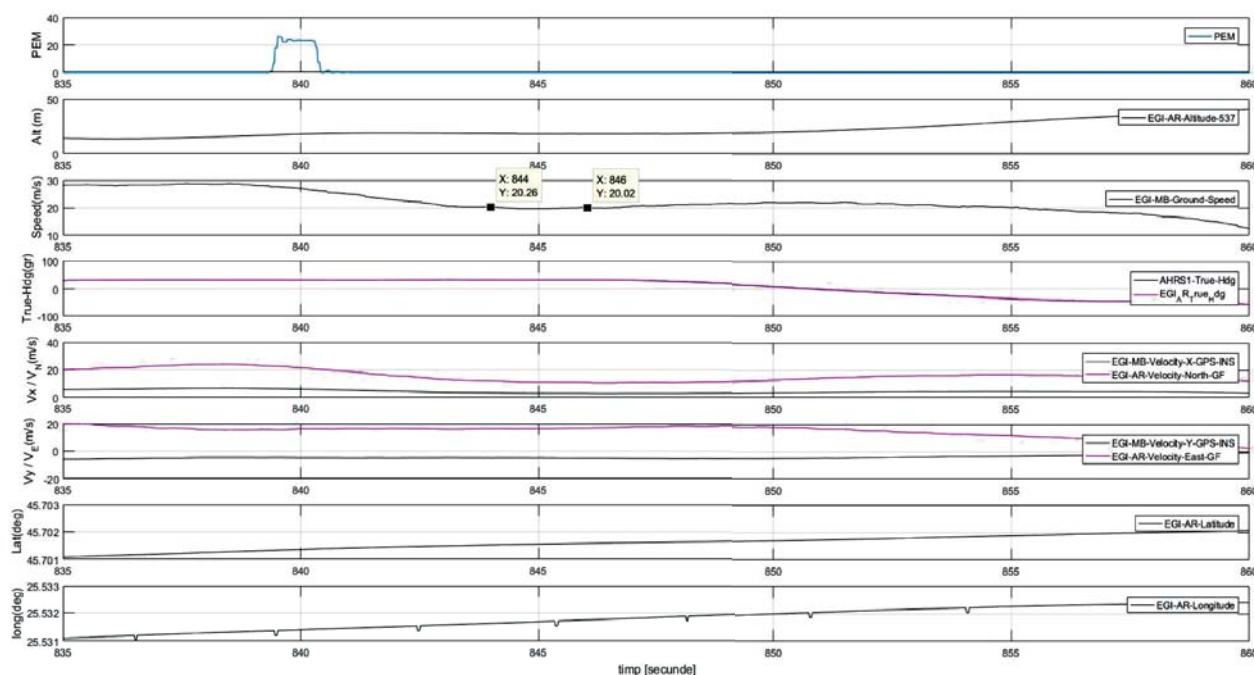


Fig. 5 Repoziționare laterală - decelerare/ Fig. 5. Lateral reposition - deceleration

3. Zbor la punct fix:

3.1. Objective:

• Verificarea capacității de tranziție de la zborul de translatare longitudinal la zborul la punct fix stabilizat de precizie, manevra executându-se cu o agresivitate rezonabilă.

• Verificarea capacității de a menține poziția precisă, cursul și altitudinea în condiții de mediu visual degradat (sau simulat)

1.1. Date obținute:

• Parametrii achiziționați în faza de tranziție de la zborul de translatare longitudinal la punct fix stabilizat sunt prezentați în Fig. 7:

3.2. Rezultate obținute

În urma executării zborurilor de încercare, parametrii necesari evaluării îmbunătățirii pilotabilității elicopterului IAR-330L SAR în condiții DVE au fost determinați prin prelucrarea datelor achiziționate în mediul de programare MATLAB. Aceștia sunt prezentați în tabelul nr.1. Prin compararea parametrilor obținuți cu cerințele din ADS-33E-PRF/31.03.2000, s-a demonstrat conformarea criteriilor de manevrabilitate ale elicopterului IAR-330L SAR echipat cu sistemul BrightNite la rigorile standardului mai sus menționat.

3. Hover:

3.1.Objectives:

• Checking the transition capability from the longitudinal translation flight to hover, maneuvering with reasonable aggressiveness

• Verifying the ability to maintain accurate position, course and altitude under degraded (or simulated) visual conditions.

1.1. Obtained data:

• The parameters acquired in transition phase from the longitudinal translation flight to hover are shown in Fig. 7:

3.2. Obtained results

Following the flight tests, the parameters needed to assess the IAR-330L SAR helicopter pilotability improvement in DVE conditions were determined by processing the data acquired in the MATLAB programming environment. These are presented in table no.1. By comparing the obtained parameters to the requirements of ADS-33E-PRF / 03.31.2000, it has been demonstrated compliance criteria for handling the IAR SAR-330L fitted with the BrightNite system, to the requirements mentioned above.

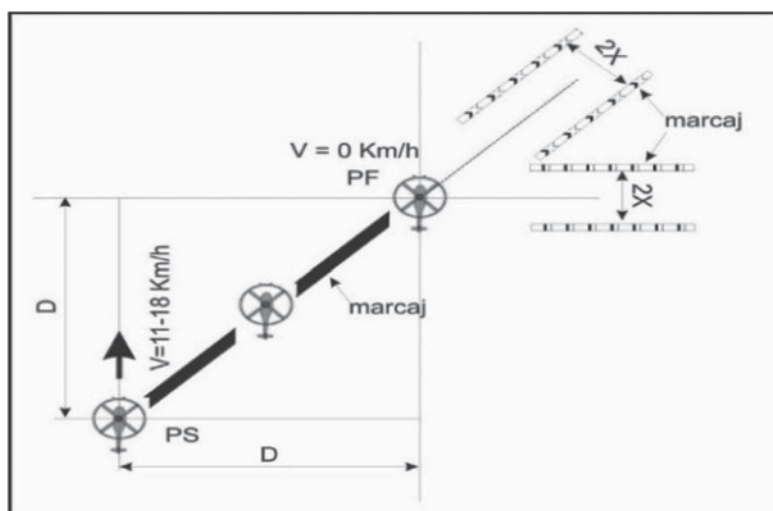


Fig. 6 Zbor la punct fix/ Fig. 6 Hover

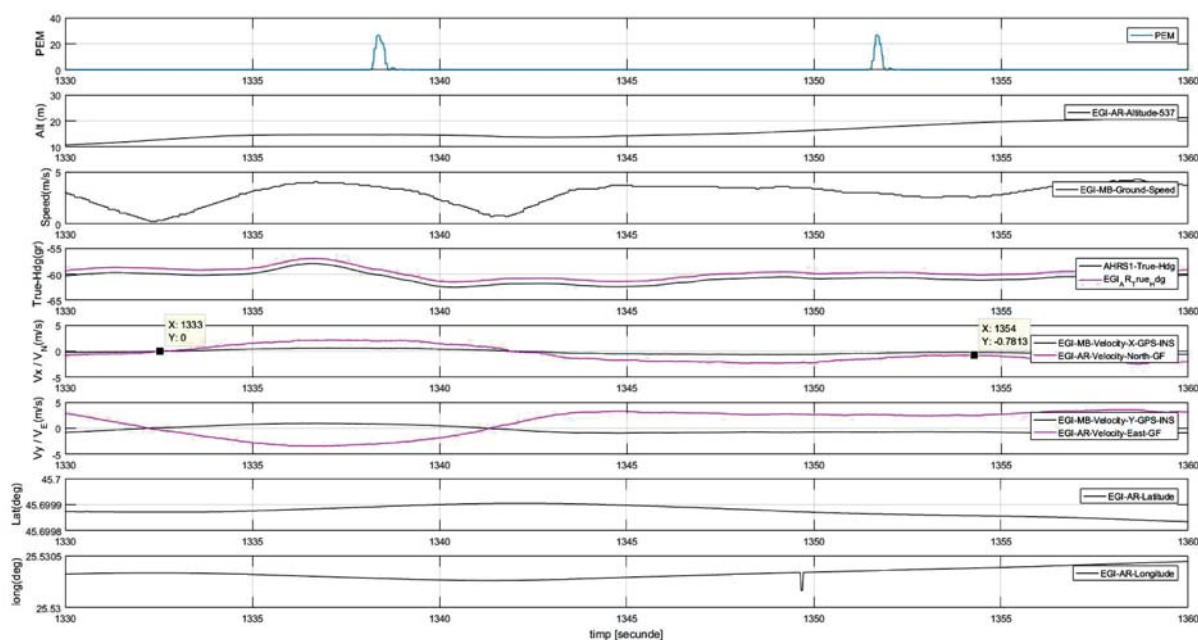


Fig. 7 Manevră punct fix/ Fig. 7 Hover maneuver

Manevra Parametri Faza 1: Accelerare		Repoziționare longitudinală		Repoziționare laterală		Zbor la punct fix		
		Faza 2: Decelerare	Faza 1: Accelerare	Faza 2: Decelerare	Faza 1: Tranziție	Faza 2: Punct fix	Faza 3: Punct fix	
Altitudine [m]	Medie	552.4532	554.224	554.1736	555.2139	547.422	553.9253	552.9304
	Minimă	548.4495	553.6311	550.6974	555.0789	545.7444	550.2021	552.4881
	Maximă	556.2219	555.1551	555.879	555.4599	549.0591	558.8508	553.3263
	Deviația standard	2.5206	0.5007	1.4374	0.1381	0.9541	2.7135	0.2385
Viteza [m/s]	Medie	23.2241	11.1097	24.9466	19.8849	2.2692	14.1088	5.2004
	Minimă	2.4308	10.3018	3.9355	19.6775	0.1158	1.6205	2.6623
	Maximă	43.1748	12.3853	38.7763	20.2563	3.4725	22.224	8.4498
	Deviația standard	12.5741	0.6166	9.5918	0.1967	0.8975	6.4496	1.7208

Manevra Parametri Faza 1: Accelerare		Repoziționare longitudinală		Repoziționare laterală		Zbor la punct fix		
		Faza 2: Decelerare	Faza 1: Accelerare	Faza 2: Decelerare	Faza 1: Tranziție	Faza 2: Punct fix	Faza 3: Punct fix	
Cap adevărat [grade]	Medie	-144.0372	-142.9318	30.6805	30.3552	-57.7446	-12.92	-23.4156
	Minimă	-149.8096	-146.3214	25.8563	30.2344	-63.8965	-25.5597	-25.5597
	Maximă	-138.4442	-141.6083	37.4304	30.4596	-52.6135	-6.1359	-19.7205
	Deviația standard	2.2118	1.478	2.3855	0.0626	3.6403	4.6654	1.608
Longitudine [grade]	Medie	25.5309	25.5303	25.5307	25.5317	25.5327	25.5308	25.5316
	Minimă	25.5302	25.5302	25.5298	25.5315	25.5327	25.53	25.5316
	Maximă	25.5317	25.5303	25.5317	25.5317	25.5327	25.5317	25.5317
	Deviația standard	0.0005	2.57E-05	0.0006	4.26E-05	8.67E-06	0.0006	2.57E-05
Latitudine [grade]	Medie	45.7014	45.7007	45.7007	45.7016	45.6969	45.7009	45.7017
	Minimă	45.7007	45.7007	45.7	45.7015	45.6968	45.7001	45.7016
	Maximă	45.7021	45.7008	45.7016	45.7016	45.6969	45.7017	45.7017
	Deviația standard	0.0005	2.70E-05	0.0005	1.65E-05	3.00E-05	0.0006	5.52E-06
Distanța dintre PS și PF [m]		199.9953	12.5307	227.2414	11.1439	9.5144	217.806	7.1605
Durata manevrei [s]		31	4	33	2	20	57	5
Deviație menținere altitudine [m]		2.5	0.5	1.4	0.14	0.9	2.7	0.23
Deviația menținere viteză [m/s]		12.6	0.6	9.6	0.2	0.9	6.4	1.7
Deviație menținere cap adevărat [gr]		2.2	1.4	2.4	0.06	3.6	4.6	1.6
Distanța Punct de Start la Punct Final [m]		200	12.5	227	11.14	9.1	217	7.16
Distanța față de axa x a aeronavei (toleranța) [m]		-	3.6	-	3.77	3.4	-	2.1

Tabel nr. 1 Rezultate zbor

Maneuver Parameters Phase 1: Acceleration		Longitudinal repositioning		Lateral reposition		Hover		
		Phase 2: Deceleration	Phase 1: Acceleration	Phase2: Deceleration	Phase 1: Transition	Phase2: Hover	Phase 3: Hover	
Altitude [m]	Med	552.4532	554.224	554.1736	555.2139	547.422	553.9253	552.9304
	Min	548.4495	553.6311	550.6974	555.0789	545.7444	550.2021	552.4881
	Max	556.2219	555.1551	555.879	555.4599	549.0591	558.8508	553.3263
	Standard deviation	2.5206	0.5007	1.4374	0.1381	0.9541	2.7135	0.2385

Maneuver Parameters Phase 1: Acceleration		Longitudinal repositioning		Lateral reposition		Hover		
		Phase 2: Deceleration	Phase 1: Acceleration	Phase2: Deceleration	Phase 1: <i>Transition</i>	Phase2: <i>Hover</i>	Phase 3: <i>Hover</i>	
Speed [m/s]	Med	23.2241	11.1097	24.9466	19.8849	2.2692	14.1088	5.2004
	Min	2.4308	10.3018	3.9355	19.6775	0.1158	1.6205	2.6623
	Max	43.1748	12.3853	38.7763	20.2563	3.4725	22.224	8.4498
	Standard deviation	12.5741	0.6166	9.5918	0.1967	0.8975	6.4496	1.7208
True HDG [deg]	Med	-144.0372	-142.9318	30.6805	30.3552	-57.7446	-12.92	-23.4156
	Min	-149.8096	-146.3214	25.8563	30.2344	-63.8965	-25.5597	-25.5597
	Max	-138.4442	-141.6083	37.4304	30.4596	-52.6135	-6.1359	-19.7205
	Standard deviation	2.2118	1.478	2.3855	0.0626	3.6403	4.6654	1.608
Longitude [deg]	Med	25.5309	25.5303	25.5307	25.5317	25.5327	25.5308	25.5316
	Min	25.5302	25.5302	25.5298	25.5315	25.5327	25.53	25.5316
	Max	25.5317	25.5303	25.5317	25.5317	25.5327	25.5317	25.5317
	Standard deviation	0.0005	2.57E-05	0.0006	4.26E-05	8.67E-06	0.0006	2.57E-05
Latitude [deg]	Med	45.7014	45.7007	45.7007	45.7016	45.6969	45.7009	45.7017
	Min	45.7007	45.7007	45.7	45.7015	45.6968	45.7001	45.7016
	Max	45.7021	45.7008	45.7016	45.7016	45.6969	45.7017	45.7017
	Standard deviation	0.0005	2.70E-05	0.0005	1.65E-05	3.00E-05	0.0006	5.52E-06
Distance between SP and FP [m]		199.9953	12.5307	227.2414	11.1439	9.5144	217.806	7.1605
Time of maneuver [s]		31	4	33	2	20	57	5
Menteining altitude deviation [m]		2.5	0.5	1.4	0.14	0.9	2.7	0.23
Menteining speed deviation [m/s]		12.6	0.6	9.6	0.2	0.9	6.4	1.7
Menteining True HDG deviation [deg]		2.2	1.4	2.4	0.06	3.6	4.6	1.6
Distance SP to FP [m]		200	12.5	227	11.14	9.1	217	7.16
Distance to x axis of the helicopter [m]		-	3.6	-	3.77	3.4	-	2.1

Table nr. 1 Results

Concluzii

Rezultatele obținute pe parcursul desfășurării activităților de testare au permis determinarea și evaluarea parametrilor de interes necesari îndeplinirii obiectivelor planificate și s-au utilizat în scopul evaluării elicopterului în conformitate cu cerințele calităților în standardul ADS-33E-PRF/31.03.2000.

Rezultatele obținute au permis, în aceeași măsură, o evaluare privind capacitatea elicopterului de a opera în condițiile unui mediu vizual degradat, fără a fi afectate siguranța și securitatea zborului, utilizând sistemul BrightNite.

Conclusions

The results obtained during the testing activities allowed to determine and evaluate the parameters of interest necessary for the fulfillment of the planned objectives and were used for the helicopter evaluation according to the quality requirements of the ADS-33E-PRF/31.03.2000 standard.

The results also allowed an assessment of the ability of the helicopter to operate in a degraded visual environment without affecting flight safety and security using the BrightNite system.

Abrevieri:

ADS-33E-PRF	Standard aeronautic privind specificațiile de performanță și cerințele de manevrabilitate pentru elicopterele militare
DVE	Mediu vizual degradat
GVE	Mediu vizual optim
PS	Punct start
PI	Punct intermediar
PF	Punct final
D	Distanță
V_g	Viteza față de sol
H_g	Altitudinea față de sol
HMD	Helmet Mounted Display
MFD	Multi-function Display
EOP	Electrono-Optic Podt
GPS	Global Positioning System

Abbreviation:

ADS-33E-PRF	Aeronautical Standard on Performance Specifications and Maneuverability Requirements for Military Helicopters
DVE	Visually degraded environment
GVE	Optimal visual environment
PS	Start Point
PI	Intermediate point
PF	Final Point
D	Distance
V_g	Ground speed
H_g	Altitude
HMD	Helmet Mounted Display
MFD	Multi-function Display
EOP	Electrono-Optic Podt
GPS	Global Positioning System

Bibliografie/Bibliography

1. USNTPS-FTM-No. 108, 1992, Flight test manual rotary wing performance;
2. ANTONIO FILIPPONE, Flight Performance of Fixed and Rotary Wing Aircraft, published by Elsevier Ltd. 2006;
3. IAR BRASOV, Manual de zbor IAR 330 PUMA NAVAL;
4. GARETH D. PADFIELD, The theory and application of Flying qualities and simulation modelling – Second Edition, Blackwell Publishing 2007;
5. USNTPS-FTM-No. 107, Rotary wing stability and control -1995;
6. AERONAUTICAL DESIGN STANDARD – ADS-33E-PRF, Performance specification- Handling qualities requirements for military rotocraft –martie 2000;
7. AGARD-LS-209 – Helicopter/Weapon System Integration

CERCETĂRI PRIVIND AMPRENTA HIDROACUSTICĂ A NAVELOR

RESEARCH ON THE HYDROACOUSTIC SIGNATURES OF SURFACE SHIPS

Abstract:

Înregistrările sau analizele amprentelor acustice ale navelor de suprafață care pot constitui potențiale amenințări (precum ambarcațiuni rapide deghezate în nave de agrement sau pescuit) la adresa obiectivelor aparținând infrastructurii critice aflate în proximitatea litoralului românesc al Mării Negre prezintă un interes deosebit. Ținându-se cont de prevederile Codului Internațional pentru Securitatea Navelor și a Facilităților Portuare - ISPS, adoptat de Organizația Maritimă Internațională - IMO, în cadrul Centrului de Cercetare Științifică pentru Forțele Navale a fost realizat un subsistem hidroacustic de determinare a amprentelor navelor de suprafață. Lucrarea prezintă o parte din rezultatele obținute pe parcursul stabilirii cerințelor și configurației acestui subsistem.

Cpt. ing. drd. **Roxana-Gabriela DAMIAN**

Cdor.ing. **Cătălin FRĂȚILĂ**

Cpt.cdor.ing. **Valerică ROȘCA**

Dr.mat. **Elena-Gabriela CURCĂ**

Agencia de Cercetare pentru Tehnică și Tehnologii Militare

Centrul de Cercetare Științifică pentru Forțele Navale

Cdor. dr. ing. **Aurel GHERGHINA, Statul Major al Apărării**

Captain eng. **Roxana-Gabriela DAMIAN, Phd student**

Captain(N) eng. **Cătălin FRĂȚILĂ**

Commander eng. **Valerică ROȘCA**

Mat. **Elena-Gabriela CURCĂ, PhD**

Military Equipment and Technologies Research Agency

Commander eng. **Aurel GHERGHINA PhD Defence Staff**

1. Introducere

Din punct de vedere acustic, o navă reprezintă o sursă radiantă cu un spectru de bandă larg și cu o serie întreagă de componente discrete, determinate de funcționarea diferitelor echipamente și mecanisme de la bord. Analiza zgomotelor și vibrațiilor la nave prezintă anumite particularități legate de modul de exploatare specific, cum ar fi spațiul restrâns, densitatea mare de mecanisme și echipamente de la bord, amplasarea acestora pe lungimea navei etc. Studiul zgomotului subacvatic prezintă interes de peste 65 de ani. Primele lucrări, în care este analizat zgomotul subacvatic produs de nave au fost publicate de Knudsen et al. în 1948 și G. Wenz în 1962.

1. Introduction

From the acoustic point of view, a ship is a radiant source with a broadband spectrum and a whole range of discrete components, determined by the operation of various on-board equipment and mechanisms. Shipborne noise and vibration analysis have specific features related to specific operation mode, such as limited space, high density of on-board mechanisms and equipment, their location along the ship's length, etc. The study of underwater noise has been of interest for over 65 years. Knudsen et al. in 1948 and G. Wenz published the first papers, which analyse the underwater noise produced by ships, in 1962.

2. Cadrul general în măsurarea și modelarea zgomotului marin

Bruiajul acustic datorat zgomotului propriu navei, zgomotului mecanismelor și mașinilor navale, zgomotului curgerii turbulente și celui dat de valul de prova, sosește la antenele hidroacustice ale unui sistem hidroacustic cu antene montate la bord pe diferite căi. În Fig. 1 sunt reprezentate traiectoriile urmate de zgomotele provenite din diferite surse până la antenna unui sistem hidroacustic (dispusă pe o navă de suprafață).

2. General framework for measuring and modeling marine noise

The acoustic jamming due to the ship's own noise, the noise of the naval machinery, the noise of turbulent flow and that given by the wave of the bow, arrives on different paths at the hydro-acoustic antennas of a hydro-acoustic system with antennas mounted on board. Fig. 1 shows the noise trajectories from different sources to the antenna of a hydro-acoustic system (disposed on a surface vessel).

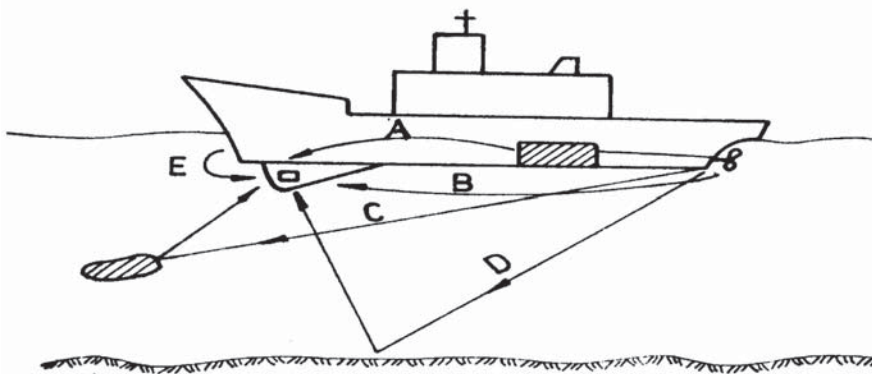


Fig. 1- Traiectoriile urmate de zgomotele provenite din diferite surse până la antenna unui sistem hidroacustic/ Fig. 1 shows the noise trajectories from different sources to the antenna of a hydro-acoustic system (disposed on a surface vessel) *dispusă pe o navă de suprafață*/ Fig. 1- The noise trajectories from different sources to the antenna of a hydro-acoustic system (disposed on a surface vessel).

Traectoria A reprezintă calea aflată în întregime în corp, cale pe care vibrațiile produse de mașini, mecanisme și de axul principal, ajung în zona de amplasare a antenei hidroacustice din prova navei. Aceste vibrații sunt emise de corpul navei sau determină vibrația elementelor de fixare a antenei hidroacustice și a pereților carcasei hidrodinamice.

Trajectory A is the path that is entirely within the body, a path that machine vibrations, mechanisms, and the main shaft reach into the hydro acoustic antenna located on the ship's bow. These vibrations are emitted by the ship's body or cause vibration to the hydro acoustic antenna fasteners and hydrodynamic housing walls.

Abstract:

The recordings or analyses of acoustic signatures of surface ships that can become potential threats (such as: fast boats disguised as leisure or fishing boats) towards objectives that are part of critical infrastructure sited in proximity of the Romanian Black Sea Littoral are of a particular interest. Considering the provisions of the International Ship and Port Facility Security Code - ISPS, adopted by the International Maritime Organization, the Research Center for Navy has developed a hydro-acoustic subsystem for determining the signatures of surface ships. This paper presents a part of the results obtained during the definition of requirements and configuration of this subsystem.

Traectoria B este dispusă în întregime prin apă și pe ea se propagă zgomotele produse de elicile navei spre antena hidroacustică.

Traectoria C reprezintă calea de trecere spre antena hidroacustică a zgomotului elicelor prin reflexie de la neuniformitățile aflate în acvatoriu. Aceleași neuniformități produc și reverberația de volum.

Traectoria D reprezintă calea prin care zgomotul reflectat sau dispersat de fundul acvatoriului poate ajunge la antena hidroacustică. La navele de suprafață care navigă în ape puțin adânci, aportul principal la zgomotul propriu îl are zgomotul care se propagă pe traectoria D. Zgomotul produs de valul de prova ajunge la antena hidroacustică pe traectoria E.

Câmpul acustic subacvatic ridicat creează mari inconveniente navelor de luptă, acestea fiind descoperite cu ușurință de sistemele de hidrolocatie inamice, de torpilele cu cap acustic de ghidaj sau putând activa minele marine cu canal acustic de gardă. Tot acest câmp acustic propriu îngreunează detecția unor potențiale ținte (mai ales în regim pasiv) și, nu în ultimul rând poate altera informațiile despre „semnătura” acustică a contactelor submarine.

Trajectory B is entirely arranged by water, and it spreads the noises produced by ship's propellers to the hydro-acoustic antenna.

Trajectory C represents the path to the hydro acoustic antenna ejection through reflection from the non-uniformities in the water. The same irregularities produce the volume reverberation.

Trajectory D is the way the noise reflected or dispersed from the bottom of the aquarium can reach the hydro-acoustic antenna. On surface ships sailing in shallow waters, the main contribution to the noise is the noise that propagates on trajectory D. The noise produced by the bow wave reaches the hydro acoustic antenna on trajectory E.

The underwater acoustic field creates great inconvenience to combat ships, which are easily discovered by enemy hydro lock systems, acoustic head torpedoes, or capable of activating seafloor mines with acoustic guards. This acoustic field makes it difficult to detect potential targets (especially passive) and, finally yet importantly, can alter the information on the acoustic signature of submarine contacts.

The noise level for different ship classes (according to the literature) is presented, at the informational level, in the following figures:

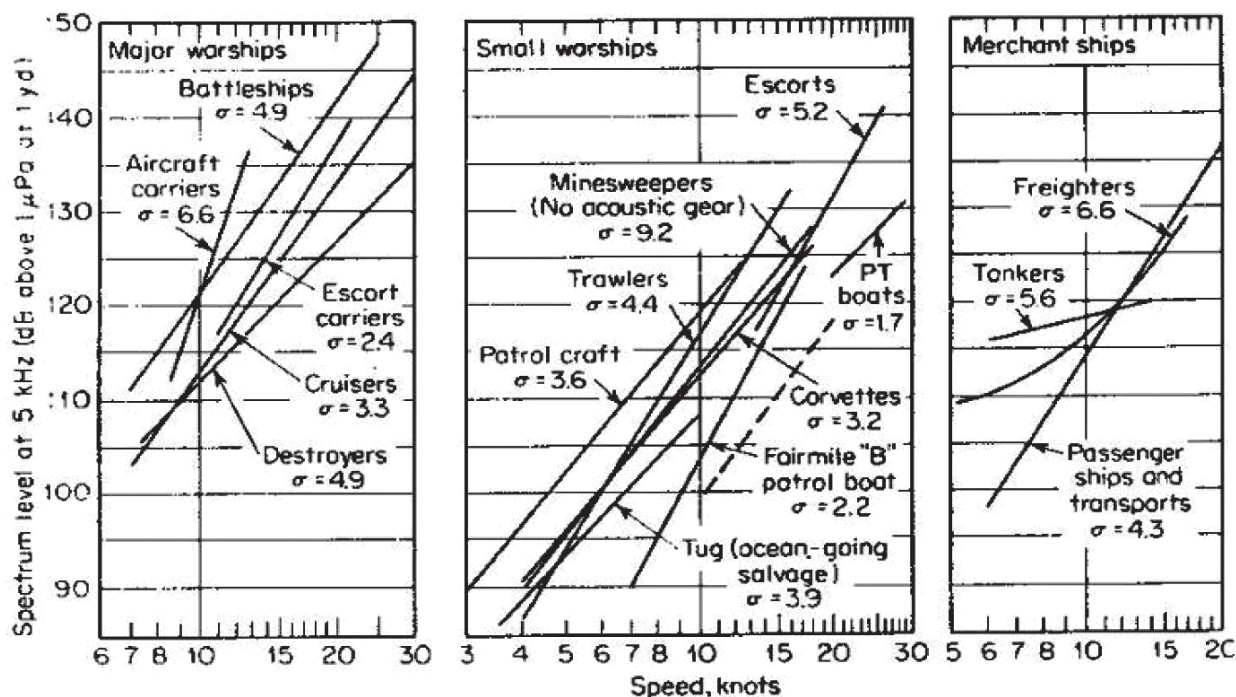


Fig.2-Nivelul de zgomot propriu pentru diferite clase de nave/
Fig.2- Noise level for different ship classes

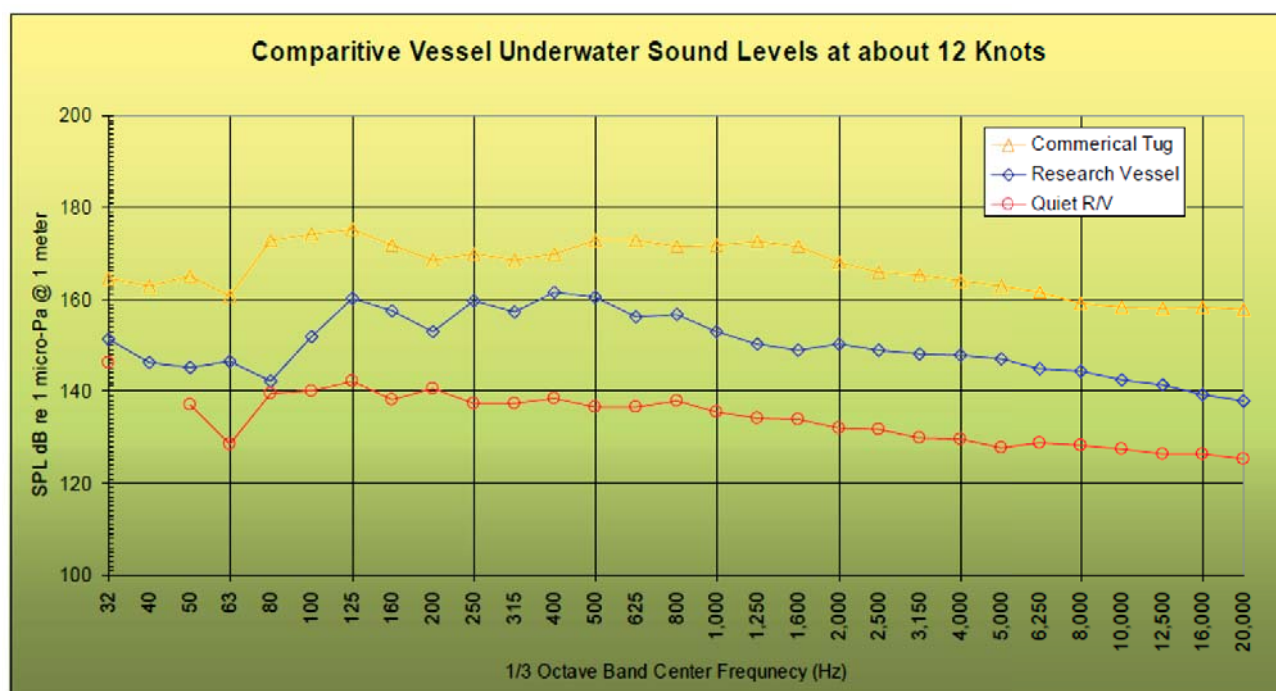


Fig.3 – Nivel de zgomot radiat în mediul marin de diferite nave de suprafață la aceeași viteză/

Fig.3- Noise level radiated in the marine environment by different surface vessels at the same speed

Nivelul de zgomot propriu pentru diferite clase de nave (conform informațiilor din literatura de specialitate) este prezentat, la nivel informativ, în figurile următoare:

Simularea în totalitate a caracteristicilor câmpului acustic este dificilă datorită imposibilității descrierii cu exactitate (chiar și probabilistic) a interacțiunilor dintre corpul navei și valuri și totodată a sensibilității extreme a rezultatelor față de modificarea unor valori de intrare (turația eliciei, oboseala în timp a unor amortizori etc.).

Pentru câmpul acustic al navelor STANAG 1136 (Ed.3) stabilește un set de principii procedurale și de metode aferente de măsurare și raportare a nivelului de zgomot radiat în mediul marin.

STANAG 1136: 1995 - Standards for Use when Measuring and Reporting Radiated Noise Characteristics of Surface Ships, Submarines, Helicopters etc. in Relation to Sonar Detection and Torpedo Acquisition Risk. STANAG 1136 este singurul standard care se referă în detaliu la metodologii și configurații de măsurare a zgomotului și este specific domeniului militar

CCSFN a coordonat grupul de lucru pentru analiza STANAG 1136. Începând cu septembrie 2008 se dorește implementarea prevederilor

The simulation of the acoustic field characteristics is difficult due to the impossibility of accurately (even probabilistically) describing the interactions between the ship's body and the waves, as well as the extreme sensitivity of the results to the change of input values (the speed of the propellers, etc.).

For the acoustic field of ships STANAG 1136 (Ed.3) sets out a set of procedures and methods for measuring and reporting the level of radiated noise in the marine environment.

STANAG 1136: 1995 - Application standards for the measurement and reporting of radiated noise characteristics of surface vessels, submarines, helicopters, etc. in connection with sonar detection and the risk of torpedo acquisition. STANAG 1136 is the only standard that refers in detail to noise measurement methodologies and configurations and is specific to the military domain

The Research Center for Navy has coordinated the STANAG 1136 analysis working Group. Since September 2008, STANAG 1136/Ed3 (promulgated) "Standards for use when measuring and reporting radiated noise

STANAG 1136/Ed3 (promulgat) “Standardas for use when measuring and reporting radiated noise characteristics of surface ships, submarines, helicopters etc. in relation to sonar detection and torpedo acquisition risk”.

Standardul stabilește un set de principii procedurale și de metode aferente de măsurare și raportare a nivelului de zgomot radiat în mediul marin de nave de suprafață, submarine, elicoptere etc. pentru statele membre NATO care au acceptat și implementat acest standard, în vederea realizării interoperabilității în domeniul aprecierii posibilităților de descoperire ale sistemelor sonar proprii și a riscurilor la care se expun platformele contra torpilelor și minelor marine. Prin raportările efectuate în conformitate cu STANAG 1136 se obțin:

- informații despre diferitele caracteristicile zgomotului radiat de navă într-o formă corespunzătoare pentru utilizare în ecuația sonarului și de asemenea caracteristicile acesteia ca țintă detectabilă cu dispozitive de tip sonar sau dispozitive de ghidare instalate pe torpile.

- o posibilitate de comparare a caracteristicilor zgomotului radiat de alte nave din aceeași clasă și semnalizarea abaterilor constatate, urgența remedierilor care se impun și cauzele care le determină, la nivelul corespunzător de autoritate.

- înregistrări în detaliu ale caracteristicilor zgomotului ca referințe tehnice în special privind proiectarea viitoarelor nave.

Componentele majore ale unui sistem conform cu cerințele din STANAG 1136 și unele caracteristici relevante sunt:

- Navă suport:
 - asigură dislocarea echipamentelor și personalului în locația unde vor fi executate măsurătorile;
 - are capacitate de a staționa cu toate sursele de zgomot oprite;
 - asigură suportul necesar lansării/recuperării hidrofoanelor (cu ajutorul scafandrilor autonomi sau utilizând ROV-uri de lucru);

characteristics of surface ships, submarines, helicopters, etc. in relation to sonar detection and torpedo acquisition risk. “ has been implemented

The standard establishes a set of procedural principles and related methods of measuring and reporting the level of radiated noise in marine environment of surface ships, submarines, helicopters, etc. for NATO member states that have accepted and implemented this standard to achieve interoperability in assessing the possibilities of discovery of their own sonar systems and the risks posed to platforms against torpedoes and mines. Reports according to STANAG 1136 supply the following information:

- information on various characteristics of the ship radiated noise in a state that can be used in the sonar equation, and also its characteristics as target detectable by torpedo-mounted sonar and guidance devices.

- the possibility to compare the noise characteristics radiated by same-class ships and thus to transmit to corresponding authority level the signal regarding the noise characteristics deviations, to determine the degree of emergency of the imposed reparations, and the determining cause.

- detailed recordings of noise characteristics as technical reference, especially regarding the further ships design.

Major components of a system according to STANAG 1136 requirements and some relevant characteristics are:

- The support ship:
 - ensures that the equipment and staff are dislocated at the location where the measurements will be carried out;
 - it has the ability to stay with all the sources of noise off;
 - provides support for launching/recovering hydrophones (using autonomous divers or using ROVs);
 - it has the necessary equipment for monitoring the evolution of the vessel to be

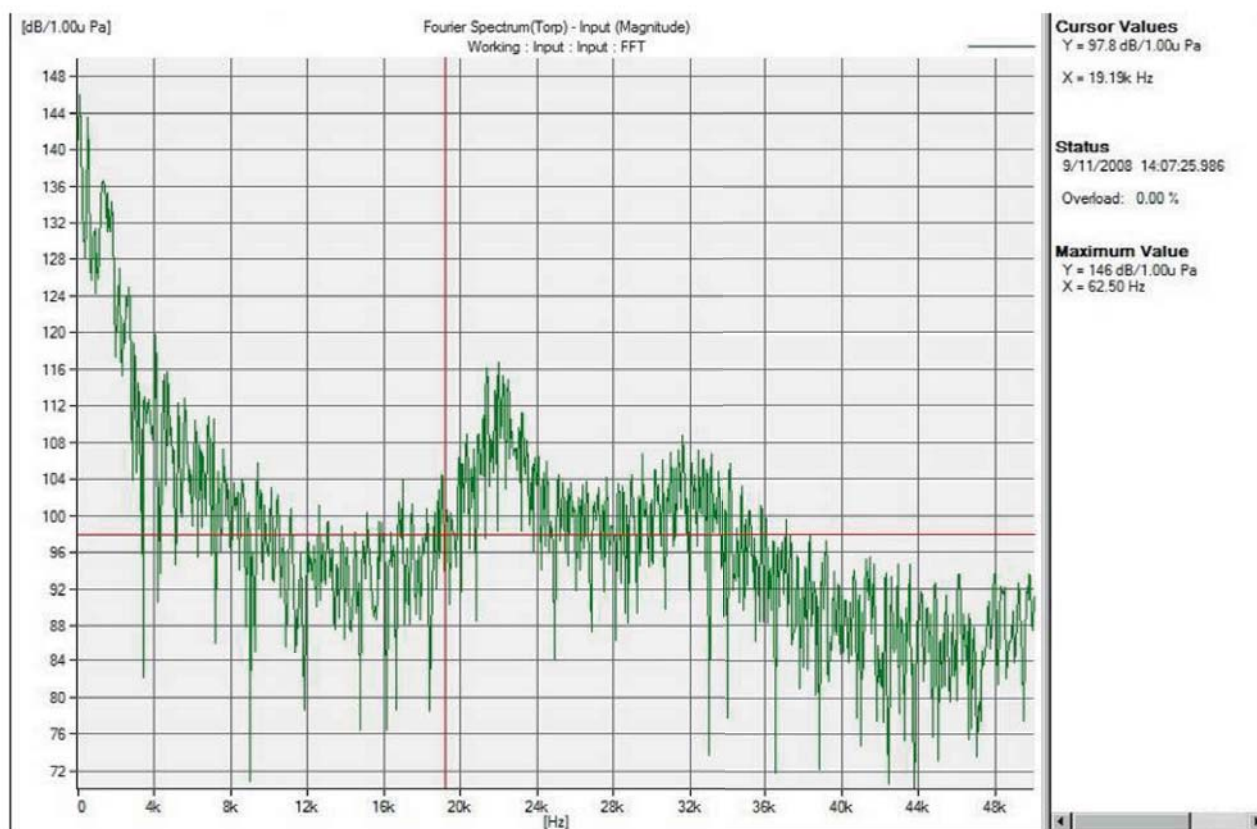


Fig. 4– Spectru zgomot pentru o navă cf. STANAG 1136/
Fig.4- Noise Spectrum for a ship according to STANAG 1136

- are dotările necesare supravegherii evoluției navei supuse măsurării (drum, viteză etc.);

- Hidrofoane:

- hidrofon T – destinat studiului detaliat al zgomotului radiat în banda: 10 Hz ...1200 Hz.

- hidrofon B - destinat studiului detaliat al zgomotului radiat în banda: 10 Hz ...80.000 Hz.

- Cabluri pentru hidrofoane: cu lungimile necesare amplasării în condiții optime a hidrofoanelor.

Datorită acestei cerințe se poate impune ca hidrofoanele să aibă preamplificator încorporat.

- Sistem de achiziție și prelucrare a datelor:

- asigură înregistrarea semnalelor cu frecvențe maxime de 100 kHz, pe cele două canale la care sunt cuplate hidrofoanele;

- permite analize în benzi de 1/1 și 1/3 octave astfel încât să poată fi determinate:

measured (road, speed, etc.);

- Hydrophones:

- one „T” track hydrophone, for the detailed study of the noise radiated in the frequency range: 10 Hz ...1200 Hz .

- one „B” band hydrophone, for the detailed study of the noise radiated in the frequency range: 10 Hz ...80.000 Hz.

- Hydrophone cables: with the required lengths for optimum hydrophone positioning. Due to this requirement it is possible requires hydrophones to have a built-in preamplifier.

- Data acquisition and processing system:

- ensuring the recording of signals of maximum frequency 100 kHz, on the two channels to which the hydrophones are coupled;

- the system enables the analysis in ranges 1/1 and 1/3 octaves so that there can be

▪ vitezele de inițiere a fenomenului de cavitație la elice;

▪ detalii despre domeniul de viteză și severitatea «șuieratului/singing» zgomotului elicelor ori de câte ori acesta apare;

▪ detalii referitoare la incidența și severitatea semnalului periodic produs de palele elicelor și atunci când este posibil, incidența și adâncimea modulației zgomotului de bandă largă (100...80000Hz) datorată semnalului periodic produs de pale.

▪ permite introducerea corecțiilor de calibrare specifice fiecărui hidrofon în parte;

▪ permite înregistrarea semnalelor recepționate pentru analize și prelucrări ulterioare;

▪ funcționează cu un consum energetic redus.

Măsurători ale nivelului de zgomot pentru diferite tipuri de nave au fost efectuate de specialiști ai CCSFN, în conformitate cu prevederile STANAG 1136.

ig. 4– Spectru zgomot pentru o navă cf. STANAG 1136

Pentru domeniul civil există numai standarde în curs de elaborare sau documente de reglementare în domeniu (rapoarte, recomandări):

- ISO/PAS 17208: 2012 - Acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships.

- ICES - Cooperative Research Report No. 209, Underwater Noise of Research Vessels Review and Recommendations, 1995.

- ANSI/ASA S12.64-2009/Part 1,2 - Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Noise from Ships.

- NPL Good Practice Guide No. 133, mart. 2014 - Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement.

În afară de aceste reglementări de ordin general au fost elaborate ghiduri pentru măsurători de zgomot pe tip de sursă antropogenică (prospecțiuni cu rețele de tunuri pneumatice, foraje, amplasarea de piloni etc.).

ANSI/ASA S12.64-2009 „Quantities and Procedures for the Description and

determined:

- the propeller cavitation start speed;

- details of the speed range and the severity of “whistling/singing” the spike noise whenever it occurs;

- details of the incidence and severity of the periodic signal produced by the emitter blades and, where possible, the incidence and depth of the broadband (100 ... 80000Hz) modulation due to the periodic signal produced by the blades.

- permit the introduction of calibration corrections specific to each hydrophone;

- permits the recording of received signals for further analyzes and processing;

- works with low energy consumption.

Noise level measurements for different ship types were performed by Research Center for Navy specialists in accordance with STANAG 1136.

In the civilian area there are only standards in the process of elaboration or field regulation documents (reports, recommendations):

- ISO/PAS 17208: 2012 - Acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships.

- ICES - Cooperative Research Report No. 209, Underwater Noise of Research Vessels Review and Recommendations, 1995.

- ANSI/ASA S12.64-2009/Part 1,2 - Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Noise from Ships.

- NPL Good Practice Guide No. 133, mart. 2014 - Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement.

Besides from these general regulations, there have been issued guides for noise measurements for types of anthropogenic sources.

ANSI/ASA S12.64-2009 „Quantities and Procedures for the Description and Measurement of Underwater Sound from Ships - Part 1: General Requirements” is the first official document of

GRADUL DE COMPLEXITATE	A	B	C
Metodă	Metoda precisă	Metoda inginerescă	Metodă de supraveghere
Cerință			
Bandă largă de frecvență	10 - 50000 Hz	10 - 25000 Hz	50 - 10000 Hz
Rezoluție în bandă largă	1/3 octavă	1/3 octavă	1/3 octavă
Bandă îngustă de frecvență	10 - 5000 Hz	după necesități	după necesități
Număr de hidrofoane	3	3	1
Mod de așezare hidrofoane	Pe verticala, în fața direcției de mers a navei		
Adâncime de montare hidrofoane	15°, 30°, 45°	15°, 30°, 45°	15°
Adâncimea minimă a apei	> 200 m sau 2 x lungimea navei	> 150 m sau 1.5 x lungimea navei	> 50 m sau 0.5 x lungimea navei
Distanța la punctul cel mai apropiat al traiectului (CPA)	> de 100 m sau 1x lungimea navei		
Fereastră unghiulară de preluare date ($\pm$ CPA)	$\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$
Senzitivitatea sistemului	≤ 3 dB sub valoarea acceptată pentru gradul mării 0 (Knudsen)		
Număr de treceri	4 Total 2 Bd 2 Td	4 Total 2 Bd 2 Td	4 Total, cel puțin una la Bd și una la Td
Starea mării	≤ 2		
Măsurători suplimentare	Turație motoare, viteză și direcție vânt, SVP	Turație motoare, viteză și direcție vânt	Turație motoare, viteză și direcție vânt

Complexity degree	A	B	C
Method	Accurate method	Engineer's method	Surveillance method
Requirement			
Wide frequency range	10 - 50000 Hz	10 - 25000 Hz	50 - 10000 Hz
Wide range resolution	1/3 octave		
Narrow frequency range	10 - 5000 Hz	on necessity	on necessity
Number of hydrophones	3	3	1
Hydrophones placement	Vertically, athwart from the ship course, at one ship length distance		
Hydrophones placement depth	15°, 30°, 45° from the ship's alignment		15° from the ship's alignment
Minimal water depth	> 200 meters or 2 x the ship's length	> 150 meters or 1.5 x the ship's length	> 50 meters or 0.5 x the ship's length
Closest point of approach	> 100 meters or 1 x the ship's length		
Angular range of data recording ($\pm$ CPA)	$\pm 30^\circ$		
System sensitivity	≤ 3 dB below the accepted value of the sea state 0 (Knudsen)		
Number of passes	4 in total, 2 in the port side and 2 in the starboard side		4 in total, at least one in each side
Sea state	≤ 2		
Supplementary measurements	Engine revolution speed, wind speed and direction, sound velocity profile	Engine revolution speed, wind speed and direction	Engine revolution speed, wind speed and direction

Tabel nr. 1 - Cerințe de performanță pentru măsurarea zgomotului subacvatic produs de o navă de suprafață în funcție de gradul de complexitate al metodei/**Table 1**. Performance requirements for measuring underwater noise generated by a surface ship based on method complexity

Measurement of Underwater Sound from Ships - Part 1: General Requirements” este primul document oficial de uz civil care descrie sistemele generale de măsurare, proceduri și metodologii pentru măsurarea zgomotului generat de navele de suprafață în mediul subacvatic. Reglementări privitoare la definirea parametrului standard reprezentativ (nivelul zgomotului ambiant sau nivelul echivalent la sursă – SL) și elaborarea procedurilor de măsurare și analiză ce pot fi folosite pentru măsurători în ape puțin adânci și ape adânci sunt încă în curs de dezbateri în cadrul unor grupuri de lucru la nivel internațional.

Prezentăm în tabelul nr. 1 cerințele de performanță pentru parametri și metodologia de măsurare a zgomotului subacvatic produs de o navă de suprafață în conformitate cu prevederile ANSI/ASA S12.64-2009/Partea I și ISO/PAS 17208, 2012/Partea I

3. Concluzii

Modelarea suficient de riguroasă a semnalului radiat în mediul marin de către potențiale amenințări (nave, mici mese rapide, scafandri etc.) este extrem de dificilă. În acest caz, este mult mai util să se efectueze măsurători ale amprentelor hidroacustice ale unor astfel de ținte și să se scrie algoritmi pe baza rezultatelor măsurătorilor pentru detectarea și identificarea amenințărilor.

Pentru navele de suprafață au fost identificate reglementări care ajută la realizarea înregistrărilor de amprentă hidroacustică a navei, însă în cazul altor tipuri de amenințări (scufundători, vehicule subacvatice etc.) nu există încă astfel de reglementări.

civilian use that describes the general systems of measurement, procedures and methodologies for measuring the noise generated by surface ships in the underwater environment.

Further regulations regarding the definition of the representative standard parameter (the ambient noise level or the source equivalent level) and the issue of measurement and analysis procedures which can be used in shallow waters and in deep waters are still under debate within international work groups.

In Table 1 there are presented the performance requirements for sensors and the measuring methodology of underwater noise generated by a surface ship, according to provisions of ANSI/ASA S12.64-2009/Part I and ISO/PAS 17208, 2012/Part I.

3. Conclusions

Sufficiently rigorous modelling of the radiated signal in the marine environment by large classes of potential threats (ships, small fast crafts, divers, etc.) is extremely difficult.

In this case, it is much more useful to perform measurements of hydro-acoustic signatures of such targets, and based on the measurements' results, to design algorithms for threat detection and identification.

If for surface ships there have been identified regulations assisting in performing recordings of ship hydro-acoustic signature, there are no such documents for other types of threats (divers, underwater vehicles, etc.).

În prezent, considerăm că sistemul de înregistrare a amprentelor hidroacustice a amenințărilor de suprafață și subacvatice (nave, ambarcațiuni mici, scafandri autonomi și vehiculele autonome etc.) trebuie să fie realizat prin combinarea previziunilor STANAG 1136 și ANSI/ASA S12.64-2009/Partea 1, 2.

Prin urmare, se impune ca în condiții similare (starea mării, viteza navei să fie testată etc.) să se efectueze mai multe seturi de măsurători în condițiile specificate de STANAG 1136 și ANSI / ASA S12.64 și să fie stabilită metoda optimă de determinare a amprentelor hidroacustice prin analiza statistică a datelor măsurate și analiza comparativă între grupurile de date.

At the current time, we consider that system of recording the hydro-acoustic signature of surface and underwater threats (ships, small crafts, autonomous divers and their vehicles, etc.) must be attained by combining the provisions of STANAG 1136 and ANSI/ASA S12.64-2009/Part 1,2. It is therefore imposed that in similar conditions (sea state, underway speed of the ship being tested, etc.), several sets of measurements to be performed in conditions specified by STANAG 1136 and ANSI/ASA S12.64, and the optimal method of determining targets acoustic signature to be established by means of statistical analysis of the measured data and comparative analysis between groups of data.

Bibliografie/Bibliography

- [1] Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources, JASA, 1962.
- [2] ANSI/ASA S12.64-2009/Part 1,2 - Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Noise from Ships.
- [3] ISO/PAS 17208, 2012 (part 1&2) - Acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships.
- [4] Standard for measurement and monitoring of underwater noise, Part I: physical quantities and their units, TNO-DV 2011 C235, 2011.
- [5] Standard for measurement and monitoring of underwater noise, Part II: procedures for measuring underwater noise in connection with offshore wind farm licensing, TNO-DV 2011 C251, 2011.
- [6] Underwater Noise Measurement, Good Practice Guide No. 133, NPL, 2014.
- [7] D. Schneider, A. Corsten, Combined Performance of various Sonar Systems for Own Ship/ Harbour Protection against an Asymmetric Attack, <http://www.tica05.org/papers/>, 2005.
- [8] M. Bahtiarian, A Standard for the Measurement of Underwater Noise, Noise Control Engineering, Inc. Billerica, Massachusetts, prezentare, 2007.
- [9] R. J. Urick, Principles of Underwater Sound, 3rd Edition, Peninsula Publishing, California, 1983.
- [10] R. Stolkin, A. Sutin, S. Radhakrishnan, ș.a., Feature based passive detection of underwater threats, in Proceeding of SPIE, Boston, USA, 2005.
- [11] W. A. Kuperman ș.a., Shallow-Water Acoustics, Physics Today, 2005.

