



TEZA DE DOCTORAT

**CONDUCATOR STIINTIFIC :
PROF.DR.ING.
VOICU SAFTA**

**AUTOR :
LT.CDOR.ING
LAURENTIU POPESCU**

EXTINDEREA APLICATIILOR DE CONTROL NEDISTRUCTIV ULTRASONIC SI MAGNETIC IN INDUSTRIA AERONAUTICA

CONDUCATOR STIINTIFIC:

Prof.univ.dr.ing.
VOICU SAFTA

Membru al
Academiei de Stiinte Tehnice
din Romania

Profesor onorific al Universitatii
«Transilvania » din Brasov

Universitatea «POLITEHNICA»
din Timisoara

AUTOR:

Lt.cdor.drd.ing.
LAURENTIU POPESCU

Inginer sef Escadrila 712

Baza 71 Aeriana
din Cimpia Turzii

IV. 100
TRAN
BIBLIOTECA CENTRALĂ
Nr. volum 6hh.709
den 369 E

2004

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1.OPORTUNITATEA SI ACTUALITATEA LUCRARI

Cresterea continua a calitatii produselor este un obiectiv permanent al industriei moderne. Este binecunoscut faptul ca in domeniile de varf precum cel aviatic, nuclear, spatial, importanta controlului nedistructiv, incepand de la primele etape de prelucrare a produselor si pana la finalizare, este esentiala in obtinerea unor piese competitive.

Siguranta in exploatare constituie un obiectiv de mare importanta, iar pentru realizarea lui, specialistii au cautat sa perfectioneze continuu domeniul controlului nedistructiv, al folosirii ultrasunetelor si curentilor turbionari in tehnica de inalta performanta.

Se stie ca in procesele de sudare, laminare, forjare, trefilare, aschiere, in special al produselor si instalatiilor din metal dar si materiale plastice si compozite folosite in aviatie, pot apare defecte interne si superficiale ca fisuri, incluziuni de gaze, neomogenitati care conduc la diminuarea calitatii si implicit la micșorarea fiabilitatii si sigurantei produselor finite. Acest proces de investigatie a calitatii produselor continua si dupa obtinerea produselor finite in procesul de exploatare al acestora.

In aviatie si tehnologiile spatiale, controlul tehnic inaintea oricaror misiuni este obligatoriu. Aceste controale implica niste costuri, atat in faza de executie cat si in cea de

exploatare. Amintim numai ca in industria de automobile si avioane, indicele de control reprezinta 6-10 % din costul productiei.

Masurarea dimensiunilor, grosimilor acoperirilor de protectie, coroziunii, schimbarilor in calitatile mecanice ale materialelor si altele in scopul cresterii sigurantei de functionare a avioanelor , imbunatatirii calitatii si economicitatii exploatarii reprezinta obiective ale controlului nedistructiv in aviatie.

Pe aceste repere, lucrarea de fata cauta sa dea niste raspunsuri in ceea ce priveste controlul nedistructiv electromagnetic precum si aplicatii ale ultrasunetelor in domeniul aviatic.

Studiile realizate cu ultrasunete in mediul lichid si solid contribuie la descoperirea unor noi traductoare de vibratie.

Rezultatele obtinute, in domeniul cercetarii teoretice si experimentale, readuc in atentie, dintr-o perspectiva noua, folosirea controlului nedistructiv. Se dezvolta in lucrare, aplicarea controlului electromagnetic pe rotile trenului de aterizare al aeronavelor si studierea transmiterii semnalului ultrasonic in diverse lichide specifice de aviatie precum si realizarea unui model experimental de senzor ultrasonic de inalta sensibilitate . Teza inglobeaza o cercetare constanta de aproape 12 ani in domeniul ultrasonic, continand referiri din peste 24 de manuale de specialitate.

Teza de doctorat a fost elaborata sub indrumarea directa a prof.dr.ing.Voicu Safta, membru al Academiei de Stiinte Tehnice din Romania .Aduc pe aceasta cale multumiri, domnului profesor pentru ajutorul acordat in realizarea acestei lucrari prin experienta si profesionalismul dovedit atat pe plan national cat si international in domeniul controlului nedistructiv, domnului dr.ing.Daniel Tunea, domnului dr.ing.Mircea Burca, domnului ing Lie Ioan precum si intregului colectiv al Catedrei de Sudura al Universitatii « Politehnica » din Timisoara care m-au sfatuit si sprijinit in elaborarea tezei

1.2.OBIECTIVELE LUCRARI

Teza de doctorat isi propune urmatoarele obiective:

- monitorizarea stricta a rotilor de aviatie cu ajutorul defectoscopului electromagnetic;
- dezvoltarea unor noi metode de punere in evidenta a defectelor de suprafata a rotilor de aviatie KT-150 prin metoda curentilor turbionari indicand cu acuratete zonele cu defecte ;
- utilizarea ultrasunetelor la determinarea proprietatilor unor lichide specifice de aviatie, cum ar fi uleiurile folosite la motoarele turboreactoare, a lichidului hidraulic, a petrolului de aviatie ;
- cercetarea conditiilor de propagare a ultrasunetelor in mediile lichide, vibrare mecanic, urmarind construirea unui model experimental de senzor ultrasonic de inalta sensibilitate ;
- cercetarea cuplurilor de lichide apropiate ca densitate cum ar fi : apa-apa sarat, apa-apa distilata, apa-petrol de aviatie, apa-ulei, ulei de motor turboreactor-ulei de stocaj, ulei proaspat-ulei folosit ;
- studiul reflexiei semnalului ultrasonic la suprafete de separatie dintre mai multe medii cu impedanta acustica diferita ;
- calculul corectiilor termice ale densitatii relative la produsele petroliere ;
- masurarea debitului unor lichide cu ajutorul ultrasunetelor .

CAPITOLUL 2. DEFECTOSCOPIA CU CURENTI TURBIONARI A PIESELOR MASIVE DE AVIATIE

Defectosopia cu curenti turbionari are un domeniu larg de folosinta , bazindu-se pe evidentierea modificarii proprietatilor fizice ale materialelor de verificat .

Bobina de contact produce un camp magnetic alternativ, inducand in piesa curenti turbionari, care la randul lor produc un camp magnetic alternativ, opus campului bobinei de control. Acest camp depinde de proprietatile electrice si magnetice ale piesei precum si de dimensiunile ei.

Campul variabil secundar urmareste riguros marginile piesei, adancimea de patrundere in material fiind mica. Aceasta adancime este in functie de frecventa, permeabilitatea relativa si conductibilitatea electrica .Metoda se recomanda defectelor de suprafata, fiind folosita atat la materialele feromagnetice cat si la cele neferomagnetice.

Aparatura de producere a curentilor turbionari este foarte variata, atat in ceea ce priveste confectionarea palpatoarelor cat si in constructia aparatului de producere a campului alternativ a bobinei .Se folosesc aparate de inalta tehnicitate, avand integrate microcipuri cu afisaj digital, cu banca de date a materialelor si aliajelor principale, cu posibilitati de afisare si salvare pe calculator si imprimanta a rezultatelor controlului. Domeniul de sensibilitate al metodei este int 0,01-1 mm.

Bobinele (traductoarele) destinate controlului cu curenti turbionari ofera o mare varietate de forme, impusa de multitudinea configuratiei pieselor ce se supun controlului .Defectoscoape cuprind de regula 2 bobine, una necesara la inducerea curentului turbionar in piesa si alta necesara la masurare.

Bobinele de contact folosite in lucrarea de fata sunt foarte mici in comparatie cu piesa, urmare, se aplica pe o mica parte a suprafetei plane sau curbate.La aceste bobine plaja de frecvente folosite este foarte mare cuprinsa intre 20 Hz si 1 MHz..Datorita dimensiunilor miniaturale ale palpatorului masurarea nu este influentata de efectul lift-off sau de coeficientul de umplere, cum este in cazul altor palparoare (bobina exterioara,interioara etc.).

2.1. TEORIA INDUCERII CURENTELOR TURBIONARI CU SONDE DE CONTACT INTR-O PLACA MASIVA

2.2.1. Notiuni fundamentale ale campului electromagnetic

La bobina de contact teoria s-a dezvoltat tinand cont de faptul ca distanta, fata de suprafata metalului (placii conductoare), depaseste cu mult dimensiunea bobinei. Bobina fixandu-se pe suprafata metalului, micsoreaza aplicabilitatea teoriei bobinei ca dipol, cu atat mai mult cu cat campul bobinei este considerat constant sub aceasta forma.

Se defineste **inductia magnetica** ca fiind cresterea intensitatii campului magnetic atunci cand este creat de mediu, diferit de vid.

$$B = \mu H \quad (2.1)$$

unde μ - permeabilitate magnetica

$$\mu = \mu_0 \mu_{ef}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$

H = intensitatea campului magnetic

$\langle B \rangle = 1 \text{ T} = 1 \text{ Tesla}$ – inductia magnetica care se genereaza pe o suprafata de 1 m^2 , fluxul magnetic de 1 Weber

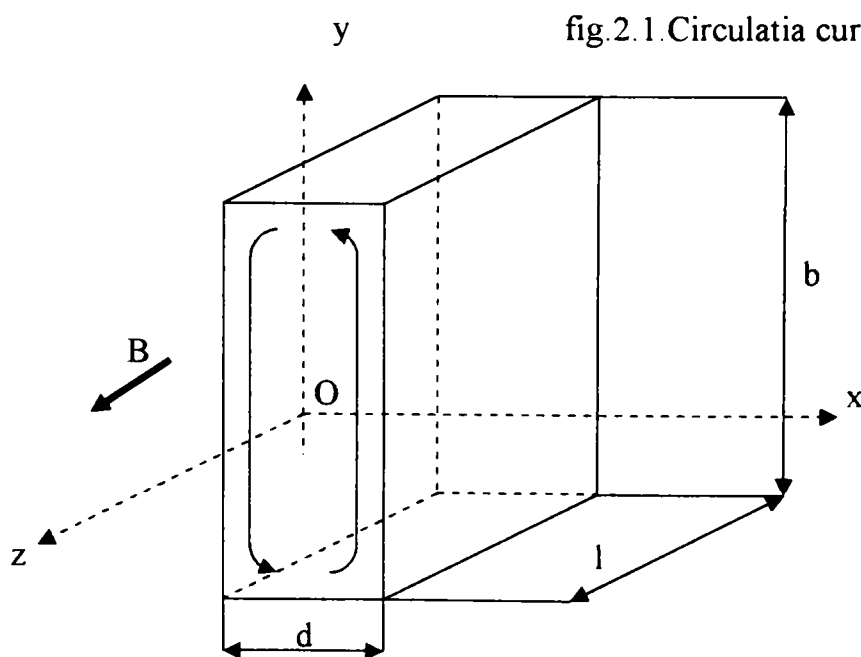
Fluxul magnetic reprezinta totalitatea liniilor de forta ce strabat o suprafata situata in camp.

$$\varphi = B S \quad (2.2.)$$

$$\varphi = B S \cos \alpha \quad (2.3.)$$

$\langle \varphi \rangle = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ Weber}$ – fluxul magnetic variabil limitat de o spira in care inducem o tensiune electromotoare de 1V scade uniform la 0 in timp de 1 s.

In fig.2.1.este reprezentata o placa feromagnetica de grosime "d" foarte mica in raport cu lungimea "b" si latimea "l". Daca placa este strabatuta in lungul ei (dupa axa Oz) de un flux magnetic variabil in timp, in ea se stabilesc curenti turbionari (linie punctata).



Intensitatea campului magnetic reprezinta solutia ecuatiei

$$\frac{d^2 H}{dx^2} - k^2 H = 0 \quad (2.4) \quad \text{unde } k - \text{constanta de propagare ;}$$

$$k = \sqrt{j \omega \mu \sigma} \quad (2.5)$$

j – densitatea curentului de conductie ;
 ω – pulsatia campului magnetic ;
 σ – conductivitatea electrica a materialului.

$$k = \alpha + j\beta \quad (2.6)$$

α – constanta de atenuare ;
 β – constanta de faza .

$$\alpha = \sqrt{\omega \mu \sigma / 2} = \sqrt{\pi f \mu \sigma} \quad (2.7)$$

f - frecventa

Se defineste frecventa limita "f_g", frecventa cand se indeplineste conditia

$$g \sqrt{2 \pi f_g \mu \sigma} = 1 \quad \text{rezulta (2.8)}$$

$$f_g = 5066 / \mu \sigma Dp^2 \quad \text{pentru materiale neferoase (unde } \mu_r = 1) \quad (2.9)$$

$$f_g = 5066 / \mu_{rel} \sigma Dp^2 \quad \text{pentru materiale feroase} \quad (2.10)$$

unde g – gol sferic in proba groasa

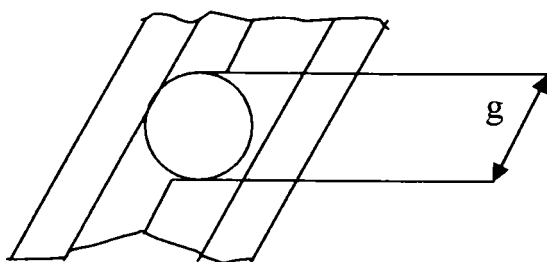


fig.2.2 Gol sferic in placa groasa

$$f_g = 5066 / \mu \sigma g^2 \quad (2.11)$$

Pentru a calcula influenta materialului de proba asupra bobinei de masurare este nevoie de frecventa limita f_g , rezultata din conductivitatea σ si grosimea materialului de proba Dp (cu ajutorul valorii lui f_g pentru placa masiva). Facand raportul f / f_g se afla permeabilitatea efectiva, din graficul curbei permeabilitatii efective (21). Se calculeaza apoi tensiunea care apare la bornele bobinei secundare.

$$E = (-1 / \sigma) dH/dx \quad (2.12) \quad E - \text{intensitatea campului electric}$$

dx – grosimea placii

$$j = \sigma E \quad (2.13)$$

2.2.2. Difuzia campului electromagnetic la conductori feromagnetici

La materialele feromagnetice are loc fenomenul de difuzie a campului electromagnetic. Ipotezele acceptate in general cand este analizat difuzia campului electromagnetic in materiale feromagnetice in semispatiu sau placa groasa sunt urmatoarele :

- a. grosimea corpului feromagnetic depaseste cu mult adancimea de patrundere ;
- b. raza de curbura a semispatiului depaseste cu mult adancimea de patrundere ;
- c. se cunoaste campul magnetic H la suprafata ;
- d. conductivitatea electrica este independenta de variatia de temperatura in material.
- e. unda incidenta a campului electromagnetic este polarizata plan.

Se considera placa groasa, placa care indeplineste conditia

$$d / a > 2 \quad (2.14) \quad \text{unde } d - \text{grosimea placii ;} \\ a - \text{adancimea de patrundere .}$$

Pierderile pe unitate de suprafata sunt date de relatia

$$P = (1 / 2 \sigma) \int_{-b}^b j \, dy \quad (2.15) \quad \text{unde } b - \text{semilargimea placii conductoare} \\ j - \text{densitatea de curent.}$$

$$j = dH / dy \quad (2.16)$$

Intre suprafata si pana la adancimea x_1 la care patrunde curentul turbionar se induce in fiecare element de corp campul electric

$$E = 2 B_0 \, dx/dt \quad (2.17)$$

Marimea campului electric este proportionala cu viteza de patrundere a campului in corp. Campi electric E si densitatea de curent $j = \sigma E$ sunt constante si independente de adancimea x . Din relatia

$$I = x \sigma 2 B_0 \, dx/dt \quad (2.18) \quad \text{rezulta } U = \rho I / x \quad (2.19) \quad \text{care este tensiunea pe unitate de}$$

latime a bobinei .

Pentru pierderile pe unitate de suprafata la excitatia cu curent sinusoidal a bobinei exista relatia

$$P = 16 \rho I^2 / 3 \pi x_{\max} \quad \text{cu } x_{\max} = \sqrt{\frac{2 \rho I \sqrt{2}}{\omega B_0}} \quad (2.20)$$

Pentru cazul excitarii bobinei cu tensiunea sinusoidala pierderile de putere pe unitate de suprafata se exprima cu relatia

$$P = U^3 / \rho B_0 \omega \sqrt{2} \quad (2.21) \quad \text{unde } x_{\max} = U \sqrt{2} / B_0 \omega \quad (2.22)$$

2.2.FACTORII DE INFLUENTA LA DETECTAREA DEFECTELOR CU CURENTI TURBIONARI

In baza legii inductiei, intr-o piesa buna conductoare de electricitate, se induc curenti turbionari, prin campuri magnetice variabile sau in miscare, realizate cu ajutorul unei bobine de excitatie (fig.2.3.a). Potrivit legii lui Lenz, campul magnetic primar produs de bobina H_p si cel secundar H_s indus in piesa de catre curentii turbionari, se afla in interdependenta si in opozitie. Curentii turbionari ocolesc discontinuitatile din piesa, astfel incat modifica fie impedanta bobinei, daca traductorul este format dintr-o singura bobina de excitatie, fie amplitudinea si faza curentului din bobina secundara, atunci cand traductorul este format din doua bobine.

Principalii factori care influenteaza metoda de control cu curenti turbionari sunt :

- efectul pelicular ;
- frecventa ;
- permeabilitatea magnetica ;
- conductivitatea electrica ;
- distanta conductor – piesa ;
- efectul de margine .

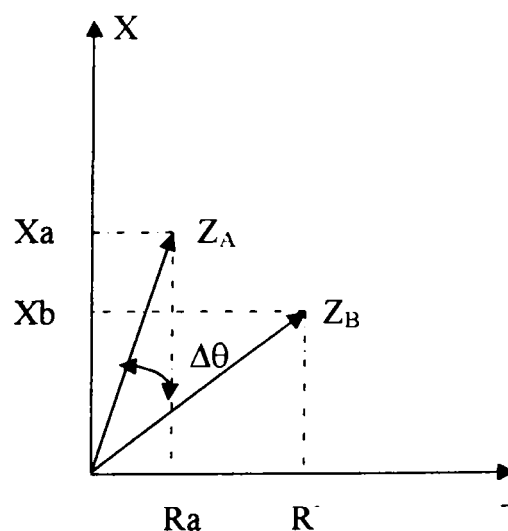
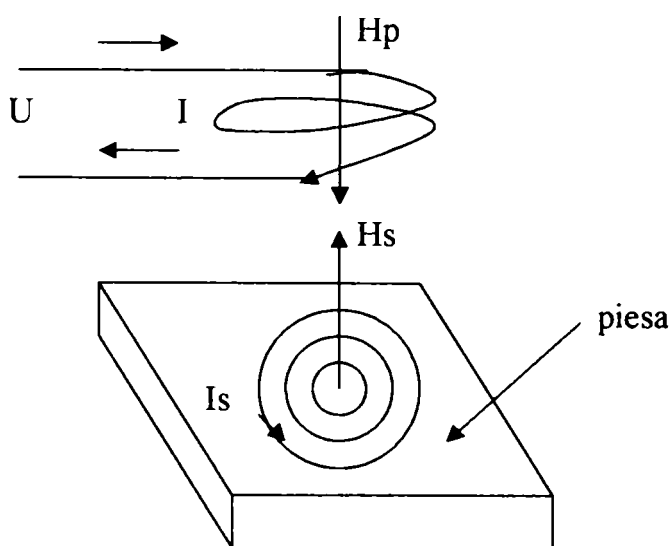


Fig 2.3.a Curentii turbionari si camp magnetic indus in piesa de controlat

Fig.2.3 b Reprezentarea impedantelor bobinei din piesa fara defectiuni si cu defectiuni

In fig.2.3.b se prezinta in planul complex cele doua impedante, obtinute pe de o parte in cazul sondarii piesei fara defectiuni Z_a , iar pe de alta parte in situatia sondarii cu aceeasi bobina si curent a piesei cu discontinuitati sau neomogenitati Z_b .

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2.23)$$

Si pentru faza $\text{tg } \theta = X/L = \omega L / R$

Efectul pelicular

Efectul pelicular se evidentiaza atunci cand intr-o piesa se induce un curent alternativ. La suprafata acesteia densitatea de curent este maxima, iar la mijlocul piesei minima.

Legea de distributie a curentului in sectiuni transversale este de forma exponentiala :

$$I = I_0 e^{-x(\pi f \mu \lambda)} \quad (2.24) \text{ unde : } I_0 = \text{densitatea de curent la suprafata } x = 0 \text{ (A m}^2\text{)};$$

x = distanta in plan transversal a piesei sau adancimea (m)

f = frecventa (Hz) ;

μr = permeabilitatea relativa ;

λ = conductivitatea electrica (m/ Ω mm²)

Adancimea de patrundere a campului electromagnetic "a" este dat de relatia :

$$a = 503 / \sqrt{\mu r f \lambda} \quad (2.25)$$

Daca spre exemplu, se controleaza doua piese identice ca dimensiuni, avand insa conductivitati electrice diferite (Cu si Ol), pentru obtinerea aceleasi adincimi de patrundere „a”, suntem obligati sa folosim frecvente diferite, compensand astfel diferenta de conductivitate.

Frecventa

Influenta frecventei se manifesta direct proportional asupra reactantei inductive a circuitului (ωL). Efectul produs asupra impedantei in cazul unui circuit in vid cu rezistenta

constanta este ilustrata in fig.2.4

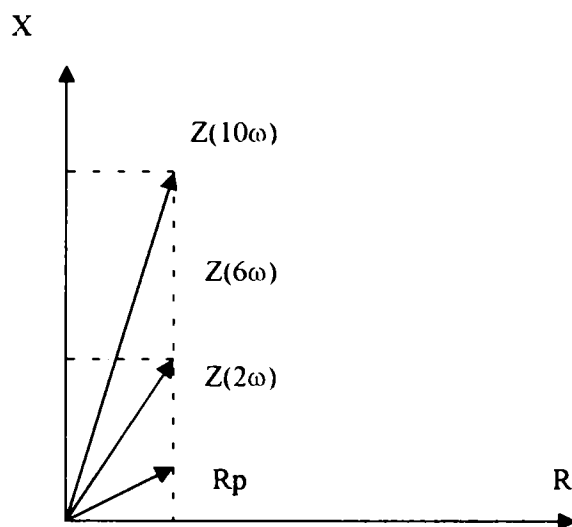


Fig.2.4. Influenta frecventei asupra impedantei

Domeniul de frecvente folosit este foarte larg, incepand cu spectrul undelor radio si pana in limitele microundelor. Cele mai intrebuintate benzi de frecventa sunt cuprinse in intervalul 1- 500 kHz .Aparatele moderne dispun de un display de sase ordine de marimi, pana la 10 MHz.

Permeabilitatea magnetica

Permeabilitatea magnetica joaca un rol deosebit asupra curentului indus in piesa si este mult superior rolului conductivitatii electrice. Ea variaza in functie de campul magnetic .

La materialele neferomagnetice (materiale magnetice liniare) unde conditia $B=B(H)$ este o functie liniara avem:

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi_m) \quad (2.26)$$

unde : μ – permeabilitatea magnetica absoluta ;

μ_0 – constanta de inductie ($4\pi \times 10^{-7}$) ;

χ_m – susceptivitatea magnetica –constanta de material .

La materialele feromagnetice –materiale cu molecule polare, unde magnetizarea este foarte puternica, neliniar si ireversibil avem :

$$\mu_r = B / \mu_0 H \quad (2.27)$$

unde : μ_r - permeabilitatea magnetica relativa ;

B – inductia magnetica ;

H – intensitatea campului magnetic .

Conductivitatea electrica

Asa cum rezulta din formula

$$I = I_0 e^{-x(\pi f \mu \lambda)} \quad (2.28)$$

conductivitatea electrica reprezinta un factor care influenteaza in buna masura distributia curentului indus intr-o piesa . Coeficientul de conductivitate este dependent de o multitudine de factori ce tin de material si de prelucrarea acestuia, dintre care mai importanti sunt:

- tratamentul termic aplicat;
- dimensiunile granulatiei ;
- temperatura ;
- tensiunile interne de ordinul 2 ;
- variatile unor caracteristici reologice .

Efectul de margine

O alta influenta perturbatoare apare la apropierea capatului bobinei de control, deoarece se modifica rezistenta magnetica a circuitului magnetic deschis si prin urmare densitatea liniilor de camp in bobina de control . Pentru a elimina aceasta „influenta de margine”, la controlul unor bare, tevi etc., obiectul de controlat trebuie introdus in bobina pana cand dispare influenta si valoarea masurata este constanta . Lungimea minima de introdus, 3-10 mm, depinde de intensitatea campului folosit, diametrul probei, cel al bobinei si de proprietatile materialului. Se recomanda sa fie determinata la fiecare proba de control in parte . Pentru a reduce cat mai

mult influenta de margine se pozitioneaza uneori la capetele bobinei inele de scurtcircuitare, in care se induce un curent turbionar ce anihileaza campul bobinei prin contracampul creat.

In vederea optimizarii datelor transmise sistemului de redare, orientarea campului magnetic primar, amplitudinea curentului, frecventa curentului de excitatie si distanta dintre bobina si piesa se aleg in concordanta cu forma, conductivitatea si permeabilitatea piesei controlate, precum si cu adancimea de patrundere necesara.

2.3.APARATURA FOLOSITA

2.3.1.Prezentarea functionarii defectoscopului electromagnetic cu afisaj pe microampermetru

Defectoscopul V.D.T.-3 este destinat pentru descoperirea in suprafetele metalice nemagnetice cu conductivitate electrica de $0,1-60 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$ a fisurilor aparute , de origine tehnologica .El poate asigura controlul pieselor de forma simpla ori complicata fara indepartarea suprafetei de protectie (lac- vopsea) pana la 0,5 mm.

Defectoscopul cu curenti turbionari V.D.T.-3 (vezi fig.2.5) are in compunere traductoarele D-6 si D1, cu capul de vizare VG-2 (firul de legatura dintre palpator si aparat) .

Controlul sensibilitatii defectoscopului poate fi asigurat nu numai prin controlul etalonului de control ci si prin controlul sectorului fara defecte al obiectului de controlat, care trebuie special ales pentru fiecare zona prin indicatie electro-optica .

Controlul acestui defectoscop consta in aplicarea cutiei inductive cu traductori pe zona de control a produsului si analiza reactiei starii materialului cu ajutorul schemei electrice .

Interdependenta traductorului cu produsul consta in schimbarea rezistentelor inductive si activ sub influenta campului electromagnetic al curentilor turbionari din produs . Forma traseului se asigura in functie de masa si volumul metalului cu care interactioneaza fluxul magnetic al traductorului. Acest volum se schimba la dispunerea traductorului in diverse locuri .

Pentru ca aceasta schimbare sa nu creeze paraziti, pe produs se determina separari ale zonelor

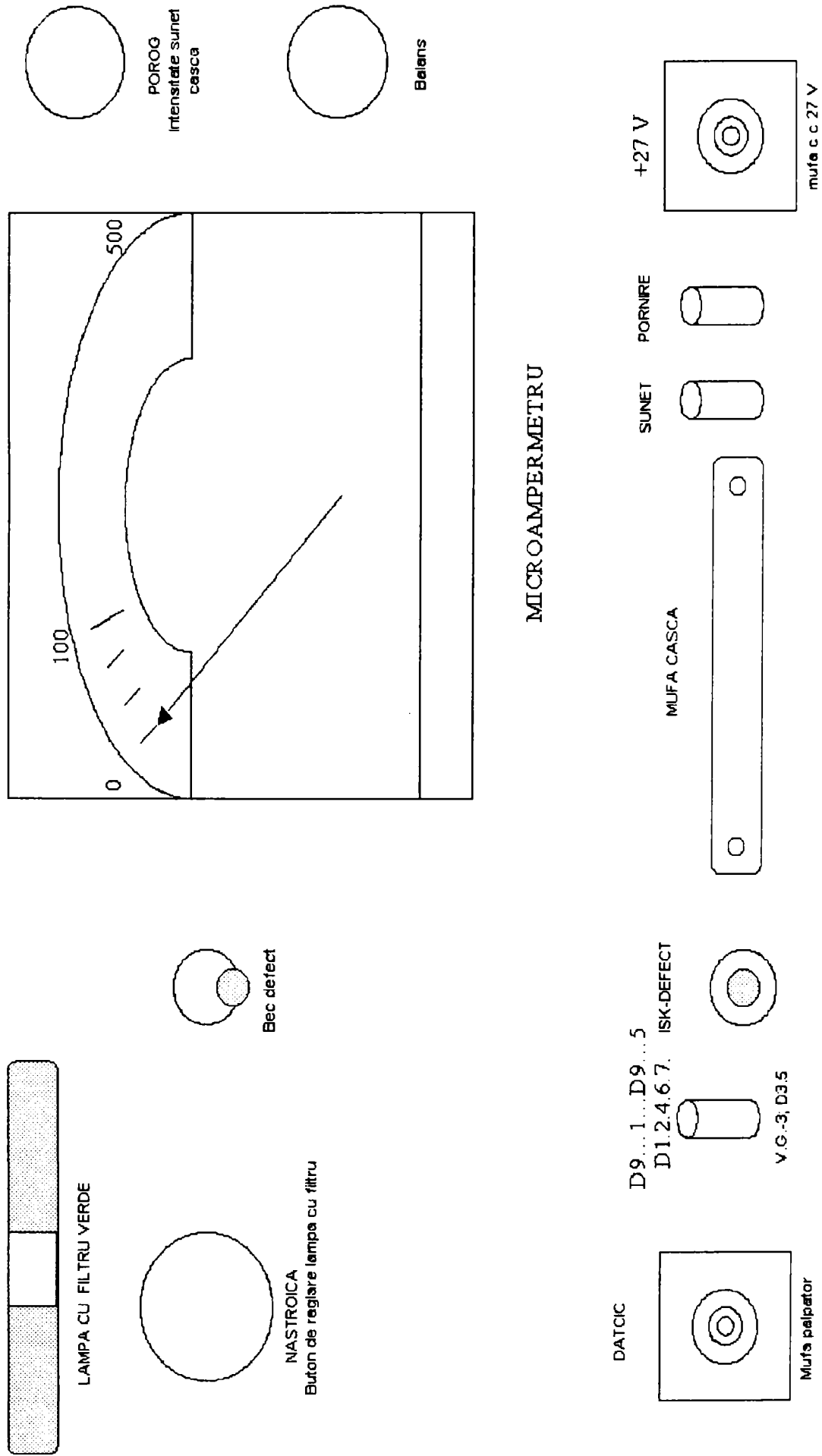


fig.2.5.Aparatul V.D.T.-3 – prezentare generala

de control in intervalul in care nu apar modificari succesive geometrice ale volumului metalului cu care interactioneaza traductorul.

Prezenta in zona de control a fisurilor conduce la o distribuire a curentilor turbionari si aparitia semnalului de avertizare. Tensiunea de la autogenerator in functie de starea metalului de controlat ,dupa redresare, se transmite la indicatorul electrono-optic si la schema in punte. (se regleaza cu ajutorul butonului „BALANS”).In diagonala puntii este cuplat un microampermetru .In afara de acesta, semnalul de dezechilibru se transmite la casca telefonica si la cele doua lampi de semnalizare cu filtru rosu, dispuse in capul de vizare si pe pupitrul aparatului.

In afara echipamentului enumerat pe panoul frontal al aparatului sunt dispuse :

- butonul „ISK-DEFECT „, cuplat in schema autogeneratorului rezistentei auxiliare, care imita semnalul descoperirii fisurilor ;
- Butonul cu indicatiile ”D.9.1...., D 9...5” si “ D1.2.4.6.7 “,”V.G.-3; D3.5” care selecteaza la aparat tipurile de palpatoare alese si capul de vizare corespunzator ;
- butonul „SUNET” care regleaza sunetul castii telefonice ;
- butonul „+ 27 V” transmite la schema blocului electronic tensiunea de alimentare (curent continuu) ;
- butonul „POROG” pentru reglarea intensitatii sunetului in casca telefonica “DATCIC” .

Lampa cu filtru verde lucreaza numai la cuplarea la “DATCIC” a capului de vizare “V.G.1” care la controlul rotilor K.T.150 D nu se foloseste.

Pentru prevenirea iesirii premature din uz a feritei palpatoarelor, aceasta este acoperita cu un strat de lac de 0,8 mm.Rezistentele active si inductantele cutiei traductoarelor D-6 , D-1 (si de asemenea D-2 .D-4) pot fi diferite .La schimbarea traductorului este necesara o acordare a defectoscopului .

2.3.2. Prezentarea functionarii defectoscopului electromagnetic cu afisaj pe ecran tip LCD asistat de microprocesor

Aparatul ELOTTEST-B1 este un reprezentant al generatiei noi de defectoscoape complexe si moderne de control cu curenti turbionari, construit de firma Rohmann GmbH .Este comandat de microprocesor, deservirea fiind condusa de meniu cu memorarea a unui numar de 50 reglaje model si 50 de reglaje ale utilizatorului . Dispune de taste functionale directe pentru cele mai importante functii : frecventa, amplificare ,faza, filtru de compensare ,valori de prag ,alarma, pozitie punct si baza de timp.

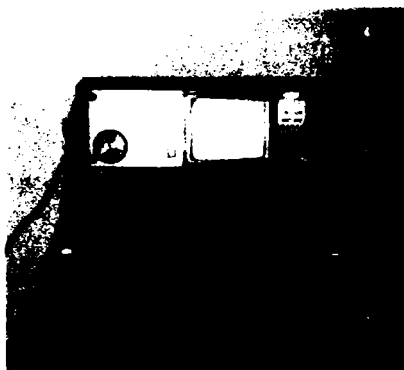


foto nr. Aparatul ELOTTEST B1

FRECVENTA – de control este reglabila in domeniul 10 Hz –10 MHz, latimea benzii de frecventa putandu-se comuta automat sau manual.Functia filtrului trece-banda are 40 trepte de la 0,5 Hz la 10 kHz .

AMPLIFICAREA- cu suprimarea semnalelor perturbatoare, prezinta un domeniu de reglare de 122 dB, cu dilatarea celor doua axe de reprezentare pana la 20 dB in pasi de 1 dB.

FAZA – se ajusteaza cu buton rotativ cu ajutorul afisajului absolut in pasi de 1 grad .Dispune de un dispozitiv automat pentru faza de lift-off, cu masurarea relativa de unghi.

CURRENTUL SINUSOIDAL – de emisie de 7Vss pe sarcina de 50 ohmi, optional de 10 Vss.

AFISAJUL – aparatului se face cu ajutorul osciloscopului, fara limite determinate de viteze mari de control sau la controlul cu traductoare rotative.Displayul grafic LCD iluminat, dimensiuni 59 x 41mm / 128 x 64 pixeli.

MEMORIE -aparatul poseda memorie digitala de imagine in format compatibil DOS pentru scopuri de referinta, documentare prin PC sau imprimanta.

Aparatul dispune de numeroase functii de siguranta, automate sau apelabile .Dintre acestea se distinge autotestul de calibrare-simulare, care se realizeaza automat dupa pornire si este apelabil in timpul functionarii, controlul continuu al functionarii corecte a cablului si traductorului, controlul depasirii semnalului, deconectarea automata in caz de nefolosire a aparatului.

SENSIBILITATEA – este sub 1 μ V la un raport semnal /zgomot de 6 dB la frecventa de 100 Hz. Dinamica, este 79 dB de la semnale de 200 mV/ohm pana la semnale de 2000 V/ohm.

Defectoscopul poate fi construit si specializat pe aplicatii statice cu traductoare-sonda manuale, respectiv pentru aplicatii dinamice cu traductoare –sonda rotative.

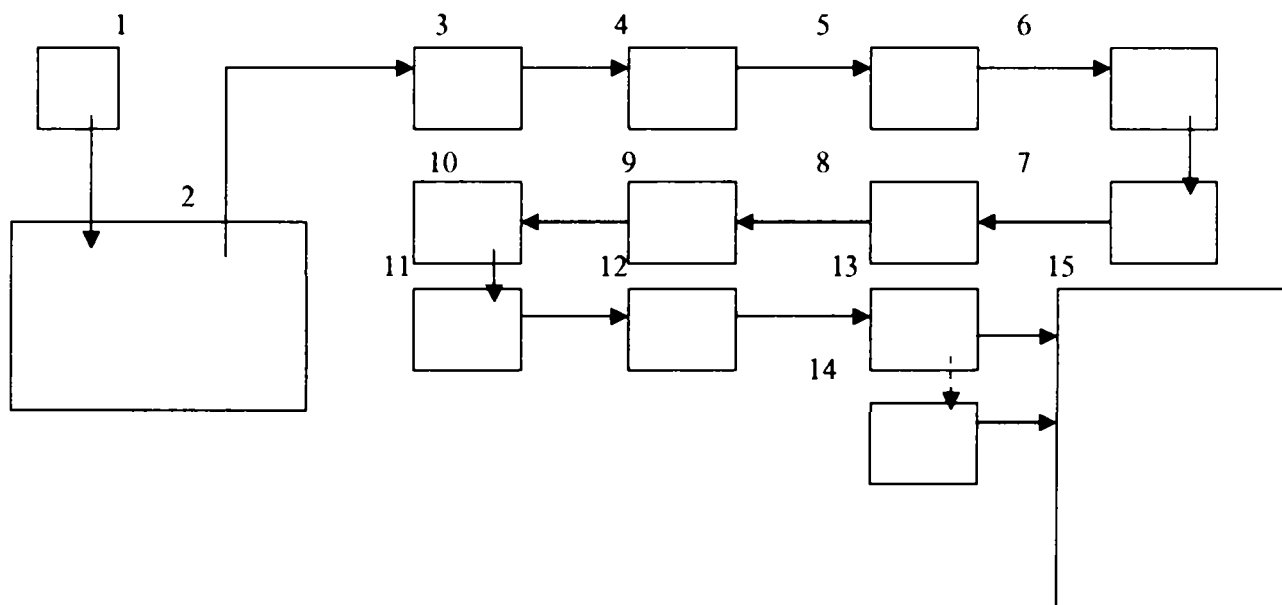
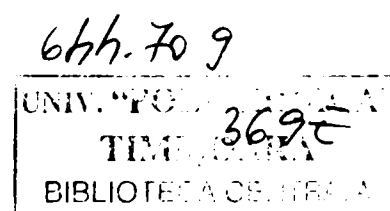


fig.2.6. Schema bloc a defectoscopului cu curenti turbionari ELOTES B1

Schema de functionare este redată in fig.2.6 si contine urmatoarele blocuri:

- 1- generatorul de frecventa 10 Hz-10 MHz ;
- 2 - piesa de controlat ;
- 3- selectorul de frecventa de intrare ;
- 4-preamplificatorul de la -12dB la 30 dB,in trepte de cate 6 dB;
- 5-bloc de prelucrare a semnalului ;
- 6-filtre pentru trei domenii de frecventa ;
- 7-bloc de compensare ;
- 8-regulator de sensibilitate, de la 0 la 60 dB ;
- 9-bloc de pozitionare a punctului ;
- 10-rotatia fazei de 360 grade ;
- 11-amplificare-extindere axiala de la 0 la 20 db ;
- 12-comanda on-off ;
- 13-alarma sonora reglabila ;
- 14-alegerea memoriei –interfata hard ;
- 15-ecran osciloscop cu cristale lichide.



In fig.2.7 este prezentat aparatul ELOTEST -B1 - vedere frontala si panoul de comanda in fig.2.8

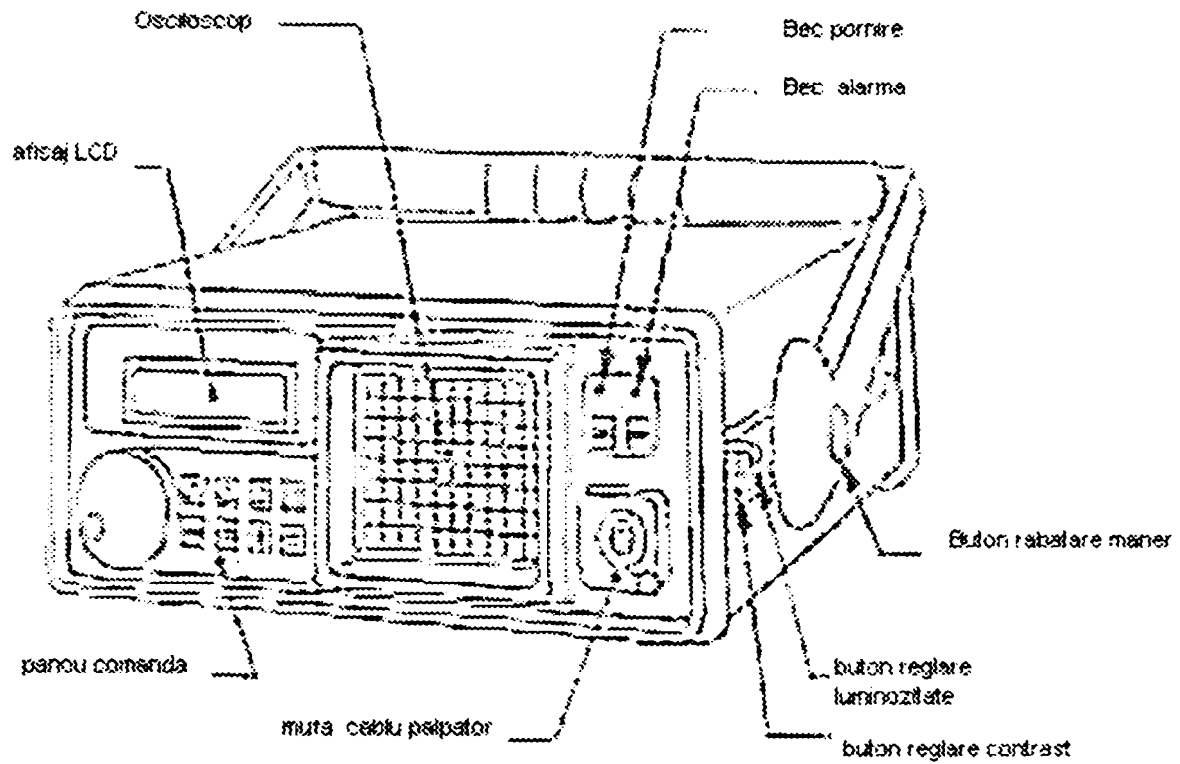


fig.2.7. Aparatul ELOTEST B1-vedere generala

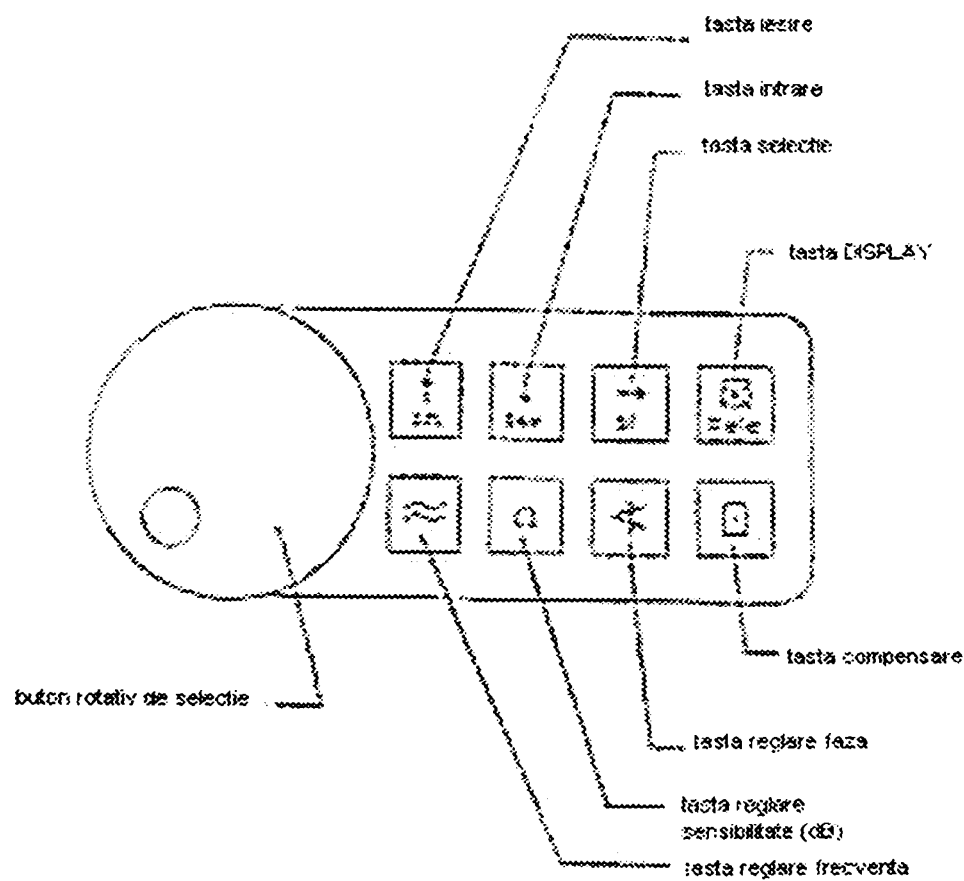


fig.2.8. Aparatul ELOTEST B1-panou comanda

In fig.2.9 sunt rediate semnalele tipice ale osciloscopului aparatului intr-un caz tipic de decelare a unei discontinuitati in material .

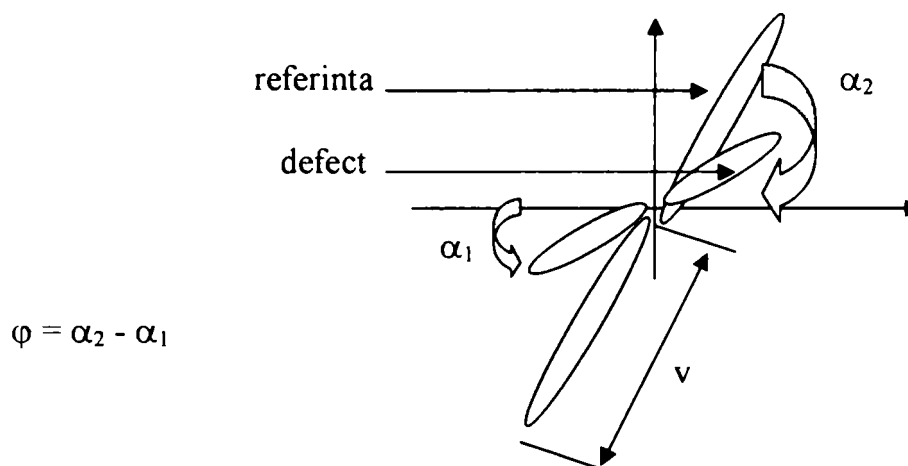


Fig.2.9 Semnale tipice obtinute pe osciloscop

Ele se evalueaza dupa urmatoarele criterii :

- 1.unghiul de faza α , determinat de pozitia buclei semnalului ;
- 2.defazajul φ intre unghiul de faza α_1 al semnalului util provenit de la discontinuitate si unghiul de faza α_2 al semnalului de referinta obtinut de la orificii de calibrare ale corpului de etalonare ,de la orificii sau trenuri artificiale de comparatie practicate in piesa controlata ;
- 3.amplitudinea vectorului semnalului v ,care este independenta de defazajul φ ;
incadrarea varfului semnalului in campuri sectoriale ,functie de pozitia in sistemul de coordonate X-Y .

Analiza comparativa a celor doua tipuri de aparate

Fiind un produs al generatiei noi de defectoscoape Elotest B1 este superior aparatului V.D.T.-3, avand integrat microprocesor cu posibilitati de memorare a reglajelor efectuate de utilizator. V.D.T.-3 este un produs tehnologic din anii 1975-1980 cand afisajele tuturor semnalelor se faceau pe ampermetre si lampi de avertizare, iar posibilitatile de reglare in frecventa erau limitate. Aparatul a fost proiectat pentru o plaja de aplicabilitate limitata fiind specializat pe anumite tipuri de control, lucrand pe frecventa de 2 MHz .Elotest are posibilitatea sa fie reglat in frecventa pentru orice control .Faptul ca poate sa salveze datele de analiza a

pieselor pe imprimanta sau la calculator il face superior VDT –ului.

La Elotest este posibila amplificarea semnalului pana la 122 dB precum si faptul ca se poate vizualiza semnalul de iesire in doua formate, pozitie punct si baza de timp.V.D.T.-3 pe langa afisajul pe care il poate reda microampermetrul, mai are doua semnale optice si unul acustic de avertizare, lampa cu filtru verde, un bec de avertizare « defect » si casca telefonica .

Posibilitatea de verificare a functionarii normale a lui Elotest B1 prin functia « Autotest »cu pornire automata, constituie un alt salt calitativ fata de aparatul VDT-3 .

Alte diferente ar mai fi :

- controlul continuu al functionarii corecte a cablului si traductorului ;
- controlul depasirii semnalului ;
- deconectarea automata in caz de nefolosinta a aparatului ;
- control al pieselor atat static cat si dinamic cu traductoare sonda rotative etc.

Multitudinea acestor deosebiri fac ca cercetarea pe aparatul Elotest B1 sa fie benefica in studiul pe repere aviatice, descoperind in felul acesta noi posibilitati de investigare, ceea ce duce la marirea securitatii zborului aeronavelor din dotare.

2.3.3.Principiul reprezentarii analogice a discontinuitatilor din materiale cu ELOTEST B

Tensiunea de masurare si faza acestuia apare sub forma unei elipse, ce poate fi vizualizata pe ecranul unui osciloscop catodic folosit de majoritatea defectoscoapelor. Formarea imaginii pe osciloscop, la diferite valori ale unghiului de defazaj, este diferita.In cazul in care unghiul de defazaj este 0° respectiv 180° se obtine pe ecranul osciloscopului o dreapta de o anumita inclinatie.In cazul in care unghiul de defazaj este 90° respectiv 270° pe ecranul osciloscopului, spotul luminos va descrie o elipsa .La diferente de faza de 45° respectiv 225° elipsele se dispun oblic.In momentul in care apar modificari de faza si amplificari ale semnalului inseamna ca in piesa respectiva exista zone cu fisuri sau cu variatii de conductivitate electrica.Rezulta in final ca punctul de intersectie a elipsei cu axa orizontala maxima de simetrie indica amplitudinea maxima a tensiunii de incercare [20].In fig.2.10 ; 2.11; 2.12 si 2.13 sunt in stanga, reprezentarea desfasurata in timp, iar in dreapta cea eliptica .

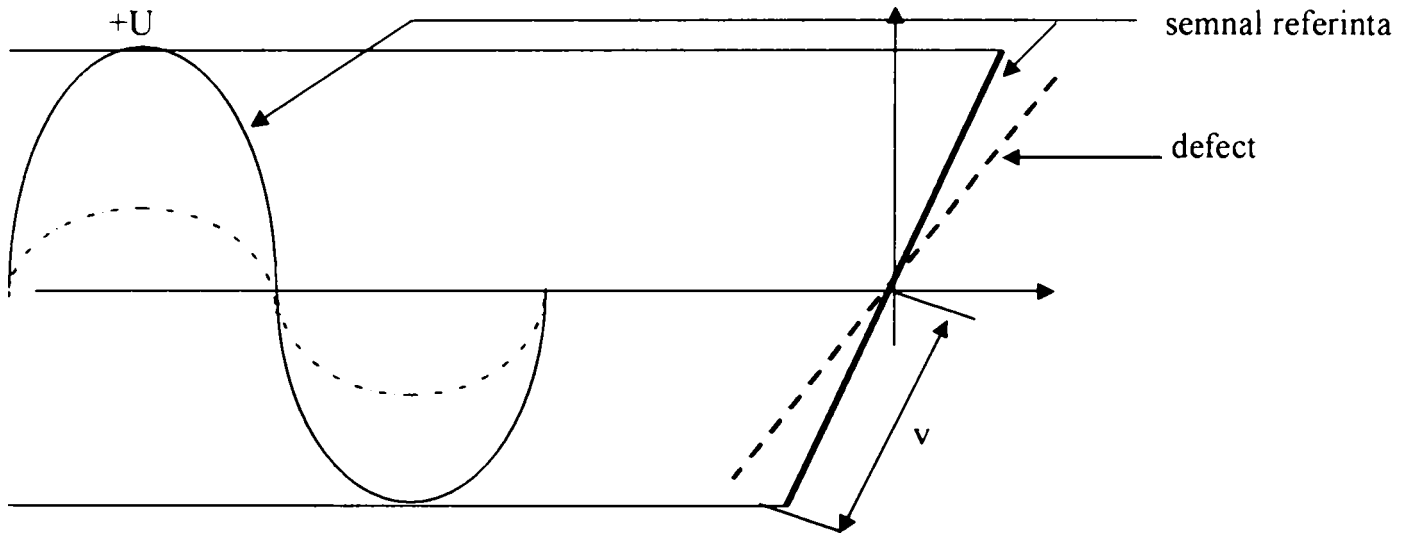


fig.2.10 Semnale tipice obtinute pe osciloscop $\Delta\phi = 0^\circ$

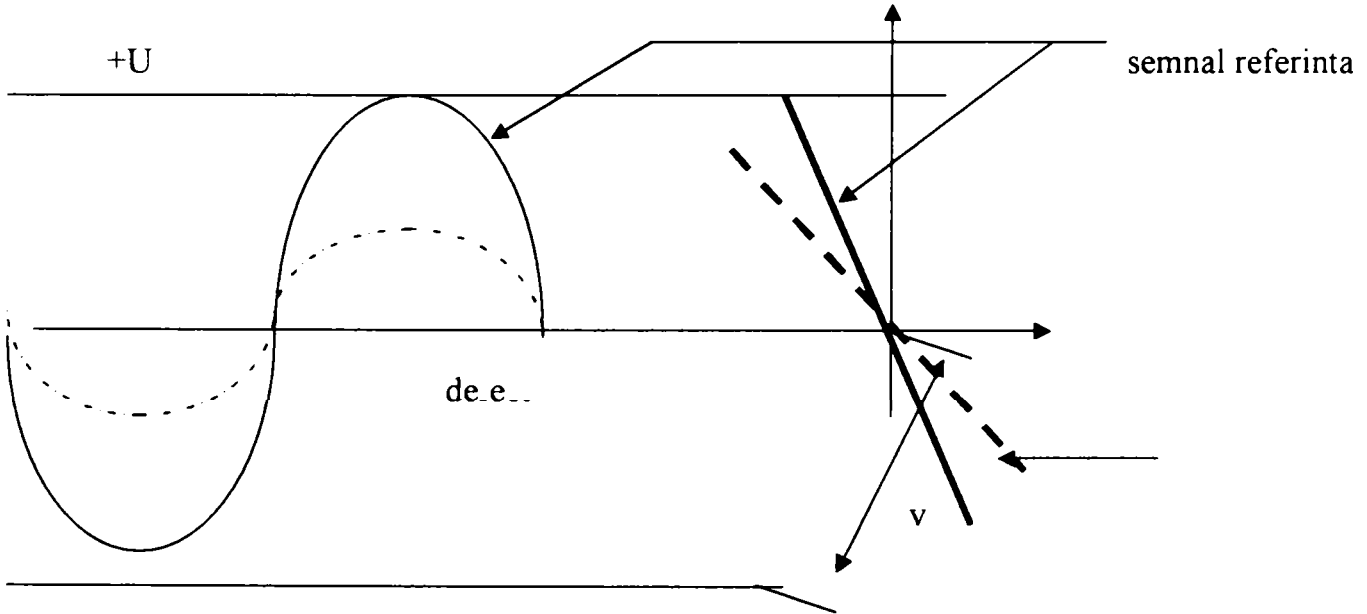


fig2.11 Semnale tipice obtinute pe osciloscop $\Delta\phi = 0^\circ$

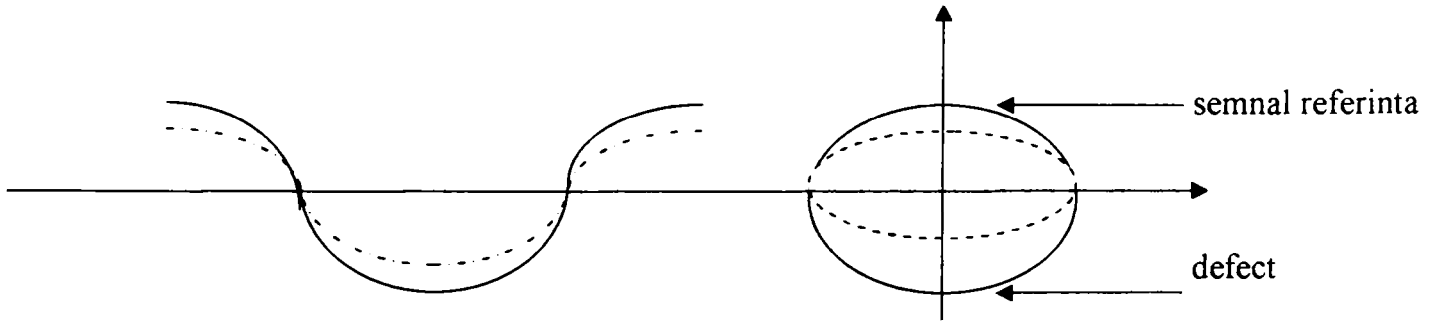


fig.2.12 Semnale tipice obtinute pe osciloscop $\Delta\phi = 90^\circ$

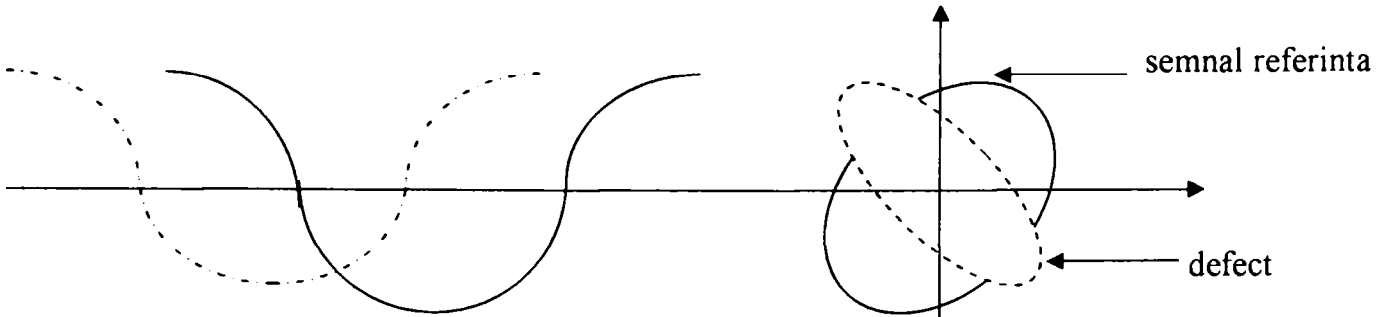


fig.2.13 Semnale tipice obtinute pe osciloscop $\Delta\phi = 45^\circ$ si $\Delta\phi = 135^\circ$

2.3.4. Alegerea parametrilor de control

Fazele examinarii cu curenti turbionari sunt urmatoarele :

- alegerea sistemului de bobine ;
- calibrarea in functie de factorii de influenta urmariti;
- desfasurarea controlului ;
- evaluarea si interpretarea semnalelor .

In cazul in care documentatia de executie a controlului nu prevede frecventa de lucru, aceasta urmeaza sa fie stabilita in functie de materialul piesei supus controlului si forma acestuia, caracteristicile sistemului de control si ale corpului de reglare –etalonare.

Etapele premergatoare, de pregatire a controlului sunt orientate spre asigurarea unei bune centrari a piesei si a sistemului de bobine, minimizarea influentei capetelor (efectul de margine), determinarea prin incercari prealabile a vitezei de deplasare relativa piesa-sistem de bobine si determinarea campului magnetic necesar.

La alegerea sistemului de bobine se vor lua in considerare posibilitatile de compensare a semnalelor perturbatoare oferite de bobinele diferentiale, de asemenea faptul ca aceste semnale sunt cu atat mai eficiente suprimate, cu atat lungimea bobinei este mai mare . Se are in vedere coeficientul de umplere, care trebuie sa fie de 0,5 – 0,9 .

Sistemul de deplasare trebuie sa ofere posibilitatea unei centrari cat mai exacte a sistemului de bobine. Verificarea se realizeaza prin urmarirea semnalelor obtinute de la trei orificii de calibrare identice, practicate in piesa la 120 grade. La o centrare corespunzatoare semnalele respective vor fi egale.

Frecventa de control se alege luand in considerare :

- separarea influentei adancimii defectului ;
- raportul dintre indicatiile interioare si exterioare ale discontinuitatii ;
- marirea defazajului dintre semnale in functie de influenta factorilor perturbatori .

In cazul discontinuitatilor superficiale sensibilitatea de detectare la suprafata exterioara se maresc, iar sensibilitatea de detectare la suprafata interioara scade cu cresterea frecventei. Totodata are loc o marire a defazajului dintre semnale. Sensibilitatea controlului se determina cu o piesa de comparatie de acelasi fel si marime ca si piesa controlata. Se folosesc defecte artificiale, cat mai apropiate ca forma si dimensiuni de cele naturale, urmarite in cursul testarii.

In scopul reprimarii semnalelor perturbatoare provenite din variatii de permeabilitate ale pieselor feromagnetice, se foloseste magnetizatia de saturatie. Pentru aceasta este necesar ca intensitatea campului magnetic tangential la piese cilindrice sa fie de cel putin 160 kA/m.

Pastrarea constanta a influentei adancimii discontinuitatii se realizeaza daca se foloseste un raport constant intre densitatea curentilor turbionari, care actioneaza in exterior, respectiv in interior. Distanta de asezare dintre bobina de excitatie si bobina de masurare are o mare importanta, deoarece latimea campului de actiune electromagnetica se micsoreaza pe masura maririi frecventei. Astfel la frecvente de 10 –20 kHz, coeficientul de marire relativa a campului de actiune este cuprins intre 1,2 si 1,5. La frecvente de peste 50 kHz nu se mai produc modificari. De asemenea, latimea campului de actiune este influentata de spatiul (rostul) dintre piesa si bobina, in sensul ca pe masura maririi acestuia si latimea de actiune creste [20].

2.4.CONTROLUL ROTILOR DE AVIATIE

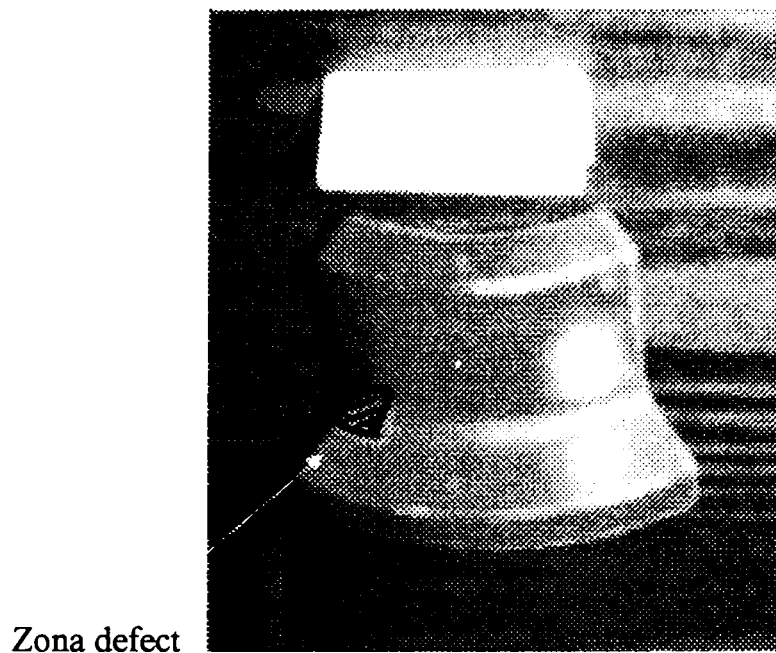
In acest subcapitol se realizeaza o monitorizare stricta a rotilor de aviatie prin metoda curentilor turbionari. Se prezinta tehnologia de executare a controlului rotilor de aviatie de tip KT-150, analizandu-se comparativ atat rezultatele cu aparatul V.D.T.-3 cat si rezultatele obtinute cu aparatul ELOTEST B1.

2.4.1. Prevederi privind functionarea si controlul rotilor

In procesul exploatarei rotilor KT-150, pe timpul rulajului pe pista a avionului MIG 23, s-a produs un accident cu urmasi ce puteau sa fie grave. Datorita imperfectiunilor de constructie si controlului superficial al rotilor, s-a rupt butucul rotii, cauzand avarii ale trenului de aterizare.

Daca acest lucru se intampla in timpul procesului de aterizare, probabilitatea realizarii unei catastrofe, crestea foarte mult. Cu o viteza de aterizare intre 280-330 km/h aeronava ar fi fost practic deviata de pe axul de aterizare, datorita momentului creat de franarea brusca in momentul ruperii butucului rotii. La asemenea viteze rostogolirea aeronavei este iminenta ceea ce poate produce explozia ei, cu implicatii directe asupra vietii pilotului. Distrugerea aeronavei poate fi totala, implicand costuri de milioane de dolari.

Butucul rotii suporta forte foarte mari la aterizare. In stationare avionul cantareste, fara acrosaje, in jurul a 15.000 kg cu posibilitati de a creste aceasta masa pana la 20.000 kg in functie de misiunea executata. Daca se imparte uniform fortele de sustinere pe cele trei jambe ale trenului de aterizare se obtine o forta de 5.000-7000 kgf pe butuc (aceasta forta se exercita in stationarea aeronavei). La aceasta se aduna si forta de impact la contactul cu solul, in procesul aterizarii, marimi care cresc de 2-3 ori, functie de greutatea acrosajelor si de combustibilul ramas la bord, precum si de viteza de aterizare. De aceea se impune cu rigurozitate efectuarea unor controale periodice. In prezent controlul rotilor de aviatie se realizeaza din 25+10 in 25+10 aterizari efectuate de aeronava sincronizandu-se cu schimbarea cauciucului (din cauza uzurii). In continuare se prezinta un fragment de roata de aviatie KT-150, la care in procesul exploatarei s-au depistat defectiuni cu fisuri avand adancimi de 0,2 mm pe lungimi de 2-3 mm. Se observa, in foto nr.2, zona afectata incadrata cu vopsea rosie. Mai multe reprezentari sunt redate in Anexa nr.6



Zona defect

foto nr.2 Fragment de roata KT-150

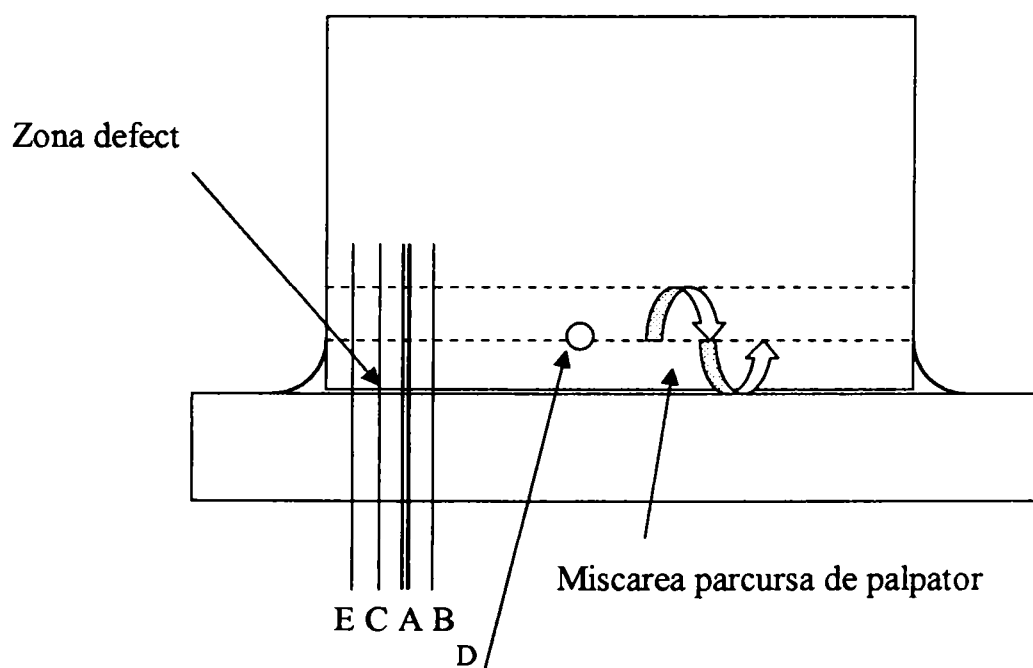


fig.2.17. Fragment de roata KT-150 reprezentare in plan X -X

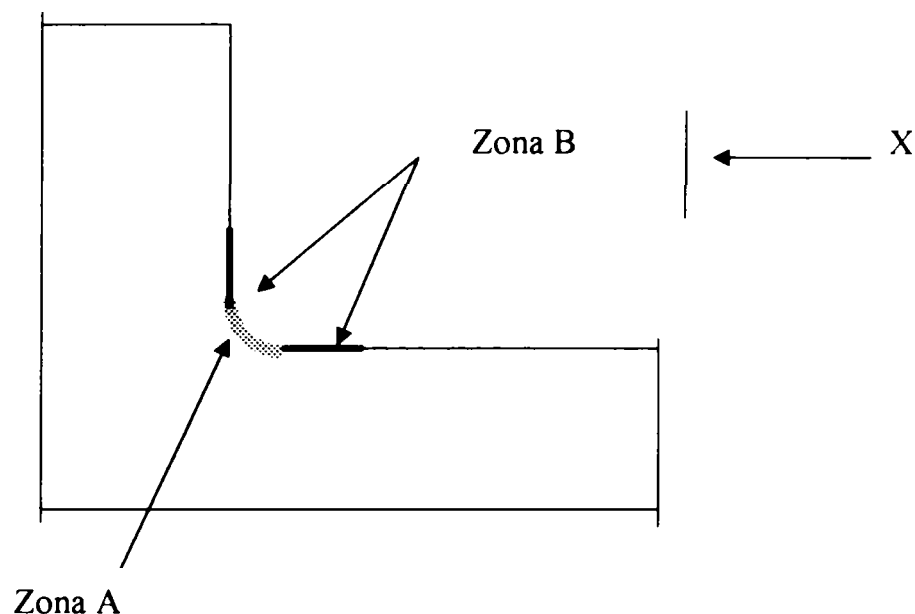


fig.2.18. Fragment de roata KT-150 -reprezentare laterala

2.4.2. Obiectele si zonele de control

Detaliile care se supun la controlul prin metoda curentilor turbionari sunt tamburul si bordura rotii .

1. La tamburul rotii controlul se face in :

- Zona 1 – sectorul partii cilindrice al butucului tamburului pe o lungime de 50 mm ,la o distanta de 10 mm de disc.
- Zona 2 – zona de trecere a butucului in zona (discului) tambur ;
- Zona 3 - zona de trecere a bordului nedetasabil a tamburului in zona cilindrica (vezi fig.2.21) .

2. La bordura detasabila controlul se face in :

- Zona B – partea cilindrica exterioara a suprafetei din partea frontala ,exceptand o zona lunga de 2 mm ;
- Zona V- partea cilindrica si conica a suprafetei interioare din partea frontala exceptand o fasie de 2 mm (fig.2.22).

Pentru a da nastere curentilor turbionari in piese de volum mare, traductoarele D-1 si D-6 au nevoie de o zona de control cu un diametru de 3 mm.

Pentru descoperirea fisurilor de lungime de 2-3 mm traductorul trebuie plimbat pe toata suprafata de controlat pe un traseu in forma de zig-zag si din mai multe unghiuri (drepte).

Viteza de miscare a traductorului trebuie sa fie 10-50 mm/s (vezi fig.2.19 si 2.20).

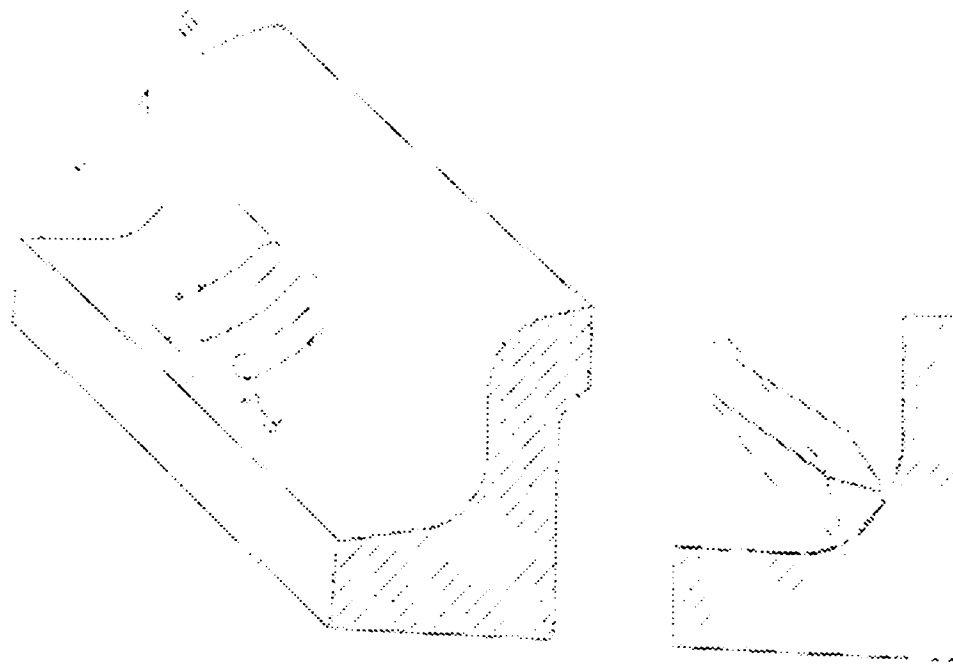


fig.2.19 Traseul palpatorului pe tamburul rotii de aviatie KT-150

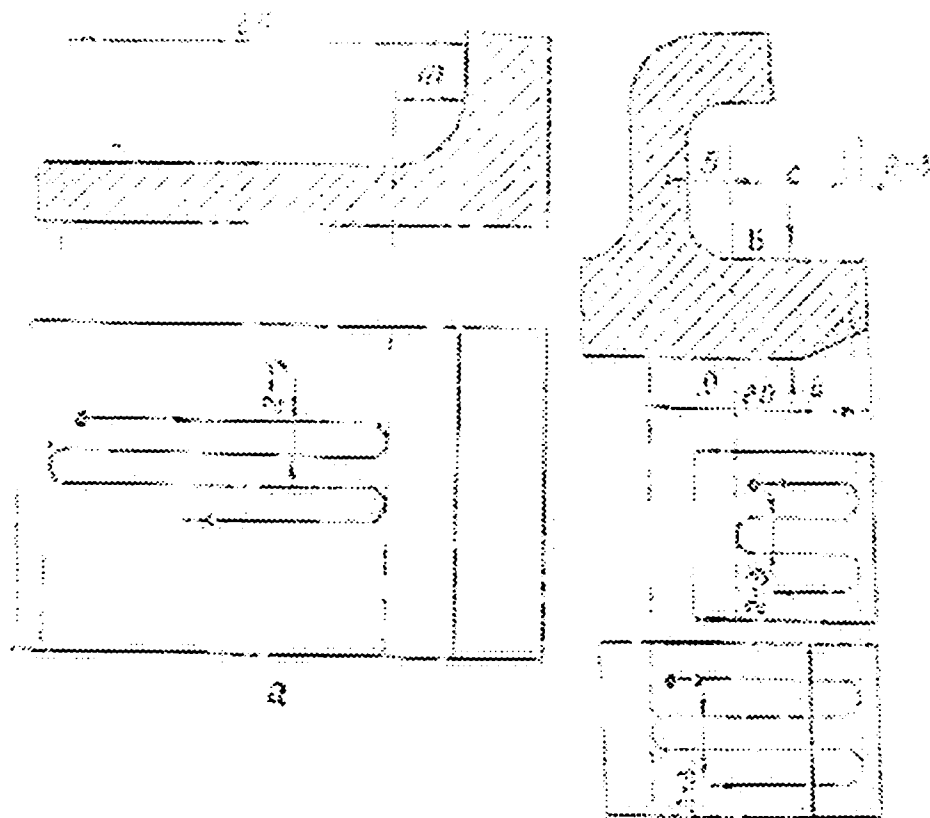


fig.2.20. Traseul palpatorului pe bordura detasabila a rotii de aviatie KT-150

Frecventa autogeneratorului defectoscopului V.D.T.-3 la lucrul cu traductoarele D-1 , D-6 (si de asemenea D-2 si D-4) este in jur de 2 MHz. La aceasta frecventa, curentii turbionari se induc in suprafata produsului de controlat pe o adancime care depinde de conductivitatea electrica a metalului . In cazul materialului rotilor de aviatie KT-150 D si KT-150 E curentii turbionari patrund in material pe o adancime de 0,2 mm .

La controlul rotilor de aviatie se folosesc impreuna cu capul de vizare V.G.-2 traductoarele detasabile D-6 si D-1. Forma traductorului se alege in functie de zona de controlat .

Traductoarele D-6 pot fi folosite pentru controlul zonelor 1-2-3 (fig.2.21 si fig.2.22)si zonelor B,V (fig.2.22). Traductoarele D-1 controleaza zona 3 (fig.2.21) si zona V (fig.2.22).In cazul ambelor traductoare, avem cutiile inductive identice cu ferita, cu un diametru de 2 mm.

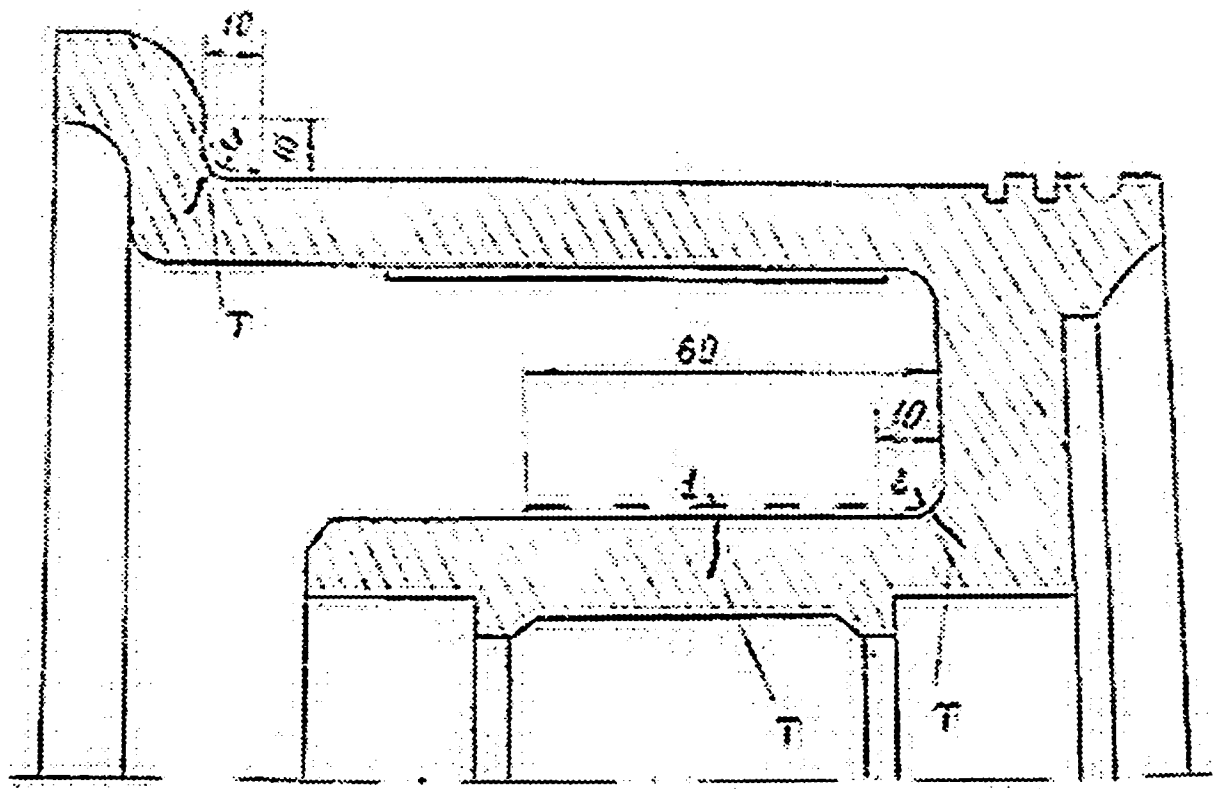


fig.2.21. Zonele de control la tamburul rotii de aviatie de tip KT-150

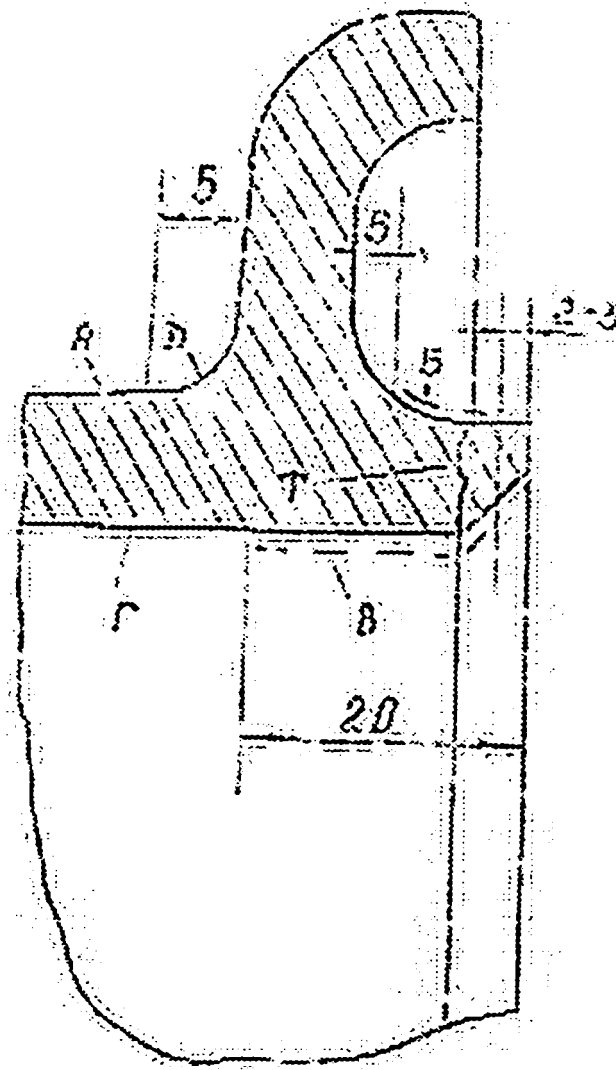


fig.2.22. Zonele de control la bordura detasabila a rotii de aviatie de tip KT-150

In fig.2.19 se prezinta modul de folosire a palpatorului la tamburul rotii, urmarindu-se dupa un contur sinusoidal, zona de racordare pe o distanta de 8-10 mm fata de ax (reprezentand originea razei de racordare a butucului) si o distanta $\lambda/2 = 2-3$ mm. La fel se prezinta miscarea palpatorului la bordura detasabila ilustrata in fig.2.24. In fig.2.23 se prezinta zonele posibile de aparitie a fisurilor si lungimea lor.

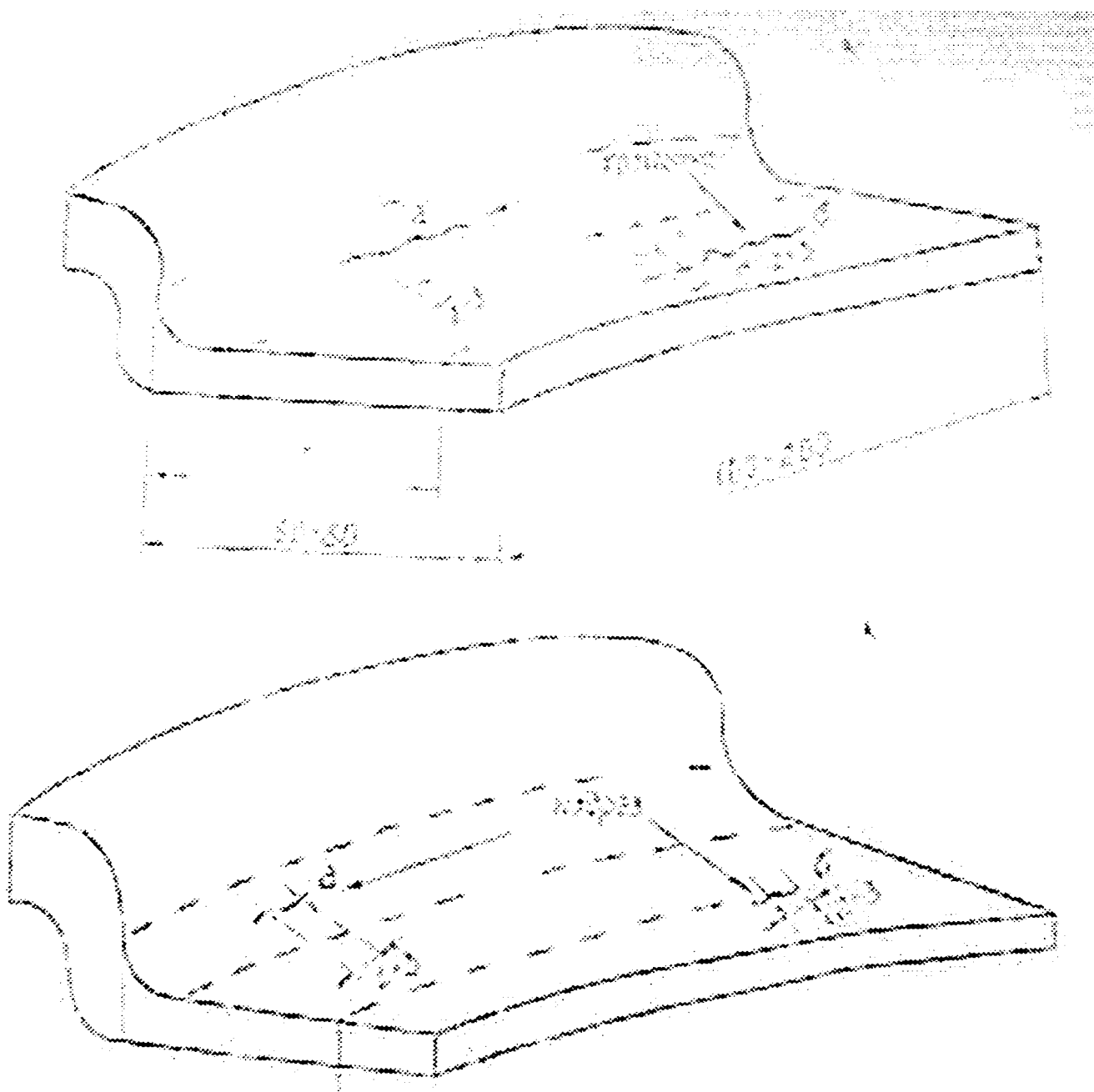


fig.2.23.Zonele posibile de aparitie a fisurilor si lungimea lor.

2.4.3. Schema circuitului curentilor turbionari in sectiunea rotii de aviatie

Daca se iau ca referinta notiunile de la subcapitolul "2.1.1. Notiuni fundamentale ale campului electromagnetic" se poate reprezenta schema traseului curentilor turbionari in roata de aviatie, reprezentarea constituind un caz particular (fig.2.24).

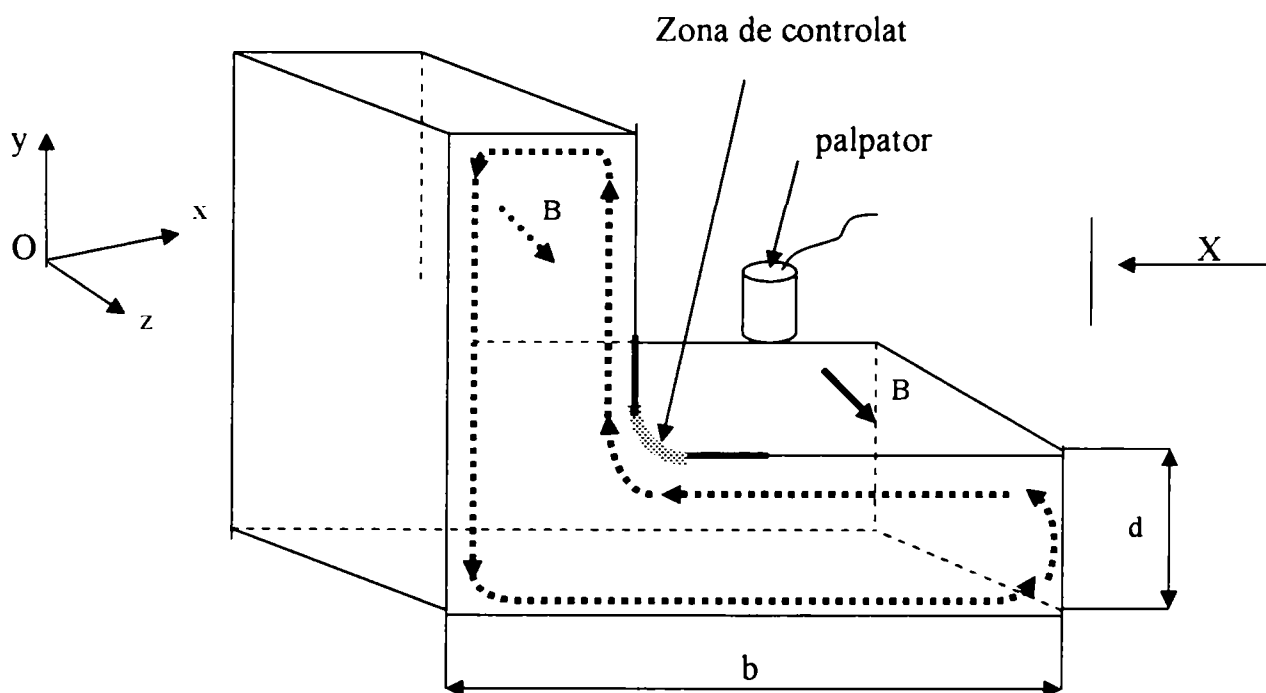


fig.2.24. Distributia curentilor turbionari in roata de aviatie

Palpatorul deplasandu-se pe axa Oz genereaza curenti turbionari (cu linie punctata) pana la adancimea maxima de patrundere, corespunzatoare rotii de aviatie dupa relatia

$$a = 503 / \sqrt{\mu r f \lambda} \quad (2.29)$$

In cazul rotii de aviatie KT-150 aceasta adancime este intre 0,2-0,5 mm.

2.4.4. Etalonarea aparatului cu ajutorul defectelor artificiale si etaloanelor.

Etalonarea se face separat pe cele doua aparate prezentate anterior.

2.4.4.1. Etalonarea pe aparatul V.D.T.-3

A. Pregatirea produsului si aparaturii pentru control

Zonele care urmeaza a fi controlate trebuie sa fie curatate cu grija cu benzina pentru indepartarea grasimilor, uleiurilor etc. Se curata locul de coroziune, grosimea stratului de coroziune nu trebuie sa depaseasca 0,5 mm. Daca in zona de control se observa la un control vizual deformari ale stratului exterior de lac acesta se indeparteaza .Se instaleaza tamburul sau gulerul rotii in dispozitiv, se asigura rotirea acestuia si se efectueaza controlul.

Operatiunile pregatirii aparatului sunt urmatoarele:

- Se cupleaza la cupla „DATCIC” capul de vizare VG-2 cu traductorul D-6 iar la cupla ”+27 V” cablul de alimentare.

- Se cupleaza, respectandu-se polaritatea, cablul de alimentare la o sursa de curent continuu cu o tensiune de 23-30 V. Pulsatia tensiunii sursei de alimentare nu trebuie sa depaseasca 1 % .

- Butonul rezistentelor nominale din schema indicatorului electric al defectoscopului se cupleaza in pozitiile „D1.2.4.6.7.

- Butonul; „SUNET ” ramane in pozitia initiala sau se cupleaza in jos.

- Se cupleaza defectoscopul prin dispunerea butonului „+27 V ” in pozitia functionare .

Peste 15-20 secunde dupa cuplare trebuie sa se ilumineze ecranul electrono-optic al indicatorului . Se lasa defectoscopul sa se incalzeasca timp de 10-15 minute dupa care aparatul este pregatit de lucru.

Controlul V.D.T.-3 se executa pentru a vedea daca blocul electronic al aparatului si capul de vizare sunt in stare de functionare.

Asigurarea capacitatii de lucru se face in modul urmatoar:

a. Se asigura daca circuitele traductorului si capul de vizare nu sunt intrerupte. Despre

intreruperea acestor circuite vorbeste faptul ca apare pe ecran (pe latime) o pata intunecata. La cuplarea la capul de vizare a traductorului si rotirea butonului „NASTROICA” pata intunecata trebuie sa se modifice de la 0 pana la 15-20 mm. In cazul in care sunt intreruperi in circuitul traductorului (capului) pozitia petei nu se modifica la rotirea butonului „NASTROICA” ci ramane in jurul a 15-20 mm.

b.Daca circuitul traductorului este in stare de functionare atunci se instaleaza) palpatorul in locul fara defect al etalonului de control (la o departare nu mai mare de 10 mm de locul defectului si pana la sfarsit.

Se roteste butonul „NASTROICA” si se suprapune pozitia petei intunecate de pe ecran cu semnul fix de pe rama aparatului, ceea ce corespunde unui regim optim de functionare al autogeneratorului .

c.Se roteste butonul „BALANS” si se duce acul microampermetrului in zona 50-200 μA apoi se fixeaza la zero, ceea ce inseamna ca puntea electrica a blocului electronic este in echilibru.

d.Se incarca defectoscopul prin rotirea butonului „BALANS”, in sens invers acelor de ceasornic, pana la intervalul 0,5-1,0 diviziuni.

e.Nu se misca traductorul de pe locul fara defect al suprafetei etalonului de controlat : se apasa butonul „ISK-DEFECT”, acul microampermetrului nu trebuie sa depaseasca 500 μA , becul rosu de semnalizare trebuie sa arda timp de 1-2 secunde , iar latimea petei intunecate de pe ecran trebuie sa se mareasca .

f..Se elibereaza butonul „ISK-DEFECT”, acul microampermetrului trebuie sa se deplaseze in pozitia nula a scalei iar marimea petei intunecate de pe ecran se micsoreaza pana la marimea semnului de pe rama.

g.Se deplaseaza traductorul pe fisura (crapatura) pe o adancime de 0,5 mm de pe etalonul de control . Indicatorul trebuie sa se comporte ca si la punctul e.

h. se indeparteaza traductorul de pe fisura (crapatura) .Indicatorul trebuie sa se comporte ca la punctul f.

i. Daca in procesul de control a capacitatii de lucru a defectoscopului se observa ca acul indicator nu se deplaseaza dupa comanda butonului „BALANCE” a puntii si efectuarea punctului c si d, atunci inseamna ori ca pulsatia tensiunii de alimentare este mai mare de 1 %, ori defectoscopul nu este bun .

B. Alegerea locului fara defecte al produsului de controlat pentru etalonare.

Daca controlul repetat al etalonului de control lipseste atunci etalonarea defectoscopului trebuie efectuat dupa instalarea traductorului in locul fara defecte in intervalele zonei de verificat sau alteia analoage formei obiectului de controlat.

Pentru roata KT-150 este mai usor de folosit suprafata D si suprafata cilindrica A sau G a gulerului detasabil al rotii in intervalele in care fisurile pot apare cel mai probabil. Locurile fara defecte se aleg separate, pentru controlul zonelor 2 si 3, folosind pentru aceasta suprafata D si separat pentru controlul zonelor 1 , B si V, folosind pentru aceasta suprafata cilindrica.

Alegerea locurilor fara defecte pe baza indicatiei electrono-optice se alege in urmatorul fel:

1. Se instaleaza traductorul in locurile necesare (suprafata D si A) .

La suprafetele D traductorul trebuie deplasat radial pe suprafata plana sub un unghi de 45° fata de suprafata cilindrica „A” .La suprafata cilindrica A traductorul de asemenea trebuie deplasat radial perpendicular pe suprafata D. Butonul „NASTROICA” suprapune pata de pe ecran cu semnul de pe rama .

2. Se deplaseaza traductorul in lungul obiectului pe o distanta de 4-5 mm (perpendicular pe directia probabila de aparitie a fisurilor) si se observa de fiecare data modificarea petei de pe ecranul indicator.
3. Daca in timpul miscarii traductorului marimea petei nu se modifica atunci in locul in care se

deplaseaza traductorul lipsesc defectele si in oricare din aceste locuri, se poate instala traductorul, pentru a fi etalonat aparatul .In cazul in care se observa modificarea marimii petei de pe ecran, locul fara defect se alege acolo unde marimea petei este minima.

4. La alegerea locului fara defecte indicatia altor aparate, microampermetru, lampa rosie nu se ia in considerare.

C. Etalonarea defectoscopului

Etalonarea defectoscopului inaintea controlului produsului se efectueaza cu scopul asigurarii sensibilitatii acestuia in descoperirea fisurilor , repetarii rezultatelor controlului, reducerii influentei factorilor perturbatori.

Etalonarea defectoscopului se executa separat pentru controlul zonelor 2 si 3 a tamburului si separat controlului zonei 1 a tamburului si zonei B si V a bordului detasabil.

Defectoscopul se regleaza pe etalonul de control (controlul repetat) sau direct pe detaliul de controlat , de regula bordul detasabil , dupa alegerea locului fara defect , la suprafata D (acordul pentru controlul zonelor 2 si 3) sau a suprafetei A (acord pentru controlul zonelor 1, B,V).

Reglarea se executa in urmatorul mod:

1. Se monteaza traductorul in locul fara defect al etalonului de control sau se alege locul fara defecte al detaliului de verificat.
2. Se acordeaza generatorul defectoscopului dupa care se roteste butonul „NASTROICA” si se suprapune pata de pe ecran cu semnul pe rama aparatului.
3. Se acorda schema in forma de punte a aparatului : se roteste butonul „BALANS” deplasand acul microampermetrului in intervalul 50-200 μ A, apoi se deplaseaza acul in pozitia nula .
4. Se creaza un dezechilibru al puntii defectoscopului .Aparatul va avea suficienta sensibilitate, dar nu va putea reactiona la parazitii exteriori, suprafete cu asperitati, schimbarea jocurilor etc. In acest scop se roteste butonul auxiliar (suplimentar) ”BALANS in sensul invers acelor de ceasornic, pana cand acul arata 0,5-1,0 diviziuni.
5. Se monteaza traductorul in diferite pozitii aproximativ 15 grade fata de normala la suprafata:

de controlat .Desigur pentru etalonarea defectoscopului trebuie citite indicatia in directia defectului –atunci acul aparatului trebuie sa bata in dreapta si lampa sa arda.

Controlul sensibilitatii defectoscopului

Controlul sensibilitatii se efectueaza pe baza controlului etalonului de control sau pe baza imitatorului electric „ISK-DEFECT” , traductorul se deplaseaza pe intervalul campului insemnat si se urmareste indicatia aparatului .

La acordul defectoscopului se apasa butonul „ISK-DEFECT” si se urmareste indicatia aparatului.

In momentul dispunerii traductorului pe defect sau la apasarea butonului „ISK-DEFECT” trebuie urmarite indicatiile aparatului; acul microampermetrului trebuie sa devieze in dreapta pana la $300 \mu\text{A}$ (nu mai mult); trebuie sa se aprinda timp de 1-2 secunde lampa rosie; marimea petei de pe ecranul aparatului trebuie sa se modifice in salturi.

2.4.4.2..Etalonarea pe aparatul ELOTEST B1

A. Pregatirea produsului si aparaturii pentru control

Se executa urmatoarele operatiuni :

1. Se conecteaza : - aparatul ELOTEST B1 la sursa de curent ;
 - palpatorul tip KD 2-1 la firul EK-2HF ;
 - firul EK-2HF la mufa B1-RS .
2. Se apasa pe intrerupatorul general de alimentare (pozitionat in spatele aparatului linga firul de alimentare).
3. Se apasa pe butonul ON (vezi graficul Chapter 1 page 7 din Manualul de utilizare ELOTEST B1).

Pe fereastra LCD apare mesajul - HELLO – esr
ELOTEST B.1.3 SDM

Se lasa aproximativ 5 minute aparatul in functiune.

B. Alegerea locului fara defecte al produsului de controlat pentru etalonare.

Etalonarea defectoscopului trebuie efectuat dupa instalarea traductorului in locul fara defecte in intervalele zonei de verificat sau alteia analoage formei obiectului de controlat.

Pentru roata KT-150 este mai usor de folosit suprafata D si suprafata cilindrica A sau G a gulerului detasabil al rotii in intervalele in care fisurile pot apare cel mai probabil.

Locurile fara defecte se aleg separat pentru controlul zonelor 2 si 3 folosind pentru aceasta suprafata D si separat pentru controlul zonelor 1 , B si V ,folosind pentru aceasta suprafata cilindrica.

Alegerea locurilor fara defecte pe baza indicatiei electrono-optice se alege in urmatorul fel:

1. Se instaleaza traductorul in locurile necesare (suprafata D si A) .

La suprafetele D traductorul trebuie deplasat radial pe suprafata plana sub un unghi de 45° fata de suprafata cilindrica „A” .La suprafata cilindrica A traductorul de asemenea trebuie deplasat radial perpendicular pe suprafata D (vezi figurile de la subcapitolul 2.4.) .

2. Se va deplasa traductorul dupa realizarea setarilor, in lungul obiectului pe o distanta de 4-5 mm (perpendicular pe directia probabila de aparitie a fisurilor) .

3. Daca in timpul miscarii traductorului, cu aparatul setat corespunzator, marimea oscilogramei nu se modifica, atunci in locul in care se deplaseaza traductorul lipsesc defectele si in oricare din aceste locuri, se poate instala traductorul, pentru a fi etalonat aparatul. In cazul in care se observa modificari ale oscilogramei ce nu se aseamana unei sinusoide, locul fara defect se alege acolo unde dispar aceste variatii.

C. Etalonarea defectoscopului

Se executa urmatoarele operatiuni dupa operatiunile de la punctul A :

1. Se apasa butonul „ENTER” .Va apare mesajul „ User- Settings „

2. Se apasa butonul „ENTER” .Va apare mesajul „Recall Setting”

3. Se apasa butonul „ENTER”. Va apare mesajul „Task Name: 1.P.L.R. ”

In memoria aparatului avem inregistrate 4 setari : 1 si 2 pentru zona A si 3 si 4 pentru zona B (vezi figurile de la subcapitolul 2.4.1.si tab .2.1.)

tab.2.1. Setari introduse de utilizator

Settings	1	2	3	4
Frequency	1 MHz	500 kHz	500 kHz	500 kHz
Bandwidth	HF	HF	LF	LF
Preamplifier	0	0	0	6
Gain Y(t)	13 dB	20 dB	38 dB	44 dB
Phase	$\varphi 331^{\circ}$	$\varphi 331^{\circ}$	$\varphi 0^{\circ}$	$\varphi 0^{\circ}$
Dot position y / x	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Filter	LP 300 Hz	LP 300 Hz	LP 300 Hz	LP 300 Hz
Timebase	-	-	75 ms/div	125 ms/div

4. Cu ajutorul „Rotary Knob” se fixeaza pe prima setare „1.P.L.R.” dupa care se apasa „Enter” . Va apare mesajul „Task Name loaded !! ” timp de 2-3 secunde dupa care apare „Connect Probe KT-150 –1”
5. Se fixeaza palpatorul pe zona A si se apasa butonul „Compensation ”. Se observa ca semnalul punctiform situat undeva intre caroiaje se va pozitiona in centrul ecranului osciloscopului .
6. Cu ajutorul butoanelor „Focus control” si Brilliance control” se regleaza luminozitatea si claritatea imaginii de pe display.
7. Se deplaseaza palpatorul pe toata zona A in stanga si in dreapta . Se observa o deplasare pe axa y a semnalului punctiform in cadrul caroiajului central de pe display . Cand se ajunge cu palpatorul in zona cu defect se observa ca semnalul punctiform iese din caroiajul fixat. (acest caroiaj mai poarta si denumirea in limbajul de specialitate si de poarta) simultan cu aprinderea ledului rosu „Gate”.Daca este fixat si semnalul sonor, aparatul avertizeaza ca s-a depasit zona de etalon, indicand aparitia defectului.
8. Se apasa butonul „Exit” . Va apare mesajul „Recall Setting”

2.4.5. Tehnologia de control

Controlul se face separat pe cele doua aparate prezentate anterior.

2.4.5.1. Controlul cu aparatul V.D.T.-3

Efectuarea controlului se va face dupa parcurgerea operatiunilor de la subcapitolul 2.4.4 „Etalonarea aparatului cu ajutorul defectelor artificiale si etaloanelor ” si subcapitolului 2.4.4.1. „Etalonarea pe aparatul V.D.T.-3 ” punctelor A,B si C si parcurgerea urmatoarelor faze :

1. Controlul zonelor 2 si 3 de pe suprafata tamburului.

- a. Se efectueaza deplasarea traductorului pe suprafata etalonului de control ori a bordurii (tamburului) detasabil ;
- b. Se face un semn pe suprafata de controlat in zona 2 sau 3 de unde se incepe controlul ;
- c. Se monteaza traductorul in zona 3 sau 2 in punctul de incepere a controlului si se misca pe o sinusoida (ori in zig zag) cu o amplitudine de 8-10 mm cu un pas de 2-3 mm si cu o viteza de 10-50 mm/s . Traductorul trebuie deplasat radial si perpendicular in fiecare punct al suprafetei (Anexa nr.4).
- d. La devierea acului microampermetrului si aprinderea lampii rosii se determina cauza .

2. Controlul partii cilindrice

- a. Se deplaseaza traductorul pe suprafata cilindrica a etalonului de control sau pe suprafata cilindrica „A” a bordurii detasabile;
- b. Se insemneaza pe zona de controlat (zonele 1,B,V) punctul de incepere a controlului;
- c. Se monteaza traductoarele in zona de control la punctul de incepere a controlului si se misca pe etalonul de control in intervalul zonei 1 ori B,V pe un traseu in zig-zag cu un pas de 2-3 mm cu o viteza de 10-50 m/s. Traductorul se

misca perpendicular pe fiecare punct si nu se conduce pana la sfarsit (in cazul controlului zonei B si V) pe o distanta de 2-3 mm si pana la capat (in cazul zonei B) pe o distanta de 5 mm .

- e. La devierea acului microampermetrului si aprinderea lampii rosii se determina cauza .

2.4.5.2. Controlul cu aparatul ELOTEST B1

Efectuarea controlului se va face dupa parcurgerea operatiunilor de la subcapitolul 2.4.4 „ Etalonarea aparatului cu ajutorul defectelor artificiale si etaloanelor ” si subcapitolului 2.4.4.2 „ Etalonarea pe aparatul ELOTEST B1 ” punctelor A,B si C si parcurgerea urmatoarelor faze :

1. In continuare se apasa butonul „Exit” avand urmare mesajul „Recall Setting”

se selecteaza de data asta setarea „2.P.L.R.” .La aceasta setare s-a micorat frecventa de la 1MHz la 500 kHz si s-a marit sensibilitatea de la 13 dB la 20 dB.

Nota: Cum s- a ajuns la setarile „1..P.L.R.” si „2.P.L.R.” ?

Se observa monograma de determinare a adancimii de patrundere a curentilor turbionari functie de frecventa la diferite materiale (20) .

Stiind ca proba de control (roata de aviatie KT-150) are fisuri in jurul a 0,2-1 mm pe adancime si ca materialul din care este confectionata roata este aluminiu se extrage frecventa de lucru in plaja 500 kHz – 1 MHz. Cu ajutorul butonului „dB – sensitivity ”s-a reglat numarul de decibeli, pentru ca semnalul pe osciloscoaj sa fie clar si fara perturbatii, in zona de margine fara defect. Frecventa s-a fixat cu ajutorul butonului „Frequency”. Preamplificarea si banda de lucru s-a fixat cu ajutorul butonului „dB”(se apasa de 2 ori) .Cu ajutorul butonului ” Sel ” si „Rotary Knob” s-a fixat valorile HF (din LF,MF,HF) respectiv valoarea 0 dB. S-a apasat butonul”Exit” pentru a iesi din meniu (vezi Anexe „EDDY-CURRENT-INSPECTION-REPORT” numarul 1 si 2 si Anexe nr.7 si 8).

2. Pentru setarile numarul „3..P.L.R.” si „4..P.L.R.” se revine la meniul principal de forma „ f: 500 kHz φ 331°

$$Y(t): 20 \text{ dB s} "$$

3. Se apasa „Enter” si se urmeaza fazele anterioare cu mentiunea „ 3.P.L.R.”

Se va observa daca iesim cu „Exit” pana in meniul principal ca valorile sunt

urmatoarele : „ f: 500 kHz φ 0°

$$Y(t): 38 \text{ dB s} "$$

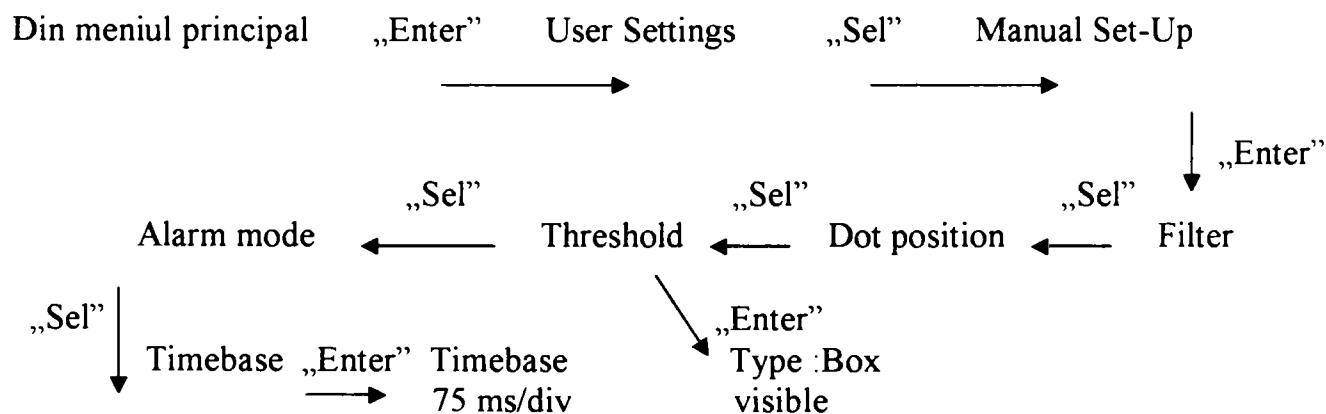
Daca se compara cu setarile „1..P.L.R.” si „2..P.L.R.” se observa cateva

modificari si anume la preamplificare s-a trecut in banda LH cu sensibilitatea 38 dl

si Phase cu unghi de $\varphi = 0^\circ$. S-au mai facut niste setari pentru vizualizarea

semnalului pe axa de timp astfel incat semnalul luminos sa fie in miscare liniara de

la stanga la dreapta astfel :



4. Dupa ce s-a incarcat proba „3.P.L.R.” se apasa butonul „Compensation”. Va apare o imagine de forma fig.2.25 .

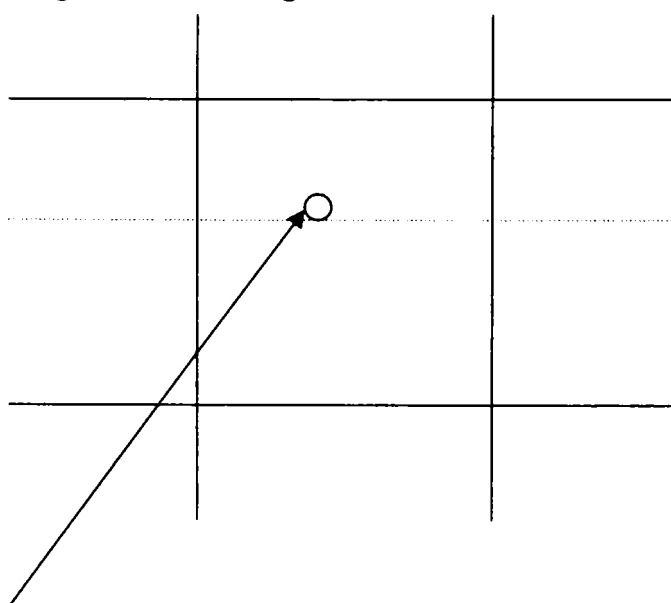


Fig.2.25. Afisaj pe osciloscop aparat Elotest dupa compensarea semnalului

Punctul respectiv are o deplasare de la stanga la dreapta in timpul 75ms/div .

6. Se ia palpatorul si cu o miscare sinusoidala (vezi fig.2.17 pozitia X-X) de la dreapta la stanga se misca spre zona cu defect.

2.4.6. Exprimarea rezultatelor controlului

2.4.6.1.Rezultate obtinute cu aparatul V.D.T.-3

Principalul indicator al defectelor este microampermetrul . Daca in procesul de control se aprinde lampa rosie, atunci este necesar sa se repete de cateva ori controlul in acea zona unde are loc cuplarea indicatorului .Pentru aceasta traductorul se misca incet (cu o viteza de 5 mm/s si se urmareste indicatia microampermetrului .Semnul defectului este dat de devierea acului sub un impuls (stanga-dreapta) la trecerea traductorului peste defect.

Indicatia defectoscopului poate fi data de :

1. fisuri;
2. taieturi adanci cu un diametru nu mai mare de 0,8 mm ;
3. suprafata cu defecte ;
4. urma de coroziune.

La obtinerea unor rezultate neconcludente este recomandabil sa se deplaseze de cateva ori traductorul in zona de controlat. La existenta in zona a factorilor perturbatori se analizeaza daca se pot determina erori in cadrul masuratorilor, apoi daca este cazul se face un acord al palpatorului si se repeta masuratoarea .In cazul lipsei factorilor perturbatori cand traductorul se misca deasupra fisurii prin microampermetru trec impulsuri de curent . Unghiul de deviere a acului este in functie de lungimea si adancimea fisurii si de viteza de deplasare a traductorului . La miscarea traductorului in lungul fisurii marimea impulsurilor este mai mare . Acul aparatului pe timpul miscarii pe fisura se duce in dreapta .Unghiul de deviere a acului se schimba dupa cum se modifica marimea fisurii si pozitia traductorului pe fisura. In cazul prezentei in zona de contact a coroziunii, indicatia aparatului poate avea valori mari ori mici in functie de directia de miscare a traductorului . Daca in procesul de

control, acul nu se misca atunci inseamna ca suprafata respectiva nu are defecte (taieturi, gauri, coroziune etc.)

Etalonandu-se aparatul V.D.T.3 conform " 2.4.4.Etalonarea aparatului cu ajutorul defectelor artificiale si etaloanelor" s-au inregistrat urmatoarele valori pe microampermetru prezentate in tab.nr.2.2 .Etalonul folosit are fisuri liniare de 2-3 mm si fisuri pe adancime de 0,2 mm.

Zona controlata	Fara defect			Defect		
	1	2	3	7	8	9
Nr.masuratoare	10	15	20	300	310	315
Valoare masuratoare (μA)						

Tab.2.2 Masuratori pe etalonul de control realizate cu aparatul V.D.T.-3

Executandu-se controlul pe roata de aviatie KT-150 s-au obtinut valorile din tab.2.3.

Zona controlata	Fara defect (zona D)			Inceput defect (zona B)			Defect (zona E)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.masuratoare	10	15	20	150	280	290	290	300	310
Valoare masuratoare (μA)									

Tab.2.3 Masuratori pe roata de aviatie KT-150 realizate cu aparatul V.D.T.-3

Comparand cele doua seturi de rezultate din tab.2.2 si tab.2.3 s-a ajuns la concluzia ca ele corespund in zonele E si B (vezi fig.17,18 si foto nr.2) atat in cazul etalonului, cat si a zonei controlate pe roata de aviatie KT-150. Rezulta ca exista o fisura liniara de 2-3 mm si o fisura de 0,2 mm pe adancime.

2.4.6.2. Rezultate obtinute cu aparatul ELOTEST B1

Principalul indicator al defectului este ecranul cu cristale lichide (LCD-fig nr.2.7). La fel ca la controlul cu aparatul VDT-3 si aici se deplaseaza traductorul cu mare atentie pe suprafata rotii observandu-se indicatiile osciloscopului. Studiindu-se fragmentul de roata de aviatie s-a constatat aparitia a patru categorii de oscilograme reprezentate in fig.2.26; 2.27; 2.28; 2.29 si foto nr.3a,b,c

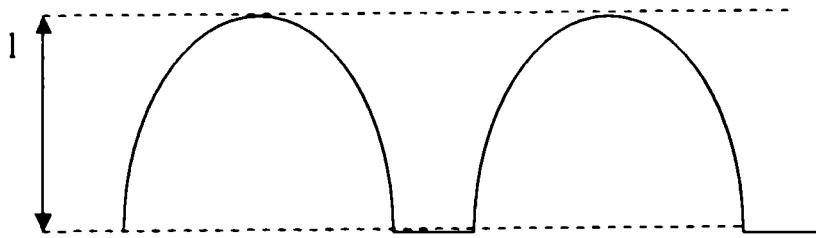


Fig.2.26. Oscilograma in zona fara defect (zona D) –fragment roata

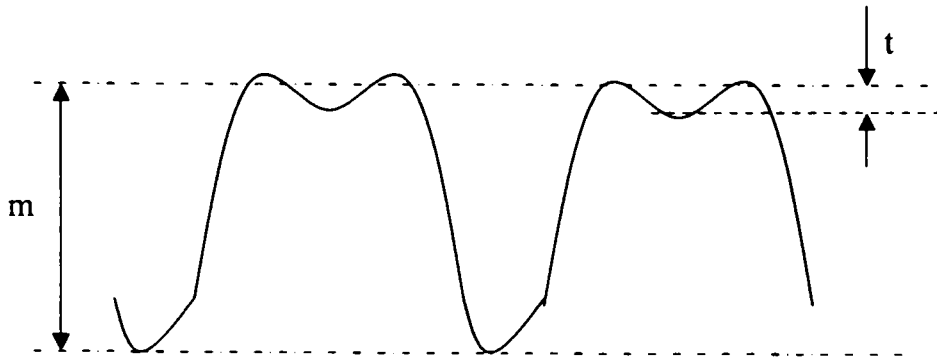


Fig.2.27. Oscilograma in zona intermediara (fara defect- defect)- fragment roata

Unde $m < l$ deci amplificarea semnalului a scazut

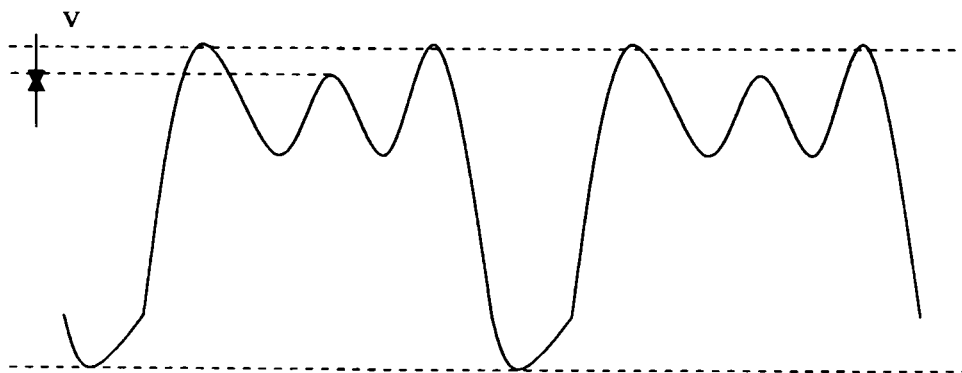


Fig.2.28. Oscilograma in zona intermediara (fara defect- defect)- fragment roata

unde $v < t$

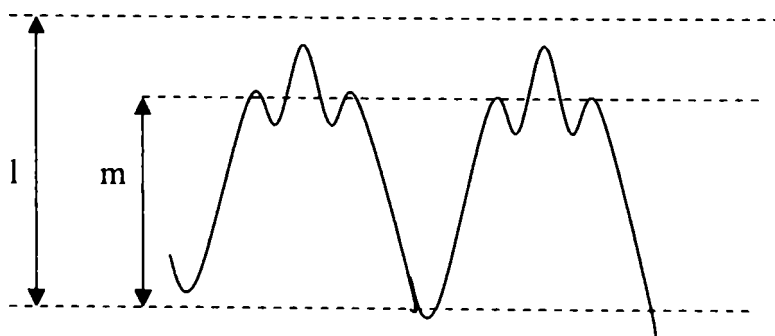


Fig.2.29. Oscilograma in zona cu defect zona E - fragment roata

Obs : A se vizualiza Anexele „EDDY CURRENT-INSPECTION-REPORT ”
(Anexele nr.3 si 4)

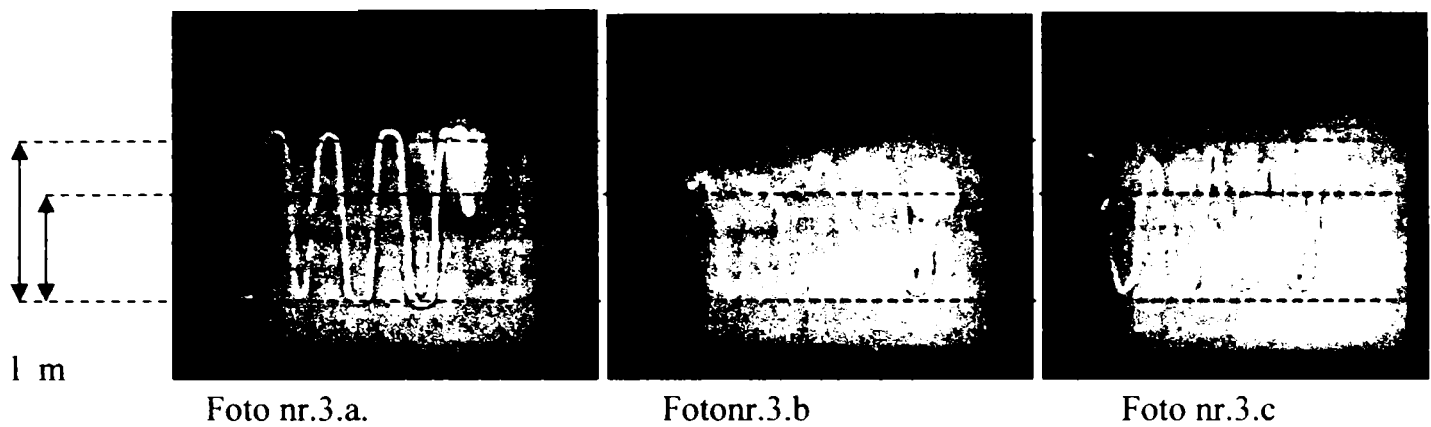


Foto 3.Oscilogramme in zona a-fara defect ,b-intermediara, c-cu defect a rotii de aviatie

In fotografiile urmatoare sunt prezentate imagini din timpul controlului in zona D a etalonului . In foto nr.4.a si 4.b se observa semnalul in zona fara defect, iar in foto nr.4.c se vede modificarea oscilogrammei in zona cu defect, odata cu scaderea in amplitudine a semnalului.Se vad acele ciocuri dispuse de o parte si de alta a dintelui.

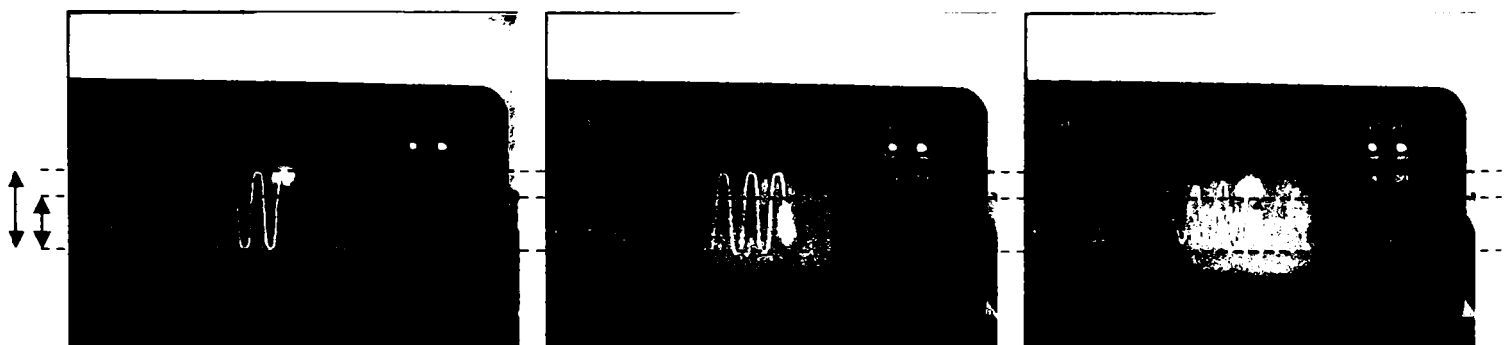


foto nr.4.a foto nr.4.b foto nr.4.c
Foto 4.Oscilogramme in zona a-fara defect ,b-intermediara, c-cu defect a etalonului

Se studiaza zona de separatie intre zona cu defect si zona fara defect a etalonului . Se fixeaza palpatorul in punctul D (fig.2.17) si se misca in sus si in jos de-a latul racordarii .Se observa urmatoarea evolutie a spotului luminos ilustrata in fig.2.30; 2.31; 2.32; 2.33 si 2.34.

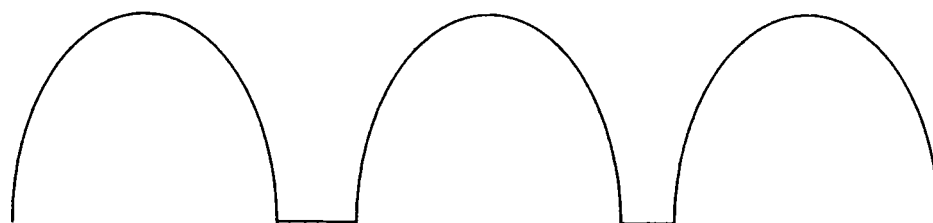


fig.2.30 Oscilograma in zona fara defect -cazul zonei A-etalon

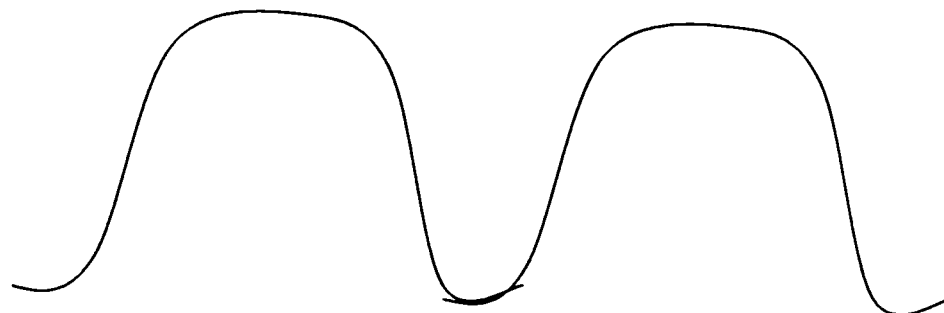


fig.2.31 Oscilograma-cazul zonei B (se observa virful dintelui tesit fata de cazul zonei A)
-etalon

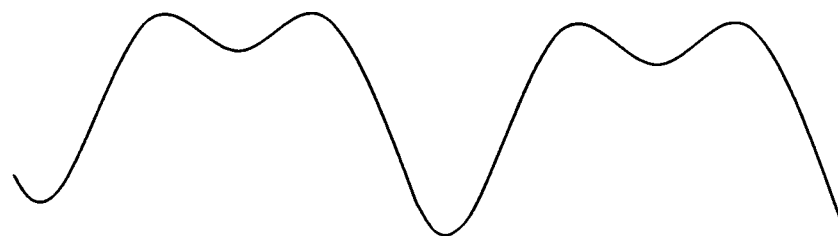


fig.2.32 Oscilograma in zona intermediara (fara defect- defect)-cazul zonei A- etalon

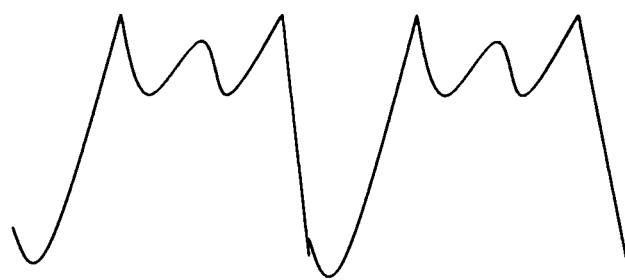


fig.2.33 Oscilograma in zona intermediara (fara defect- defect)-cazul zonei C-etalon

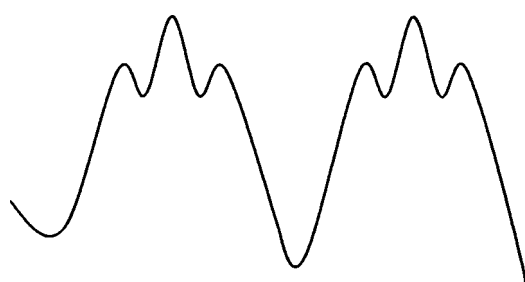


fig.2.34 Oscilograma in zona intermediara (defect)-cazul zonei E-etalon

Comparand fig.2.26; 2.27; 2.28 si 2.29 reprezentand oscilogramele obtinute in urma controlului pe roata de aviatie de tip KT-150 cu fig.2.30; 2.31; 2.32; 2.33 si 2.34 reprezentand oscilogramele obtinute prin etalonarea aparatului Elotest B1 se poate concluziona ca atat pe etalon cat si pe roata

KT-150 exista acelasi tip de fisura liniare de 2-3 mm si pe adancime de 0,2- 0,3 mm. Tot atat de bine se evidentiaza asemanarea oscilogramelor prin analiza fotografiilor nr.3.a,b,c cu fotografiile nr.4.a,b,c

In Anexele nr. 7 si 8 se prezinta controlul fragmentului cu fisuri a rotii KT-150 in zona fara si cu defect, cu ajutorul aparatului Elotest. In foto nr.7 se indica pozitia palpatorului in zona fara defect. Foto nr.7 reprezinta completarea semnalului din foto nr.6, dupa un timp foarte scurt.

In foto nr. 9 se indica pozitia palpatorului la limita zonei cu defect . Se observa pozitia dintilor, care incep sa scada in amplitudine si sa se aplatiseze in partea superioara. In Anexa nr.8 se evidentiaza semnalul de inceput de defect fiind o completare a semnalului din Anexa nr.7, un foto inedit, de surprindere a semnalului $\frac{1}{2}$, la limita zonei cu defect si $\frac{1}{2}$ in zona cu defect. In foto nr. 9 palpatorul este positionat in mijlocul zonei cu defect .Se evidentiaza evolutia in timp foarte scurt (cateva milisecunde) a dintilor. Pintenii laterali in foto nr.9.b sunt mai coborati fata de pintenii din foto nr. 9.a , ceea ce explica faptul ca aici palpatorul se situeaza in apropierea fisurii.

2.5.CONCLUZII

La sfarsitul acestui capitol se pot trage urmatoarele concluzii :

- 1.S-a prezentat metoda de control nedistructiv cu curenti turbionari, punandu-se in evidenta elementele fundamentale si factorii de influenta .
- 2.S-a prezentat aparatura folosita, aparatele V.D.T.-3 si ELOTEST B1, scotindu-se in evidenta parametrii constructivi si functionali precum si o analiza comparativa intre acestea.
- 3.S-a prezentat tehnologia de control existenta in exploatare in momentul de fata la rotile de aviatie KT-150 .
- 4.S-a dezvoltat o noua metoda de punere in evidenta a fisurilor de pe suprafata rotilor de aviatie
 - S-a prezentat variatia oscilogramei in zona fara defect (figurile nr.2.17; 2.26; 2.30 ; fotografia nr. 3.a ; 4a,b si Anexa nr.7 –foto nr.6 si nr.7).

Amplitudinea semnalului in zona fara defect a rotii este apropiata de « poarta » fixata din setari .
 - S-a prezentat variatia oscilogramei in zona cu defect (figurile nr.2.17; 2.23; 2.29; fotografiile nr.3.b si 3.c ; 4.c si Anexele nr.3; 4; 5; 6 ; si 8-foto nr.8 si nr.9.a si 9.b). Amplitudinea semnalului in zona cu defect a rotii este diminuata.
 - S-au pus in evidenta defectele avand doua reprezentari pe osciloscop:
 - eliptica a tensiunii (Anexele nr.1 si 2) ;
 - desfasurata in timp a tensiunii (Anexele nr.3,4 si 5).
 - S-au scos in evidenta defectele la doua frecvente diferite de 500 kHz si 1 MHz

2.6.ANEXE

EDDY –CURRENT –INSPECTION –REPORT

ANEXA

No. : 1

Task : Analiza unui fragment de roata de aviatie

Part No.

Serial No. :

Aircraft Mig.23

Engine

Reference

Cal. Std

Probe Roata de tip KT-150D

Elotest B1.3 UM Version: 3.20 Serial number : 91562

SETTINGS

Conclusion :

Frequency 1 MHz

Bandwidth : HF

Preamplifier : 0 dB

Gain Y / X 13 dB

Phase : $\varphi 331^\circ$

Dot Position 100 %

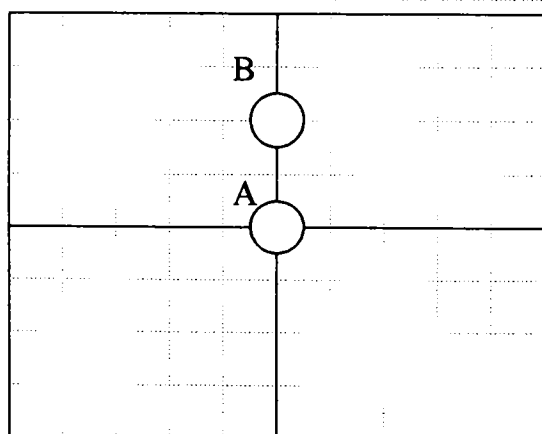
Filter : LP 300 HZ

Figura din stanga apare pe osciloscop reprezentan un spot luminos, care se deplaseaza odata cu deplasarea traductorului spre zona cu defect , din punctul A in punctul B.

Cu rosu sunt portile fixate de utilizator, iar cu albastru este reprezentata miscarea spotului.

In zona cu defect se observa o foarte usoara scadere in amplitudine a semnalului, respectiv a distantei A-B.

In imagine avem o reprezentare eliptica a rezultatului testului.



Inspector's name : ing. Laurentiu Popescu

Signature :

Date : 30.03.2002

EDDY –CURRENT –INSPECTION –REPORT

ANEXA

No. : 2

Task : Analiza unui fragment de roata de aviatie

Part No. : Serial No. :

Aircraft : Mig.23 Engine

Reference : Cal. Std

Probe : Roata de tip KT-150D

Elotest B1.3 UM Version: 3.20 Serial number : 91562

SETTINGS

Conclusion :

Frequency : 500 kHz

Bandwidth : HF

Preamplifier : 0 dB

Gain Y / X : 20 dB

Phase : ϕ 331°

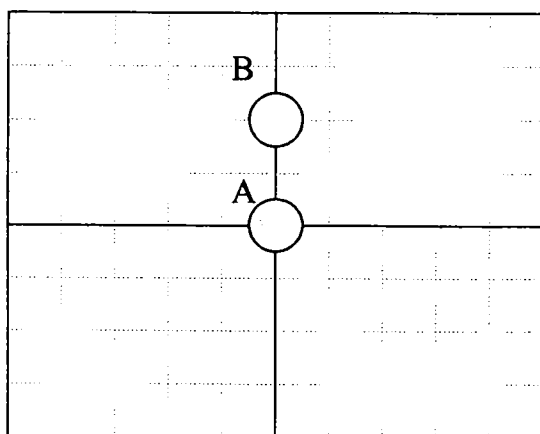
Dot Position : 100 %

Filter : LP 300 HZ

La fel ca la Anexa nr. 1 in sa de data asta s-a schimbat frecventa de lucru de la 1 MHz la 500 kHz. Odata cu asta a trebuit sa se schimbe si amplificarea de la 13 la 20 dB.

In zona cu defect se observa o foarte usoara scadere in amplitudine a semnalului, respectiv a distantei A-B.

In imagine avem o reprezentare eliptica a rezultatului testului.



Inspector's name : ing. Laurentiu Popescu

Signature :

Date : 31.03.2002

EDDY –CURRENT –INSPECTION –REPORT

ANEXA . No. : 3

Task : Analiza unui fragment de roata de aviatie

Part No. Serial No. :

Aircraft : Mig.23 Engine

Reference Cal. Std

Probe : Roata de tip KT-150D

Elotest B1.3 UM Version: 3.20 Serial number : 91562

SETTINGS

Frequency : 500 kHz

Conclusion :

Bandwidth : LF

Spre deosebire de Anexele nr. 1 si 2 de data asta s-a avem o reprezentare in timp a rezultatului testului .

Preamplifier : 0 dB

Odata cu asta a trebuit sa se schimbe si amplificarea la 38 dB, lucrând in alta banda din HF in LF.

Gain Y / X : 38 dB

Timpul de oscilatie a spotului pe ecran este de 75 ms/div. In zona cu defect se observa o delimitare clara

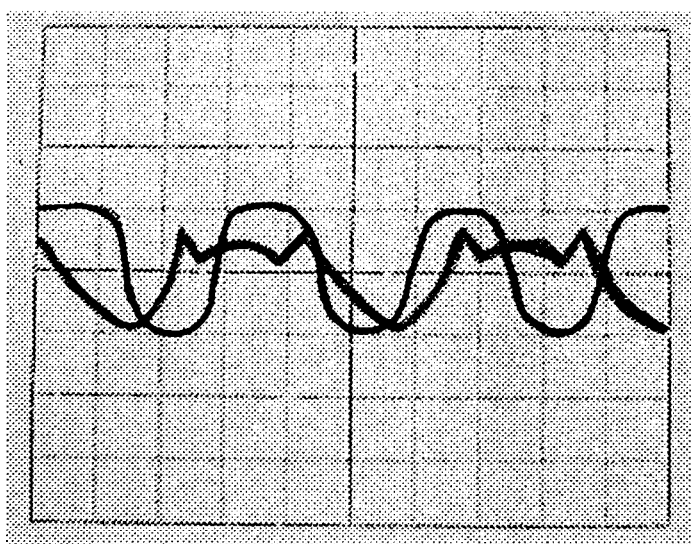
Phase : $\varphi 0^\circ$

semnalului atat in amplitudine cat si in forma.

Dot Position : 100 %

Graficul fara defect este colorat cu negru, iar cel cu defect cu rosu.

Filter : LP 300 HZ Timebase 75 ms/div.



Inspector's name : ing. Laurentiu Popescu

Signature : *Laurentiu Popescu*

Date : 01.04.2002

EDDY –CURRENT –INSPECTION –REPORT

ANEXA . No. : 4

Task : Analiza unui fragment de roata de aviatie

Part No. Serial No. :

Aircraft : Mig.23 Engine

Reference Cal. Std

Probe : Roata de tip KT-150D

Elotest B1.3 UM Version: 3.20 Serial number : 91562

SETTINGS

Conclusion :

Frequency : 500 kHz

Bandwidth : LF

Preamplifier : 0 dB

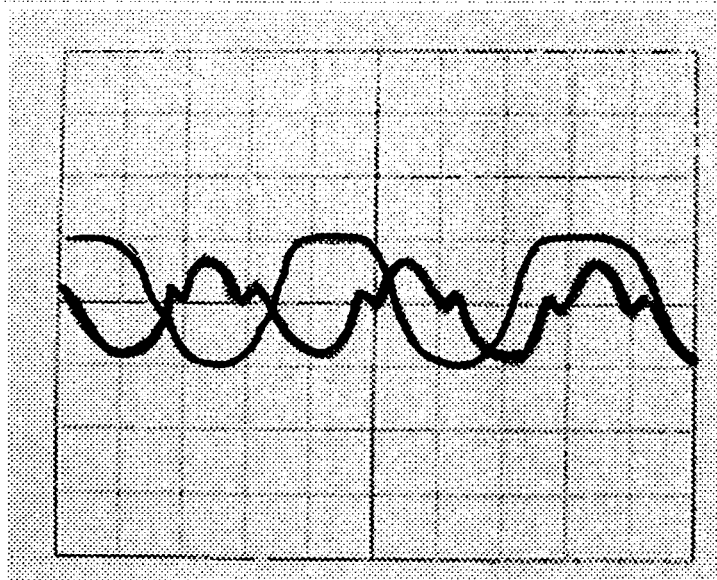
Gain Y / X : 38 dB

Phase : $\varphi 0^\circ$


Dot Position : 100 %

Filter : LP 300 HZ Timebase 125 ms/div.

Spre deosebire de Anexa nr.3 , s-a schimbat timpul de oscilatie a spotului pe ecran de la 75ms/div la 125 ms/div.Se observa o mai mare diferenta dintre cele doua grafice. Ciocul din mijlocul dintelui este mai proeminent. La fel amplitudinea este mai mica fata de testul precedent Graficul fara defect este colorat cu negru, iar cel cu defec cu rosu.



Inspector's name : ing. Laurentiu Popescu

Signature : 

Date : 02.04.2002

EDDY –CURRENT –INSPECTION –REPORT

ANEXA . No. : 5

Task : Analiza unui fragment de roata de aviatie

Part No. Serial No. :

Aircraft : Mig.23 Engine

Reference Cal. Std

Probe : Roata de tip KT-150D

Elotest B1.3 UM Version: 3.20 Serial number : 91562

SETTINGS

Conclusion :

Frequency : 500 kHz

Bandwidth : HF

Preamplifier : 0 dB

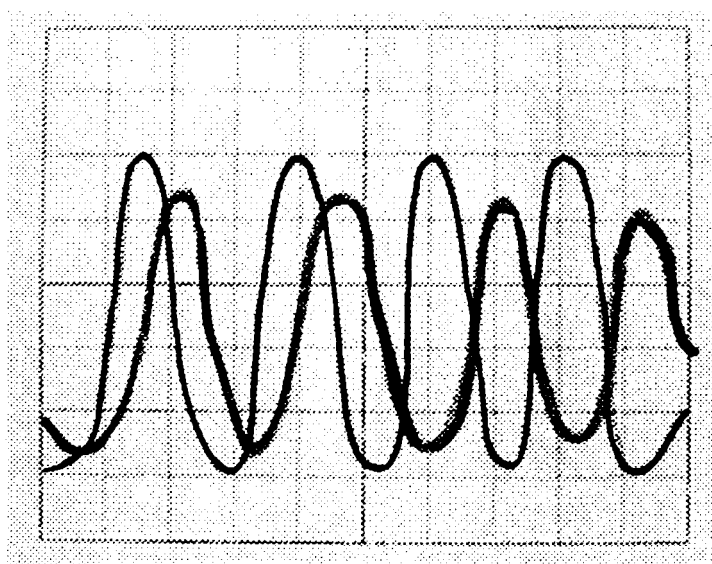
Gain Y / X : 12 dB

Phase : $\varphi 0^\circ$

Dot Position : 100 %

Filter : LP 300 HZ Timebase 125 ms/div.

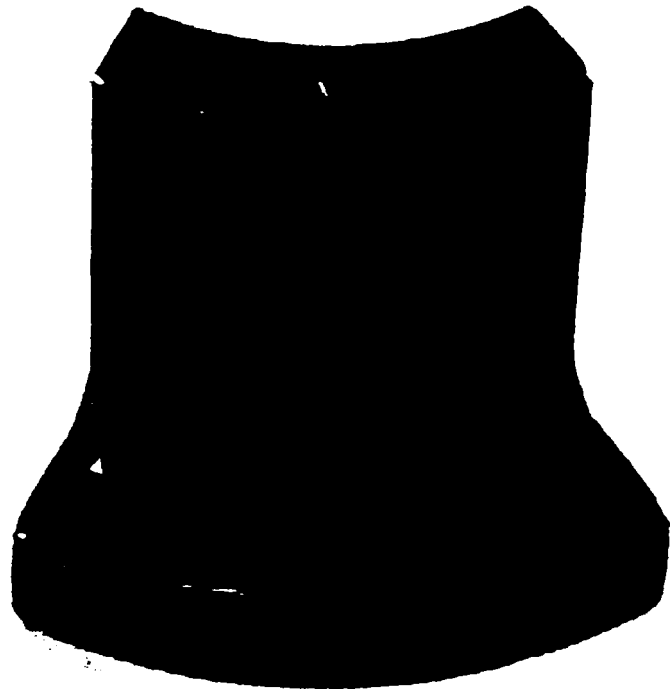
Spre deosebire de Anexa nr.4, ca s-a schimbat banda lucru de la LF la HF si amplificarea de la 38 dB la 12 dB Se observa in zona cu defect un grafic asemanator cu cel din zona fara defect, insa de o amplitudine mai mica. Graficul fara defect este colorat cu negru, iar cel cu defect cu rosu.



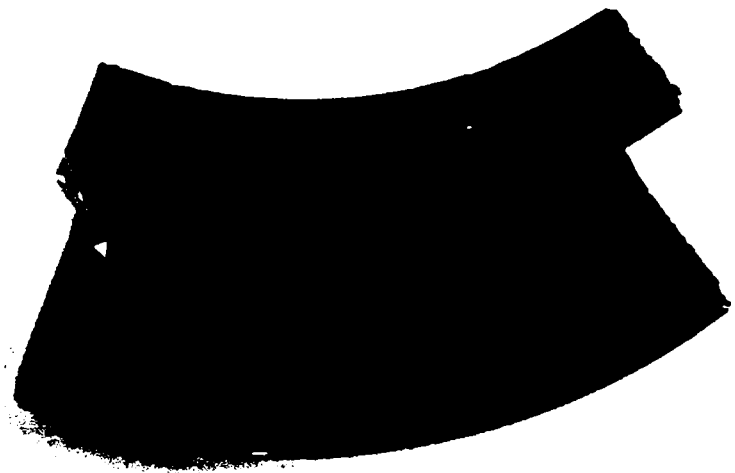
Inspector's name : ing. Laurentiu Popescu

Signature :

Date : 03.04.2002



ANEXA NR.6 Fotografii cu zona defecta- roata de aviatie tip KT-150



ANEXA NR.7

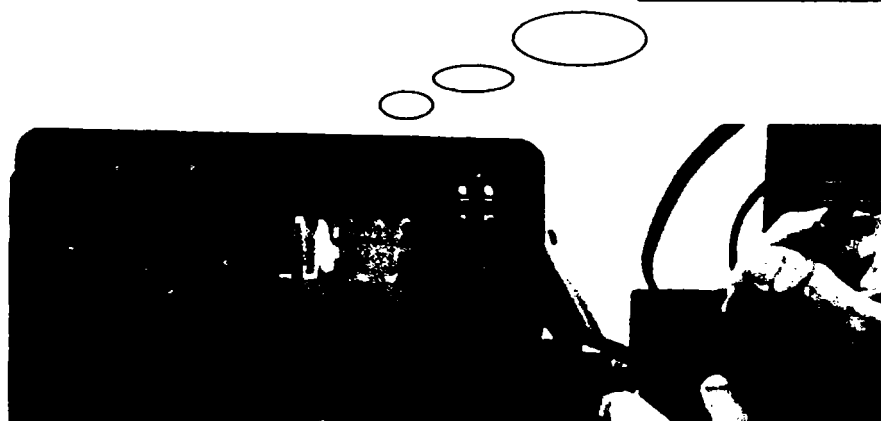
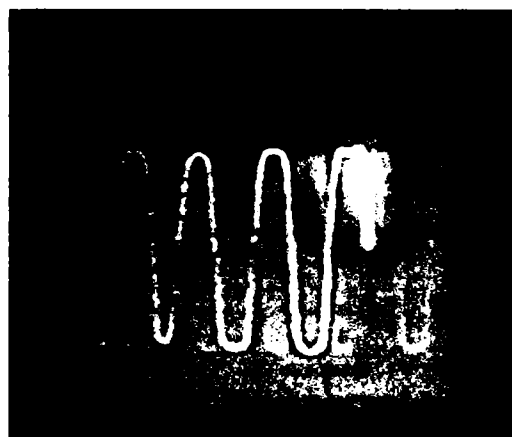


FOTO 6 Oscilograma reprezentand zona fara defect pe un fragment de roata de aviatie

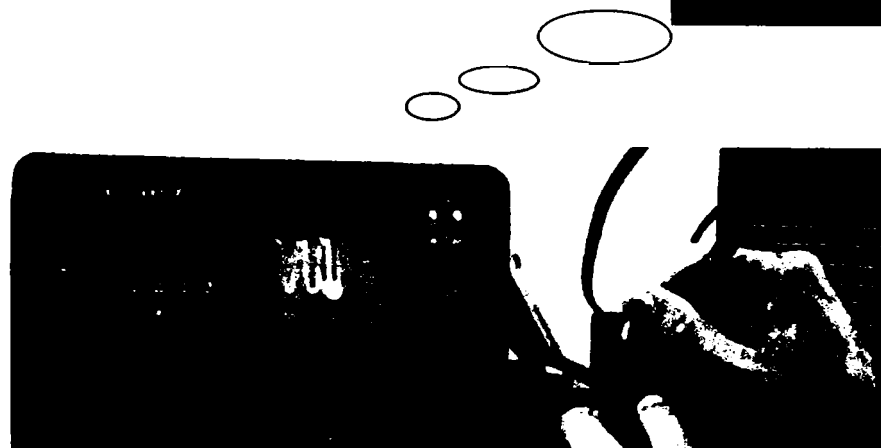
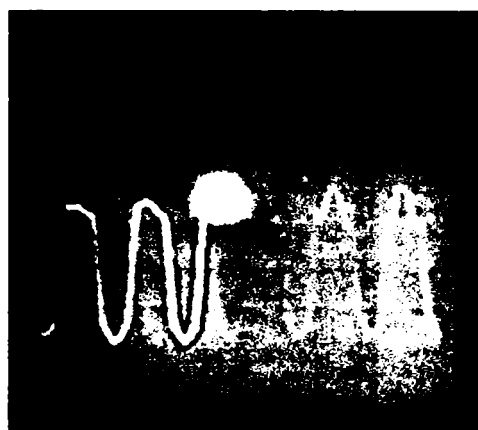


FOTO 7 Oscilograma reprezentand zona de separatie (fara defect-defect) pe un fragment de roata de aviatie

ANEXA NR.8



FOTO 8 Oscilograma reprezentand zona de inceput defect pe un fragment de roata de aviatie

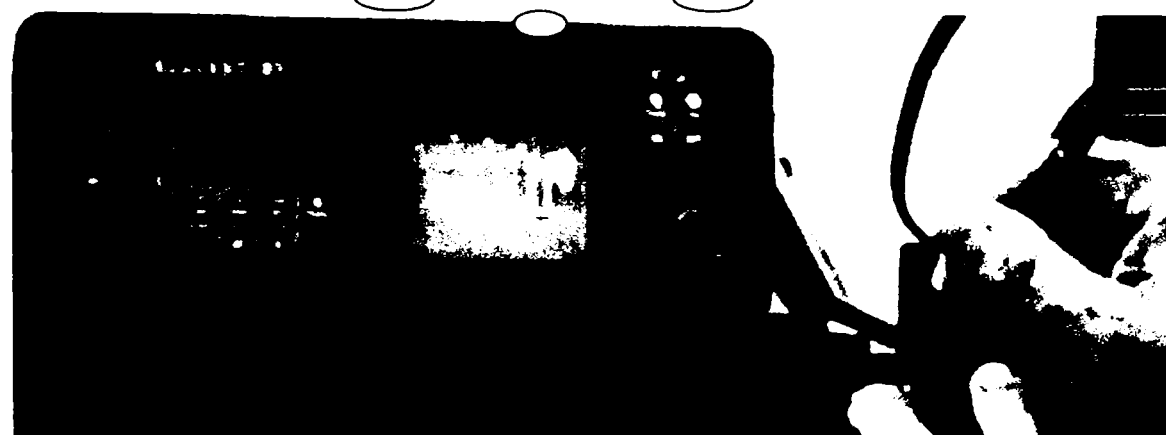
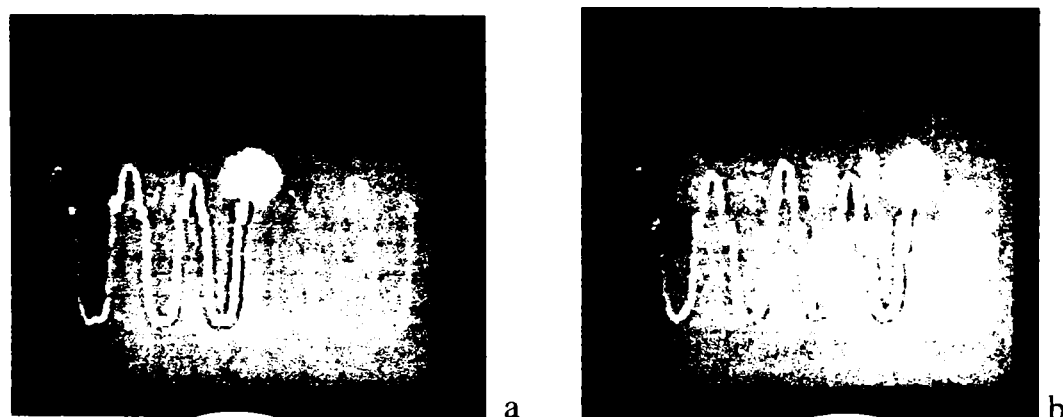


FOTO 9 Oscilograma reprezentand zona cu defect pe un fragment de roata de aviatie
a-zona de inceput defect ; b-zona de defect.

CAPITOLUL 3. PROPAGAREA ULTRASUNETELOR IN MEDII ELASTICI SI FENOMENELE DE LA INTERFETEE SOLID-LICHID SI LICHID -GAZ

3.1.ECUATIA DE MISCARE A UNDEI ULTRASONORE UNIDIRECTIONALA SI PLANE

Daca avem o forta perturbatoare E , sinusoidala provocata prin fenomen piezoelectric aplicata intr-un punct S al unui mediu elastic, aceasta (E) da nastere unor oscilatii sinusoidale fortate

Yes exprimate de relatiile

$$\underline{F} = e^{j\omega_1 t} \quad F = F \sin(\omega_1 t) \quad (3.1)$$

$$Y_{es} = A \sin(\omega_1 t + \varphi) \quad (3.2)$$

Ecuatia undeii ultrasonice unidimensionale

Daca oscilatia se propaga pe o singura directie x , unda elastica generata se numeste **unda ultrasonica unidirectionala**.

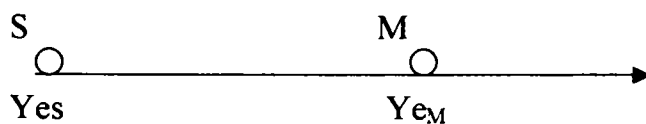


fig.30 Propagarea unidirectionala a oscilatiei ultrasonice

Dupa timpul $\tau = x / v_f$ vibratia ajunge in punctul M ecuatia scriindu-se

$$Ye_M = A \sin[\omega_1(t - x / v_f) + \varphi_1] \quad (3.3)$$

caz cand nu exista atenuarea amplitudinii. Unda care se propaga catre un alt mediu, diferit de primul se numeste **unda progresiva**. Unda reflectata de mediul 2 se numeste **unda regresiva** si are forma

$$Y'_{eM} = A' \sin [\omega_1 (t + x / v_f) + \varphi_1] \quad (3.4)$$

Facand derivatele partiale ale undei progresive, se ajunge la ecuatia undei ultrasonice unidirectionale

$$\partial^2 y_e / \partial t^2 = v_f^2 \partial y_e / \partial x^2 \quad (3.5)$$

Ecuatia undei ultrasonice plane este un caz particular al undei ultrasonice unidirectionale si este suma celor doua unde progresiva si regresiva .

$$Y_e = Y_{e1}(v_f t - x) + Y_{e2}(v_f t + x) \quad (3.6)$$

Solutia generala are un termen real si unul imaginar de forma

$$Y_{e(r)} = A \cos [k_1(v_f t - x) + \varphi_a] + B \cos [k_1(v_f t + x) + \varphi_b] \quad (3.7)$$

$$Y_{e(i)} = A \sin [k_1(v_f t - x) + \varphi_a] + B \sin [k_1(v_f t + x) + \varphi_b] \quad (3.8)$$

$$\text{unde } k_1 = \omega_1 / v_f = 2 \pi / \lambda_1 \quad (3.9)$$

3.2. CARACTERISTICI DE PROPAGARE

3.2.1. Impedanta mediului de propagare

Impedanta mecanica (R) este raportul dintre forta perturbatoare stationara si viteza de miscare (V) a particulei de masa m.

$$R = F / V \quad (3.10)$$

$$F = F e^{j\omega_1 t} \quad (3.11)$$

$$V = V e^{j\omega_1 t} = \partial y_e / \partial t \quad (3.12)$$

Unde : y_e = amplitudinea vibratiei ultrasonice;

ω_1 = pulsatia fortei perturbatoare .

Amplitudinea maxima a vitezei de oscilatie V are relatia

$$V = F / [R_m + j(\omega_1 m - k_e / \omega_1)] \quad (3.13)$$

$$R = R_m + j(\omega_1 m - k_e / \omega_1) = Z_m e^{j \varphi_m} \quad (3.14)$$

$$Z_m = \sqrt{R_m^2 + (\omega_1 m - k_e / \omega_1)^2} = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} \quad (3.15)$$

unde : R_m - rezistenta mecanica ;
 X_m - reactanta mecanica .

$$X_m = \omega_1 m - k_e / \omega_1 \quad (3.16)$$

k_e -factor de elasticitate al mediului

In formula reactantei mecanice se definesc 2 termeni $\omega_1 m$ – inertanta si k_e / ω_1 complianta mecanica . Daca pulsatia proprie de vibratie este ω_o

$$\omega_o^2 = k_e / m \quad (3.17)$$

si

$$R = R_m + jm\omega_o [(\omega_1 / \omega_o) - (\omega_o / \omega_1)] \quad (3.18)$$

$$\text{unde } (\omega_1 / \omega_o) - (\omega_o / \omega_1) = \Delta \text{ factor de dezacord} \quad (3.19)$$

formula valabila atunci cand frecventa de excitatie a traductorului nu coincide cu frecventa de rezonanta mecanica a mediului elastic din care este realizat traductorul .In propagarea printr-un mediu elastic oarecare ω_1 nu coincide cu pulsatia de oscilatie, rezultand atenuari de care trebuie sa se tina seama.

3.2.2. Viteza de propagare in solide si lichide

Daca Y_{el} reprezinta modulul de elasticitate longitudinal si ρ_o densitatea, formula vitezei de propagare a undei ultrasonice longitudinale este

$$V_{fl} = \sqrt{Y_{el} / \rho_o} \quad (3.20)$$

Inlocuind Y_{el} cu Y_{et} – modulul de elasticitate transversal notat si cu G rezulta relatia vitezei de propagare a undei ultrasonice transversale in medii solide.

$$V_{ft} = \sqrt{Y_{et} / \rho_o} = \sqrt{G / \rho_o} \quad (3.21)$$

Pentru lichide

$$V_{fl} = \sqrt{p_o / \beta} \quad (3.22) \quad \text{unde : } p_o \text{ – presiunea din lichid ;}$$

β – modulul de compresibilitate .

In medii solide cu dimensiuni mari

$$V_{fs} = [(0,87+1,12 \delta) / (1+\delta)] \sqrt{Y_{et} / \rho_o} \quad (3.23)$$

unde δ - coeficient dinamic a lui Poisson

tab.3.1 Vitezele de propagare ale undelor elastice ultrasonore in apa ,ulei, alcool si otel.

Lichid	Temperatura (°C)	Viteza - V_{fl} (m/s)	Viteza- V_{ft} (m/s)
Apa	25	1492	-
Ulei	25	1710	-
Alcool	20	1240	-
Otel	-	5900	3230

3.2.3. Presiunea undei ultrasonice

Presiunea undei ultrasonice este o functie de densitate. La echilibru avem p_0 si ρ_0 . In cazul propagarii avem variatii ale acestora notate cu p_u si ρ_u .

$$p_u = - \rho_0 \partial y / \partial t \quad (3.24)$$

Pentru unda plana sinusoidala progresiva avem presiunea reala $p_{ux(r)}$ si presiunea imaginara $p_{ux(im)}$.

$$p_{ux(r)} = A \rho_0 \omega_1 \sin(\omega_1 t - k_1 x + \varphi_a) \quad (3.25)$$

$$p_{ux(im)} = -A \rho_0 \omega_1 \cos(\omega_1 t - k_1 x + \varphi_a) \quad (3.26)$$

Concluzie: Cu cat amplificarea este mai mare cu atat presiunea undei ultrasonice reale este mai mare

3.2.4. Atenuarea undei ultrasonice

Datorita interactiunii dintre unda ultrasonica si mediul prin care se propaga aceasta, apare fenomenul de difuzie si fenomenul de absorbtie, ambele retinand o parte din energia ultrasonica.

Difuzia este fenomenul de imprastiere a unei parti din energia ultrasonica in mediul de propagare.

Absorbtia este transformarea energiei acustice in energie termica.

Absorbtia este apreciata prin gradul de absorbtie notat cu α_a

$$\alpha_a = E_{ma} / E_{mi} \quad (3.27)$$

unde : E_{ma} = energia absorbita
 E_{mi} = energia incidenta.

Daca avem 2 medii de propagare si se indeplineste conditia

$$d_1 < \lambda \quad (3.28)$$

unde d_1 - distanta de propagare ;
 λ - lungimea de unda .

atunci exista fenomenul de absorbtie volumica si absorbtie la suprafata de separatie dintre mediul 1

si mediul 2 .

Absorbția volumică are drept cauze : - efectul de vâscozitate ;

- conductivitatea termică a mediului ;

- efectul de radiație ;

- schimbul intermolecular de energie .

Efectul de vâscozitate - datorat de frecările interne între regiunile apropiate ale mediului elastic de propagare, are relația

$$\alpha_v = (8 \pi^2 f^2 \eta) / (3 \rho_0 \rho_0 v_f^2) \quad (3.29)$$

unde : f - frecvența ;

η - coeficient de vâscozitate ;

ρ_0 - densitatea mediului ;

v_f - viteza de propagare .

Concluzie: Atenuarea datorată vâscozității crește direct proporțional cu pătratul frecvenței . Pentru o atenuare cât mai mică, trebuie să fie foarte mic coeficientul de vâscozitate η .

Conductivitatea termică (α_{ct}) - reprezintă scurgerea căldurii dinspre zonele cu temperatură mare către zonele cu temperatură mai mică. Pe timpul propagării undelor ultrasonice, se produc comprimări și decomprimări, iar temperatura în zonele de comprimare este mai mare decât în zonele de decomprimare.

Concluzie: Absorbția datorată conductivității termice este pronunțată la gaze și solide însă la lichide este neglijabilă.

Efectul radiației termice - se produce odată cu încălzirea straturilor de aer care sunt comprimate. Acest efect este neglijabil în comparație cu vâscozitatea sau conductivitatea termică.

Efectul schimbului intermolecular de energie (α_T) - este mai pregnant în cazul stării gazoase .

Pentru mediile solide și lichide α_T este neglijabil . Relația generală a atenuării este de forma

$$\alpha_a = \alpha_v + \alpha_{ct} + \alpha_T \quad (3.30)$$

Difuzia este reprezentata prin coeficientul de difuzie α_d exprimat prin relatia

$$\alpha_d = E_d/E_i \quad (3.31)$$

unde E_d – energia difuzata si E_i - energia incidenta.

Acest coeficient α_d este functie de diametrul mediu al garnulatiei, frecventa de oscilatie a undei, viteza de propagare, factorul de difuzie (specific mediului de propagare).

Legea de atenuare este data de relatia

$$A = A_i e^{-\alpha x} \quad (3.32)$$

unde : A - amplitudinea undei la distanta x de incidenta ;

A_i - amplitudinea undei incidente ;

α - coeficient global de atenuare.

Coeficientul global de atenuare este dat de relatia

$$\alpha = [1/ 2(x_2-x_1)] \ln(I_1/I_2) \quad \text{NP/m} \quad (3.33)$$

unde x_2 si x_1 sunt doua distante la care se cunosc intensitatile I_1 si I_2 .

In concluzie exista o atenuare a undei ultrasonore care se produce prin procese de absorbtie si difuzie in mediul in care se propaga.

3.3. FENOMENUL DE REFLEXIE SI REFRACTIE LA INTERFATA DINTRE DOUA MEDII

Daca o unda ultrasonica intalneste un mediu elastic (m_2) diferit de mediul incident (m_1), atunci apar doua situatii in functie de unghiul de incidenta al semnalului, incidenta normala si incidenta oblica.

Incidenta normala este atunci cand undele se propaga perpendicular pe suprafata mediul m_2 . O parte din energia ultrasonica incidenta V_{L1} se reflecta si se intoarce in mediul m_1 , numindu-se unda ultrasonica reflectata V_{L2} (unda regresiva); cealalta parte a energiei ultrasonice trece in mediul m_2 purtand numele de unda ultrasonora transmisa V_{L3} (refractata sau progresiva).

Conform principiului lui Huygens –Fresnel fiecare punct material de pe suprafata de separatie atins de unda incidenta devine o sursa secundara de oscilatii mecano-elastice ultrasonice. Sursa secundara produce unde ultrasonice noi de aceeasi frecventa ca si cea incidenta, atat in primul mediu m_1 cat si al doilea mediu m_2 . Aceste unde sunt si longitudinale si transversale, indiferent de tipul undei incidente.

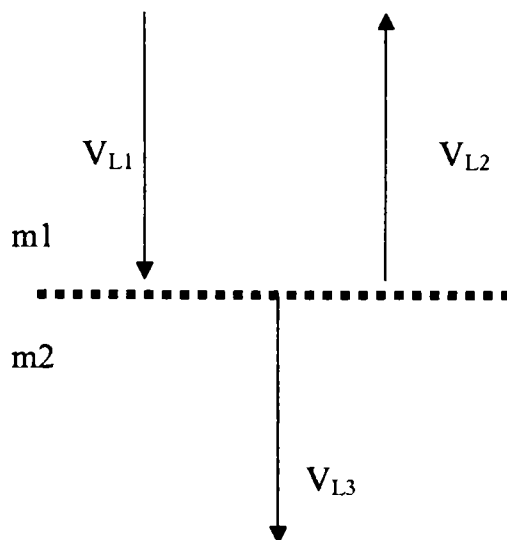


fig.3.1. Propagarea undelor cu incidenta normala

Daca unda intersecteaza oblic suprafata de separatie a doua medii, **incidenta oblica** (fig.3.2), o parte a energiei se reflecta in mediul m_1 din care provine, iar o parte se refracta, propagandu-se in mediul m_2 , sub un alt unghi. In ambele medii atat energia reflectata, cat si cea refractata se desface in doua componente, o unda longitudinala L si o unda transversala T.

$$\sin \alpha / V_{L1} = \sin \gamma / V_{L2} = \sin \beta / V_{T2} \quad (3.34)$$

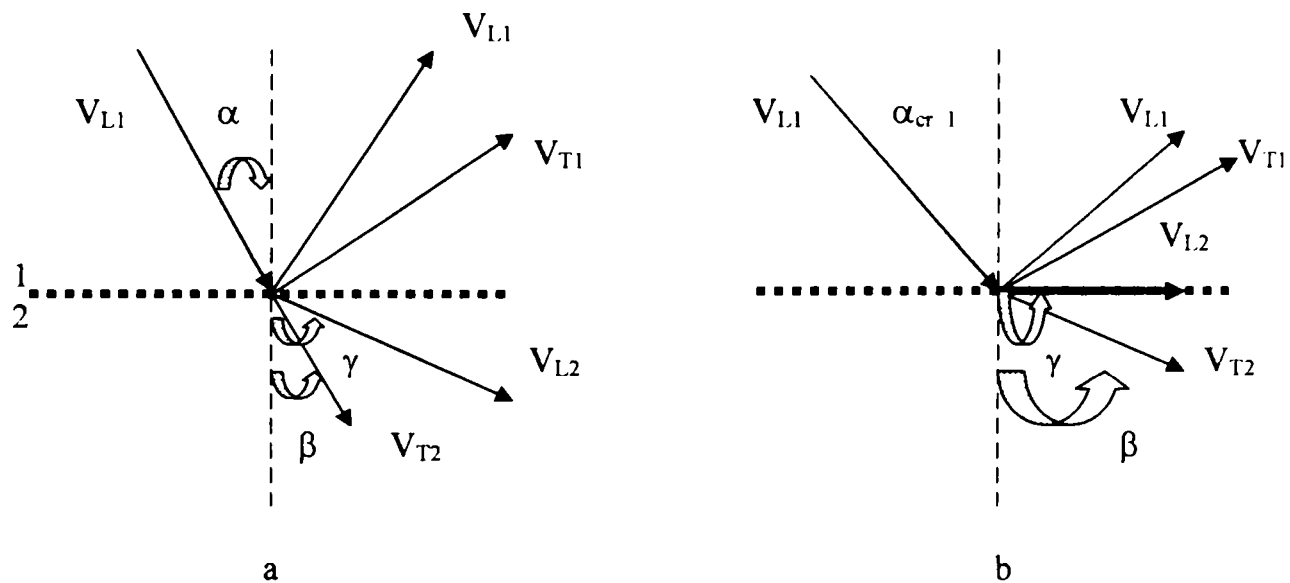


fig.3.2 .Descompunerea si transformarea undelor oblice sub unghiul α la suprafata limita:

a) $\alpha < \alpha_{cr}$; b) $\alpha = \alpha_{cr}$;

Daca α creste se poate ajunge la $\gamma = 90^\circ$ deci la reflexie totala a undelor longitudinale ceea ce inseamna **primul unghi critic**

$$\sin \alpha_{cr1} = V_{L1} / V_{L2} \quad (3.35)$$

Daca α creste in continuare se ajunge la reflexia totala a undelor transversale (**al doilea unghi critic**).

$$\sin \alpha_{cr2} = V_{L1} / V_{T2} \quad (3.36)$$

Considerind unda ultrasonica cu incidenta normala se studiaza fenomenul de reflexie si refractie a undelor in 3 medii de propagare si anume :

- a) cazul apa (m1)-aluminiu (m2)-apa (m3) ;
- b) cazul apa (m1)-otel (m2)-apa (m3) ;
- c) cazul apa (m1)-wolfram (m2)-apa (m3) ;

In aceste cazuri intereseaza cat din energia ultrasonica transmisa de palpator se intoarce inapoi in final dupa parcurgerea celor 3 medii. Avand un palpator pozitionat ca in fig.3.3 se propaga unde ultrasonore V_{L1} in mediul elastic m1.

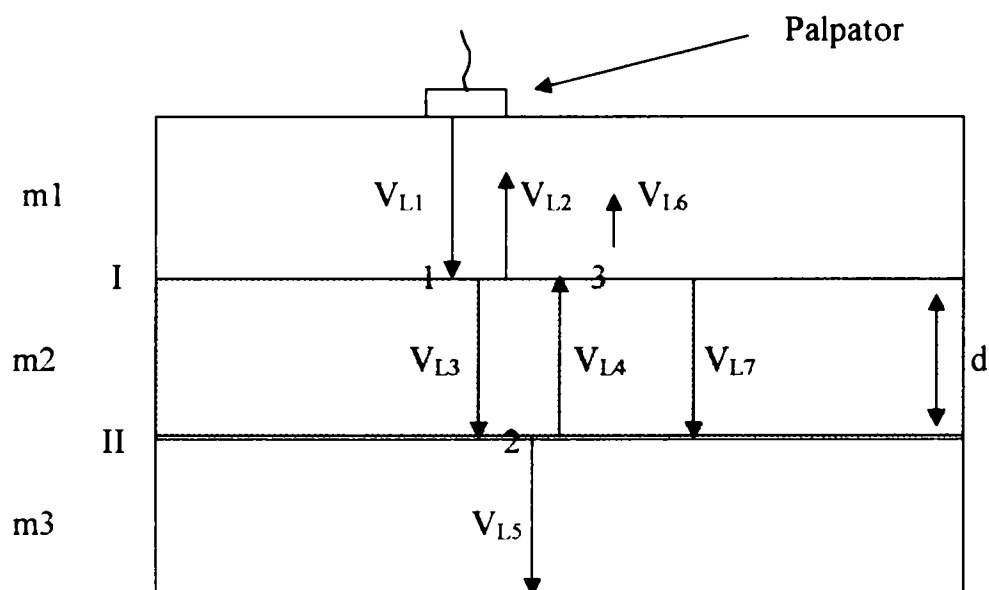


fig.3.3.Propagarea undelor ultrasonice cu incidenta normala prin 3 medii.

Undele ultrasonore intalnind mediul m2, se reflecta rezultand unda V_{L2} la suprafata de separatie I (se considera pct.1) si se refracta rezultand unda V_{L3} in mediul m2. Dupa ce parcurg distanta d in mediul m2 , undele V_{L3} intalnind al 3-lea mediu m3 identic cu m1, in zona de separatie II se reflecta rezultand unda V_{L4} si refracta rezultand unda V_{L5} (in punctul 2). Unda V_{L4} se intoarce spre zona de separatie I dintre m1 si m2 .In punctul 3 o parte din unda se va reflecta rezultand unda V_{L7} si o parte se va intoarce inspre palpator rezultand unda V_{L6} . Calculul in % cat se reflecta si cat se refracta este tratat in sectiunea "3.3.4.2.Studiul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala prin trei medii diferite " .

3.4. LICHIDE TEHNICE EXPERIMENTALE

3.4.1. CLASIFICARE SI PRINCIPALELE PROPRIETATI

Proprietatile lichidelor le plaseaza intre solide si gaze. In contrast cu solidele, lichidele pot lua diferite forme. Dimpotriva schimbarea volumului intimpina o rezistenta foarte mare, adica la lichide compresibilitatea este comparabila cu cea a solidelor, nu cu a gazelor.

Clasificarea lichidelor

Dupa natura legaturii dintre particule, lichidele pot fi clasificate in :

-lichide nepolare-atomii respectiv moleculele sunt tinute laolalta in principal prin forte dispersive. Exemplu tetraclorura de carbon CCl_4

-lichide polare-intre particule se exercita forte de dipol, in parte si legaturi prin puncti de hidrogen. Exemplu metanolul CH_3OH , apa.

-metale lichide-in aceste lichide particulele sunt tinute laolalta de legaturi metalice. Exemplu mercurul -lichid

-saruri topite-intre ionii dintre o sare topita actioneaza ca si intre cristalele ionice forte de atractie electrostatica.

Structura lichidelor

In corpurile solide(ideale), elementele constitutive atomice sunt dispuse periodic pana la domenii macroscopice(ordine la distanta) Dimpotriva, lichidele sunt caracterizate printr-o stare denumita de ordine in apropiere. Aceasta ordine in apropiere, care se refera la distanta si orientare atomilor, respectiv moleculelor, cuprinde in primul rand vecinii de ordinul intai ai unei particule oarecare. Ca urmare a miscarii termice, ordinea este perturbata chiar la vecinii de ordinul al doilea :dupa cateva straturi atomice ea nu mai exista. La apropierea de punctul de solidificare domeniile de ordine in apropiere se maresc.

Proprietatile apei lichide

Printre hidrurile covalente apa ocupa un loc deosebit din cauza proprietatilor sale fizice si chimice.

Tab.3.2 Densitatea apei la diverse temperaturi

t (°C)	0	4	10	15	20	25
ρ (kg/dm ³)	0,99987	1,0000	0,99973	0,99913	0,99823	0,99707

Aceasta apare deosebit de clar, atunci când comparăm punctele de topire și de fierbere ale apei cu cele ale catorva compusi hidrogenati ai elementelor grupei a -VI-a precum și ale amoniacului NH_3 și acidului fluorhidric HF.

Tab.3.3 Punctele de topire și solidificare pentru mai multe substanțe

Substanța	H_2O	H_2S	H_2Se	H_2Te	NH_3	HF
Punctul de topire ($^{\circ}\text{C}$)	100	-60,7	-41,3	-2	-33,4	19,5
Punctul de solidificare ($^{\circ}\text{C}$)	0	-85,5	-65,7	-49	-77,7	-83,1

În gheață, fiecare moleculă de apă este înconjurată tetraedric de alte patru molecule H_2O , adică moleculele de apă au în acest corp solid numărul de coordinație 4. Pe distanțe mici, structura tetraedrică se menține și în apa lichidă. Aceasta o arată rezultatele cercetărilor de difracție de raze X. Numărul de coordinație se mărește cu creșterea temperaturii de la 4,4 la $1,5^{\circ}\text{C}$, la 4,9 la 83°C . La aproape toate celelalte lichide numărul de coordinație este apreciabil mai mare și are valori cuprinse mai mult între 8 și 11. Structura tetraedrică a apei lichide este cauzată exact ca și la gheață – în primul rând de legături prin punți de hidrogen. Numeroase proprietăți ale apei pot fi explicate cu această structură, astfel de exemplu :

-Punctul de topire și de fierbere neobișnuit de ridicat în comparație cu alte hidruri covalente.

Acest efect poate fi pus pe seama legăturii prin punți de hidrogen.

-Dilatarea apei la solidificare. Această marire de volum este o consecință a micsării numărului de coordinație la trecerea din starea de agregare lichidă în cea solidă.

În contrast cu aceasta, la aproape toate celelalte substanțe prin solidificare se observă o creștere a numărului de coordinație. Astfel de exemplu, la aur lichid, numărul de coordinație este 11. Aurul solid cristalizat cubic cu fețe centrate are dimpotrivă numărul de coordinație 12.

Definiție : Numărul de coordinație este numărul vecinilor de ordin întâi (cei mai apropiați) care înconjoară o particulă.

Observație : Majoritatea metalelor cristalizează în una din următoarele structuri :

-împachetare hexagonală compactă (numărul de coordinație 12)

-impachetare cubica compacta-retea cubica cu fete centrate(numarul de coordinatie 12)

-retea cubica cu volum centrat(numarul de coordinatie 8)

Maximul de densitate a apei lichide la 4⁰C (vezi tab. 1).Aceasta proprietate este produsa de 2 efecte contrarii :Distrugetea treptata a structurii tetraedrice asemanatoare ghetii(care pote fi cunoscuta dupa cresterea numarului de coordinatie odata cu cresterea temperaturii)si cresterea normala a distantei mijlocii dintre particule odata cu cresterea temperaturii.

Fluide tehnice

Fluidele tehnice sunt lichide, gaze si vapori care se folosesc in sisteme tehnice pentru preluarea si transmiterea solicitarilor si energiilor mecanice si termice.Pentru indeplinirea acestor cerinte fluidele tehnice trebuie sa prezinte anumite proprietati de curgere si de flux descrise de legi reologice de material si de marimi caracteristice.

Un fluid este denumit a fi newtonian cand vascozitatea sa dinamica η ste independenta de tensiuni si deformari,respectiv cand este valabila relatia

$$\tau_f = \eta \times v_f \quad (3.37) \quad \text{unde: } \tau_f - \text{tensiunea de forfecare ;}$$

$$\eta - \text{viscozitatea dinamica ;}$$

$$\langle \eta \rangle = 1 \text{ Pa s} = 1 \text{ Ns /m}^2 = 10 \text{ Poise}$$

$$v_f - \text{viteza de forfecare ;}$$

$$\gamma = \eta / \rho \quad (3.38) \quad \text{unde : } \gamma - \text{viscozitatea cinematica ;}$$

$$\eta - \text{viscozitatea dinamica ;}$$

$$\rho - \text{densitatea .}$$

In cazul fluidelor neneutroniene, fie ca nu exista o relatie liniara intre tensiunea de forfecare τ_f si gradientul vitezei v_f (lichide neliniare-vascoase), fie lucrul de deformare nu se disipa integral instantaneu din cauza efectelor de relaxare.

Vascozitatea -nu este o constanta generala de material,ci dependenta de diversi parametri, ca de exemplu temperatura T,presiunea p, gradientul vitezei sau gradientul de forfecare v_f si timpul t, respectiv $\eta = f(T,p,s,t)$. Alaturi de functiile gradient ale vitezei si de timp, pentru utilizarile tehnice sunt de un deosebit interes dependentele de temperatura si de presiune.

a) Functia viscozitate –temperatura(η -T)

Viscozitatea fluidelor tehnice, ca de exemplu uleiurile minerale sau sintetice, scade cu cresterea temperaturii, astfel incat este necesara indicarea pentru fiecare valoare de viscozitate a temperaturii corespunzatoare.

b) Functia viscozitate –presiune(η -p)

Viscozitatea lichidelor compresibile creste cu cresterea presiunii.

Fluidele hidraulice

Fluidele hidraulice se folosesc pentru transmiterea presiunii respectiv a energiei in sistemele hidrostatice. Pe langa comportarea reologica necesara pe care trebuie sa o poseze (viscozitate, functii (η -T), (η -p), incompresibilitate) ele trebuie sa nu faca spuma, sa fie stabile la imbatranire si oxidare, sa serveasca la racire, ungere, mentinerea curateniei si la protectia contra coroziunii. Pentru indeplinirea acestor functiuni ele contin numeroase adaosuri (aditivi), ca de exemplu adaosuri antispumante, inhibitori pentru oxidare, agenti de curatare, emulgatori, inhibitori pentru coroziune. Cele mai utile marimi caracteristice conventionale pentru lichidele hidraulice alaturi de datele reologice sunt culoarea, densitatea, temperaturile de curgere si de aprindere, cifra de neutralizare, continut de apa, de cenusa si de materiale insolubile.

Lubrifianti

Lubrifiantii se folosesc pentru micșorarea frecării și uzurii sistemelor tribotehnice și trebuie să prezinte o serie de proprietăți :

1) **Proprietati reologice**, care presupun viscozitate adecvata, precum și functii (η -T), (η -p) corespunzatoare pentru realizarea unei pelicule de lichid între piesele în contact.

Clasificarea ISO relativ la viscozitate (DIN 51519) definește 18 clase de viscozitate cu $\gamma = 2, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680, 1000, 1500$ mm²/s și o abatere permisă de +10% ale acestor valori. Pentru uleiurile de motoare de autoturisme, conform clasificării date de American Society of Automotive Engineers (SAE) se disting <uleiuri de vara > viscoase (SAE 30, $\gamma(40/100^{\circ}\text{C}) = 110/12$ cSt, <uleiuri de iarna > fluide (SAE 20, $\gamma(40/100^{\circ}\text{C}) = 68/9$ cSt precum și uleiuri pentru

scopuri diverse , (SAE 10-50, $\gamma(40/100^{\circ}\text{C}) = 134/18$ cSt.

2) **Proprietati limita de frecare** adica de micșorare a frecării și uzurii pentru domeniile I și II ale curbei Stribech.(fig.3.4) realizabile prin adaosuri active la limita suprafețelor de frecare,ca aditivi pentru presiuni limita continand S, Cl,N,P destinați mării posibilității de creștere a sollicitării(la temperaturi adecvate de exploatare) sau ca agenți care micșorează frecarea (de exemplu,aditivi-acizi grași) pentru formarea de straturi de absorție cu rezistență mică la forfecare.

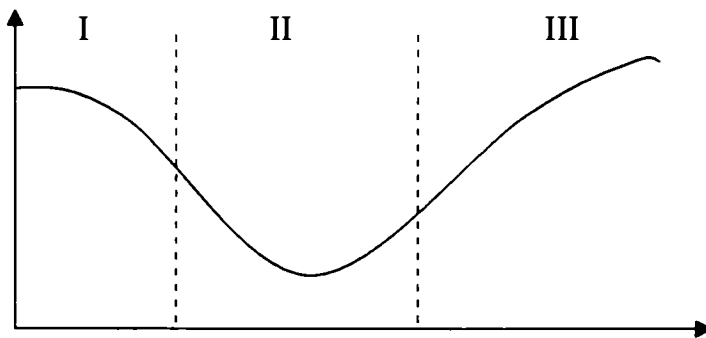


Fig.3.4. Curba Stribech

Alaturi de aceste proprietati tribologice primare, lubrifiantilor li se mai impun și alte cerințe,ca de exemplu privind protecția anticorozivă, stabilitatea la oxidare, miscibilitatea cu apă, lipsa de spumă, capacitatea de curgere la rece, acțiunea de curățare, pentru care li se adaugă alți aditivi ca de exemplu inhibitori pentru coroziune, antioxidanți, emulgatori, agenți de prevenire a formării spumei, de coborâre a punctului Stoch, precum și de curățare și dispersare.

Lubrifiantii se pot clasifica funcție de natura lor materială în următoarele grupe principale :

1) **Uleiuri pentru ungere** :uleiuri minerale(parafine,naftene aromate),hidrocarburi sintetice,uleiuri polieterice,esteri ai acidului carbonic,uleiuri esterice,esteri ai acidului fosforic,uleiuri siliconice,hidrocarburi halogene.

2) **Grasimi pentru ungere** :dispersii coloidale de agenți de îngrosare(de exemplu săpunuri metalice continand Ca,Na,Li,Al) în uleiuri minerale sau sintetice.

3) **Lubrifianti solizi** :lubrifianti solizi cu structura de rețea stratificată(de exemplu grafit cu ungere bună în aer umed ,disulfura de molibden, MOS_2 ,adecvat și pentru vid înaintat și atmosferă inertă), lubrifianti solizi fără structura cristalină stratificată(fosfați,acizi ,hidroxizi și sulfuri de Ca și

Zn), filme metalice cu rezistenta mica la forfecare pe suporturi dure(indiu,plumb, staniu, argint), termoplaste (de exemplu PTFE in conditii de presari mari pe suprafete si viteze de alunecare foarte mici).

Clasele principale de lubrifianti sunt :

- uleiuri pentru masini ;
- uleiuri pentru cilindri ;
- uleiuri pentru turbine ;
- uleiuri de motor ;
- uleiuri pentru mecanisme de transmisie ;
- uleiuri pentru compresoare ;
- uleiuri pentru prelucrari de metale ;
- lubrifianti pentru racire.

Tab.3.4 Cerinte minime referitoare la uleiurile minerale pentru ungere

Nr.crt.	Proprietati	Uleiuri hidraulice HPL(DIN 51524)		
		10	46	100
1	Clasa de vascozitate ISO ,DIN 51519	10	46	100
2	Vascozitate la 40 ° C mm ² /s	9,0...11,0	41,4...50,6	90,0...110
3	Densitate la 15 ° C g/ml	0,87	0,88	0,89
4	Temperatura de curgere ° C	<-30	<-15	<-12
5	Temperatura de aprindere ° C	> 125	>185	> 205
6	Cifre de neutralizare(acida) mgKOH/g	1,9	1,9	1,9
7	Continutul de apa g/100g	<0,1	<0,1	<0,1
8	Componenta arsa(arsura oxidica) g/100g	0,4	0,4	0,4
9	Continutul in substante insolubile g/100g	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tab.3.5 (continuare la tab 3.4)

Nr.crt.	Lubrifianti	L-AN	(DIN 51501)	Uleiuri	Agenti termici
1	5	68	680	-	
2	4,14...5,06	61,2...74,8	612...748	11...55	100...150
3	0,84	0,90	0,94	0,91	0,92
4	<-12	<-12	<-3	-40	-40
5	>80	>145	>250	>170	>200
6	<0,15	<0,15	<0,15	0	0
7	<0,2	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1
8	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Aditivarea petrolului de aviatie de tip TH (kerosen).

Conform prevederilor standardelor militare NATO si a cerintelor de siguranta in exploatare a turbomotoarelor de aviatie cu petrol tip TH este necesara introducerea urmatoarelor tipuri de aditivi :

- disipator antistatici;
- inhibitor de coroziune /imbunatatire a lubrefierii;
- impotriva formarii cristalelor de gheata ;
- antioxidant si dezactivator de metale.

ANTIOXIDANTII – sunt compusi chimici care adaugati in combustibilii de aviatie in cantitati foarte mici ,inhiba reactiile radicalice de oxidare si de formare a gumelor ,marind stabilitate: la depozitare indelungata si la utilizare.Combustibilii turboreactoarelor se aditiveaza antioxidant imediat dupa procesare, inainte de a lua contact cu atmosfera pentru a se evita formarea gumelor si peroxizilor dupa manufacturare.Aditivii antioxidanti sunt introdusi de producator.

DEZACTIVATORI METALICI – reduc total sau partial activitatea catalitica a metalelor din combustibil prin complexarea la numarul de coordinare maxim al metalului ,cu formarea unui complex stabil .Metalele tranzitionale posedand orbitali vacanti sau partiali ocupati cu electroni au o capacitate foarte mare de complexare .Eficienta dezactivatorilor metalici este determinata de stabilitatea complexului format care depinde de formarea unui aranjament spatial favorabil al liganzilor in jurul atomului sau ionului central .Cu cat numarul de cicluri continute in complex este mai mare ,cu atat creste mai mult stabilitatea complexului .

DISIPATORI ANTISTATICI – protejeaza combustibilii pentru turbomotoare de incarcarea electrostatica produsa in timpul transvazarii, care constituie un risc potential de incendiu.Introdusi in proportii foarte mici in petrol ei asigura mentinerea conductivitatii electrice intre $50-300 \text{ p}\Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ (in domeniul de temperatura de la -20 la $+40^\circ \text{ C}$) conditie necesara pentru a evita incarcarea electrostatica la alimentarea avionului .Aditivul aprobat este STADIS 450 produs de OCTEL.

INHIBITOR DE COROZIUNE / IMBUNATATIRE A LUBRIFIERII – Toate metalele si aliajele din care sunt confectionate utilajele din sistemul de depozitare si distributie a combustibilului si piesele din motor sunt supuse mai mult sau mai putin distrugerii prin coroziune. Inhibarea actiunii

corozive a contaminantilor din combustibilii de aviatie reprezinta una din metodele cele mai eficiente si economice de protectie anticoroziva .Fenomenul de inhibare consta in modificarea posibilitatii de interactiune intre mediul coroziv si metalul cu care se gaseste in contact, prin crearea unei bariere protectoare care franeaza reactia anodica si reactia catalitica de corozie.Inhibitorii organici de corozie folositi pentru aditivarea combustibililor de aviatie sunt substante polare ale caror molecule sunt alcatuite dintr-un rest hidrocarbonat si una sau mai multe grupe polare (functie ancora Grupa functionala se fixeaza pe suprafata metalului prin forte de atractie specifice ,iar restul hidrocarbonat se orienteaza spre produsul petrolier contaminat cu impuritati corozive.Se formeaza un strat de absorbtie moleculara care izoleaza metalul ,impiedicand procesul de corozie.Aditivii aprobati sunt : APOLLO-PRI-19 ;DUPONT DCI-4A ;HITEC 580 ;NALCO 5403 ;MOBILAD F 800 ;IPC 4410 ;IPC 4445.

HITEC 580-este un inhibitor de corozie pe baza de fosfor pentru protectia conductelor , rezervoarelor si echipamentelor utilizate pentru transportul fractiilor petroliere de la benzina pana la petrol.Produsul poate fi deasemenea utilizat pentru ameliorarea calitatilor de lubrifiere ale combustibilului de aviatie ,pentru a se micșora sarcina in punctele critice ale echipamentelor ca pompele de combustibil si reglatoarele.Acest aditiv asigura :

-recunoasterea pe plan mondial de utilizare la tehnica de aviatie militara ;

-micșorarea coroziei si reducerea formarii in petrol a produsilor de corozie ,imbunatatind viata echipamentelor si reducand costurile de intretinere ;

-reducerea riscului de blocare a filtrelor de pe conducte si a pompelor de carburanti datorat produselor de corozie. ;

-o fluiditate buna la temperatura scazuta si un punct de inflamare relativ ridicat care permite o utilizare usoara si in siguranta a aditivului.

ADITIVI IMPOTRIVA FORMARII CRISTALELOR DE GHEATA – se introduc pentru preveni formarea cristalelor de gheata la temperaturi joase.Dupa modul de actiune antigivranti se impart in doua grupe distincte : depresanti ai temperaturii de inghetare a apei din combustibil si surfactanti care impiedica aderarea cristalelor de gheata pe suprafetele metalice.Aditivii din prima categorie ,care sunt cei mai raspinditi ,migreaza in faza apoasa din combustibil si formeaza un

amestec omogen cu temperatura de solidificare cu mult mai joasa decat a apei. Acesti aditivi prezinta dezavantajul ca in prezenta apei in stare libera in contact cu petrolul se separa din combustibili.

Aditivul antigivrant aprobat pentru aviatia militara este DIEGME.

ADITIVI ANTIMICROBIENI – reprezinta metoda cea mai eficace pentru combaterea masei biologice care prolifereaza in combustibilul pentru turboreactoare si produce infundarea filtrelor si coroziunea microbiologica a suprafetelor metalice.

Aditivarea se face cu cel putin 24 ore inainte de alimentarea aeronavelor. Dupa aditivare se poate depozita combustibilul in rezervoare goale ,curate ,pentru o perioada de maxim 3 luni. Se poate prelungi durata de depozitare a combustibilului aditivat pana la 6 luni dar fara aditiv antigivrant .

Cantitatea de aditivi nu trebuie sa depaseasca urmatoarele valori :

Tab.3.6 Aditivii petrolului de aviatie

Nr.crt.	Aditiv	Tip	Cantitatea
1	Inhibitor de coroziune	HITEC 580	23 g / m ³
2	Dezactivator de metale	HITEC 4705	5,8 g / m ³
3	Disipator de metale	STADIS 450	3,0 mg / l
4	Antigivrant	NYCOSOL 37	0,15 %

Aditivii nu se vor uni cu altii inainte de aditivare. Fiecare tip de aditiv ,se va introduce separat ,se va barbota cel putin 30 minute dupa care se introduce un alt tip de aditiv.

3.4.2.CALCULUL VITEZELOR DE PROPAGARE A UNDELOR IN LICHIDE

Calcularea vitezei de propagare a sunetului intr-un mediu lichid avand dimensiunile mari in comparatie cu lungimea de unda a sunetului se poate face cu ajutorul formulei lui Newton.

In cazul unui lichid, modulul de elasticitate este analog cu inversul coeficientului de compresibilitate k al lichidului.

Astfel in cazul lichidelor

$$C = \sqrt{E / \rho_0} \Rightarrow C = \sqrt{1 / k \rho_0} \quad (3.39)$$

Intocmai ca si in cazul propagarii undelor acustice in gaze si in acest caz se poate considera fenomenul adiabatic sau izotermic. Insa la lichidele care sunt aproape incompresibile, valoarea

raportului dintre caldurile specifice fiind foarte apropiate de unitate, atunci cand nu se cere o precizie prea mare, nu este cazul sa se mai faca o distinctie intre fenomenul adiabatic si izotermic. Intr-adevar pentru apa la 8 °C, $\chi = 1,001$, iar in cazul apei sarate la $t=30^{\circ}\text{C}$, $\chi = 1,0207$.

Daca se ia in considerare cazul apei la care compresibilitatea este aproximativ egala cu 0,00005 pentru o atmosfera, deci

$$1/k = 76 \times 13,6 \times 981 / 0,00005 = 2,03 \times 10^{10} \text{ dyn/cm}^2 \quad (3.40)$$

Viteza de propagare a sunetului este

$$C = \sqrt{2,03 \times 10^{10} / 1,009} = 1,42 \times 10^5 \text{ cm/s} = 1420 \text{ m/s} \quad (3.41)$$

Valoare aproape identica cu cea obtinuta pe cale experimentală.

Daca s-ar fi considerat fenomenul adiabatic, introducand in rel.(1) valoarea lui $\chi=1,001$, viteza de propagare a sunetului in apa ar fi: $c=1420,8 \text{ m/s}$, deci o diferenta de aproximativ 0,5 ‰

Cum coeficientul de compresibilitate si densitatea lichidului depind de temperatura, implicit si viteza de propagare a sunetului printr-un lichid, este functie de temperatura. In plus, cresterea presiunii hidrostatice, ca urmare a maririi adancimii precum si salinitatea contribuie la cresterea vitezei de propagare a sunetului. In cazul propagarii sunetului in apa marii, o relatie empirica permite sa se calculeze viteza sunetului in m/s in functie de parametrii specificati mai sus ;

$$C=1410+4,21t-0,037t^2+0,0175d+1,14s \quad (3.42)$$

Unde : t = temperatura apei in °C

d = adancimea in metri

s = salinitatea exprimata in grame de sare/litru de apa.

Din relatia de mai sus rezulta ca viteza sunetului creste cu aproximativ 4m/s pentru o crestere a temperaturii cu 1° C, deci o crestere mai substantiala a vitezei decat in cazul propagarii undelor in aer. La o marire a adancimii cu 10 m, echivalentul unei cresteri a presiunii hidrostatice cu o atmosfera, viteza sunetului creste cu 20m/s

Salinitatea joaca un oarecare rol doar la suprafata apei si in regiunile in care nu exista un debit specific de apa dulce provenita de la fluvii sau rauri.

La suprafata marii, in cazul in care temperatura apei este 15°C si salinitatea egala cu 30 ‰, viteza sunetului in apa marii este aproximativ egala cu 1500m/s

$$V = \sqrt{1 / \rho k_{ad}} = \sqrt{\chi / \rho k_{iz}} \quad (3.43) \quad \text{unde} \quad \chi = k_{iz} / k_{ad} = c_p / c_v \quad (3.44)$$

Legenda : k_{iz} -coef.de compresibilitate izoterma($t=ct$)a mediului
 k_{ad} -coef.de compresibilitate adiabatica ($\Delta Q=0$)
 c_p -caldura specifica la $p=const.$
 c_v -caldura specifica la $v=const.$

Vitezele de propagare in lichide sunt cuprinse in domeniul 900-1900 m/s.

3.4.3.CALCULUL IMPEDANTEI ACUSTICE

Daca se face o analogie intre marimile acustice si cele caracteristice campului electric, viteza particulelor u corespunde corespunde intensitatii momentane a curentului , iar variatia de presiune Δp corespunde tensiunii, atunci produsul

$$\rho v = p / u = R \quad (3.45)$$

unde ρ - densitatea mediului de propagare
 v – viteza ultrasunetelor in mediul de propagare

devine analog rezistentei electrice si se numeste rezistenta (impedanta) acustica. Unitatea de masura lui R este N/m^2s . In tabelul nr.3.7 este calculata impedanta pentru trei medii diferite .

tab.3.7 Impedanta acustica pentru trei medii de propagare

	AER	APA	OTEL
$\rho \times 10^{-3}$ densitatea (kg/m^3)	0,001205	0,9982	7,85
v - viteza ultrasunetului (m/s)	343,8	1497	5920
$R \times 10^{-3}$ impedanta (kg/m^2s)	0,000414	1,49430	46,472

3.4.4.DETERMINAREA COEFICIENTILOR DE REFLEXIE SI DE PROPAGARE IN CAZUL PROPAGARII UNDELOR ULTRASONICE CU INCIDENTA NORMALA

Daca o unda elastica intalneste suprafata de separatie dintre doua medii 1 si 2 o parte din unda se va reflecta, iar o parte se va refracta in mediul 2.

Coeficient de reflexie (factor de reflexie)

$$\mathbf{c}_r = (\mathbf{R}_2 - \mathbf{R}_1) / (\mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_1) = (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1) / (\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1) \quad (3.46)$$

Coeficient de propagare (factor de propagare)

$$\mathbf{c}_p = 2\mathbf{R}_2 / (\mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_1) = 2\rho_2 v_2 / (\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1) \quad (3.47)$$

Intre coeficientii \mathbf{c}_p si \mathbf{c}_r trebuie sa se indeplineasca relatia

$$\mathbf{c}_p - \mathbf{c}_r = 1 \quad (3.48)$$

In baza formulelor enuntate mai sus se pot face urmatoarele observatii :

1. Din medii solide spre aer (gaze) undele acustice practic nu se mai pot propaga deoarece diferentele de impedanta acustica sunt prea mari $\rho_1 v_1 \gg \rho_2 v_2$ si ca urmare coeficientul de propagare ia valori neglijabile $\mathbf{c}_p < 0,00012$. In aceste cazuri, are loc fenomenul de reflexie cvasitotala, coeficientii de reflexie $\mathbf{c}_r > 0,9998$. La metale conditiile de reflexie sunt si mai accentuate deoarece $\mathbf{c}_p < 0,00002$ si $\mathbf{c}_r > 0,9999$. Fenomenul de reflexie totala a undelor elastice de catre orice discontinuitate de natura gazoasa, inclusa in material sta la baza **principiului detectarii defectelor cu ajutorul ultrasunetelor** ;

2. Daca ambele impedante acustice ale mediului in care se propaga unda (mediul 2), sunt inferioare mediului de provenienta (mediul 1), adica $\rho_1 v_1 > \rho_2 v_2$, la suprafata de separatie a celor 2 medii are loc o inversare de faza, cu valoarea π , undele fiind reflectate in mediul 1 cu o pierdere de $\lambda/2$, conform schematizarii din figura 3.5. Ca urmare, la reflexiile cu inversare de faz coeficientii de reflexie \mathbf{c}_r iau semnul minus, iar pentru respectarea conditiei $\mathbf{c}_p - \mathbf{c}_r = 1$ coeficientii corespunzatori de propagare prezinta valori $0 < \mathbf{c}_p < 1$;

3. Intre medii de aceeași natură $\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2$, unde nu se reflectă $C_r = 0$, deci se produce o propagare totală ($C_p = 1$);

4. Randamentul propagării este, cu atât mai bun, cu cât impedanța acustică a mediului din care provine unda $\rho_1 v_1$ este mai mică, iar a celui în care se propaga $\rho_2 v_2$, mai mare (figura 3.6, $\rho_1 v_1 \ll \rho_2 v_2$).

5. Coeficienții de propagare din lichide în solide sunt inferiori celor de propagare din aer în solide, dar în toate cazurile la lichide având impedanța $\rho_1 v_1 > 1500 \cdot 10^3$ (Pa*s), $C_p > 1,1$. Cele mai mari și totodată mai apropiate valori le asigură apa și uleiul. De aceea se folosește apa și uleiul ca medii de cuplare a palpatoarelor cu piesa de controlat.

6. Intre solide, coeficienții mari de propagare se asigură de la plexiglas la metale, $C_p > 1,6$. Drept urmare, plexiglasul se folosește cu foarte bune rezultate în construcția palpatoarelor și anume în vederea confecționării elementului de transfer a undelor de la palpator la piesa controlată (20).

3.4.4.1. Reflexia și refracția semnalului ultrasonic la suprafața de separație dintre apă-aer și apă-otel

Din medii solide spre aer (gaze) undele acustice practic nu se mai propagă, deoarece diferențele de impedanță acustică sunt prea mari $\rho_1 v_1 \gg \rho_2 v_2$ și ca urmare coef. de propagare ia valori neglijabile $C_p < 0,00055$.

În aceste cazuri are loc fenomenul de reflexie cvasitotală, coef. de reflexie fiind $|C_R| > 0,99945$.

tab.3.8 Coeficienții de reflexie pentru două zone de separație

	APA-AER	APA-OTEL
Coef. de reflexie (C_R)	-0,99945	0,93769
Coef. de propagare (C_p)	0,00055	1,93769
Condiție $C_p - C_R = 1$	1	1

La metale condițiile de reflexie sunt și mai accentuate, deoarece $C_p < 0,00002$ respectiv $|C_R| > 0,9999$. Fenomenul de reflexie totală a undelor elastice de către orice discontinuitate

de natura gazoasa, inclusa in material sta la baza principiului detectarii cu ajutorul ultrasunetelor.

Daca impedantele acustice ale mediului in care se propaga unda (mediul 2) sunt inferioare mediului de provenienta (mediul 1), adica $\rho_1 v_1 > \rho_2 v_2$ la suprafata de separatie a celor doua medii are loc o inversare de faza, cu valoarea π unde fiind reflectate in mediul 1 cu o pierdere de $\lambda / 2$, conform fig 3.5., adica pentru cazul otel-apa ar fi $\lambda / 2 = 0,33 \text{ mm}$ pentru un palpator cu $D_p = 2,54 \text{ cm} = 1 \text{ inch}$ si frecventa de $2,25 \text{ MHz}$ in $v_{\text{apa}} = 1497 \text{ m/s}$.

$$\lambda = v / f = 0,067 \text{ cm} \Rightarrow \lambda / 2 = 0,33 \text{ mm} \quad (3.49)$$

a). cazul $R_1 > R_2$

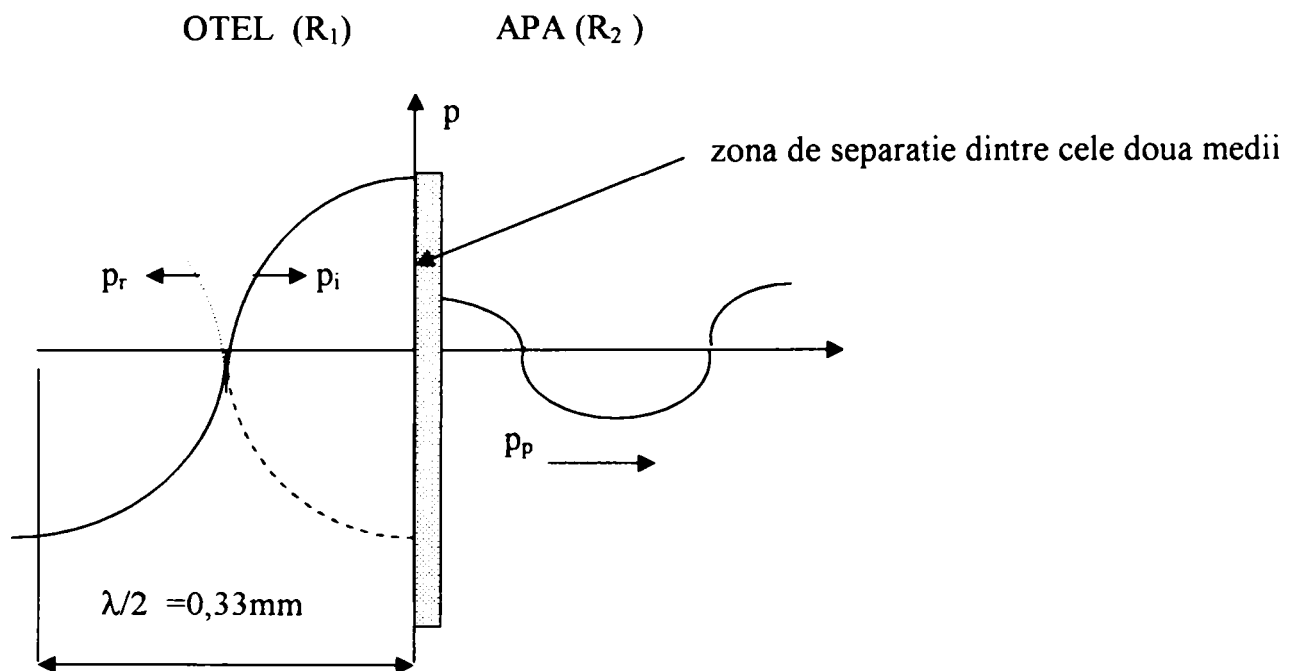


Fig. 3.5 Propagarea undelor perpendiculare pe suprafata limita cu pierdere de $\lambda/2$

Ca urmare la reflexiile cu inversare de faza, coeficientii de reflexie C_R iau semnul minus (fig.3. iar pentru respectarea conditiei $C_p - C_R = 1$, coef. corespunzatori de propagare prezinta valori $1 > C_p > 0$ Intre medii de aceeasi natura $\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2$ undele nu se reflecta $C_R = 0$, deci se produce o propagare totala $C_p = 1$

Randamentul propagarii este cu atat mai bun, cu cat impedanta acustica a mediului din care provine unda $\rho_1 v_1$ este mai mica, iar a celui in care se propaga $\rho_2 v_2$ mai mare $\rho_1 v_1 \ll \rho_2 v_2$. De exemplu

coef.de propagare a undelor din aer in solide $C_p > 1,9998$.

Coef.de propagare din lichide in solide sunt inferioari celor de propagare din aer in solide, dar in toate cazurile la lichide, avand impedanta $\rho_1 v_1 > 1500 \times 10^3 \text{ Pa s}$, $c_p > 1,1$ cazul apei $R \times 10^{-6} = 1,49430 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ rezulta $C_{p \text{ apa-otel}} = 1,93769$.

b).cazul $R_1 < R_2$

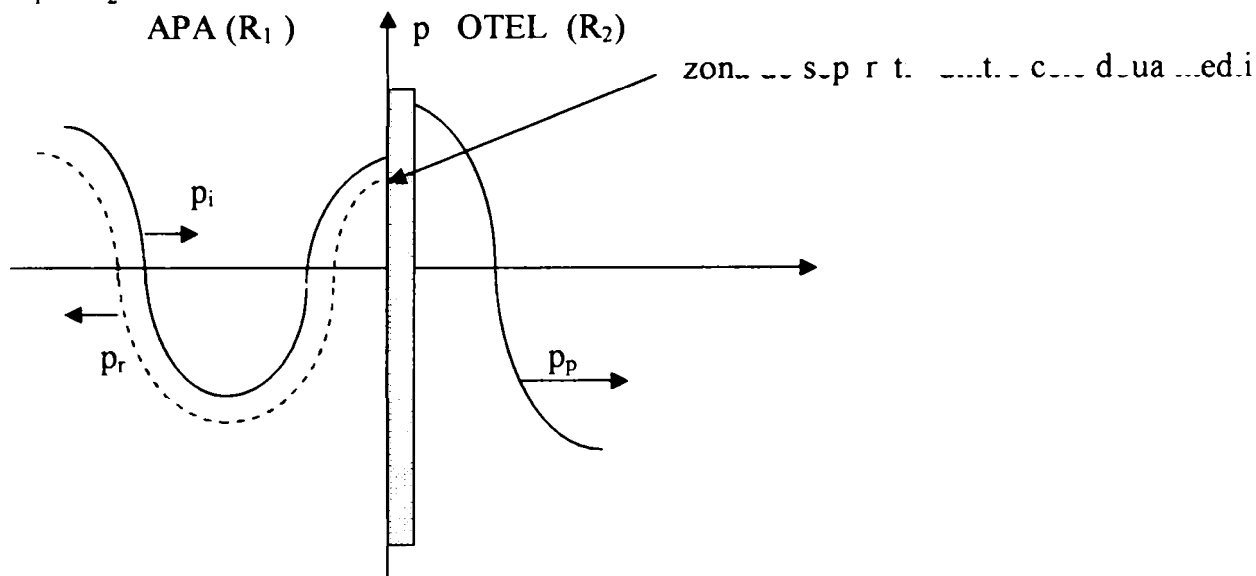


fig.3.6 Propagarea undelor perpendiculare pe suprafata limita in faza

3.4.4.2. Studiul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala prin trei medii diferite

Cazul apa –aluminiu- apa

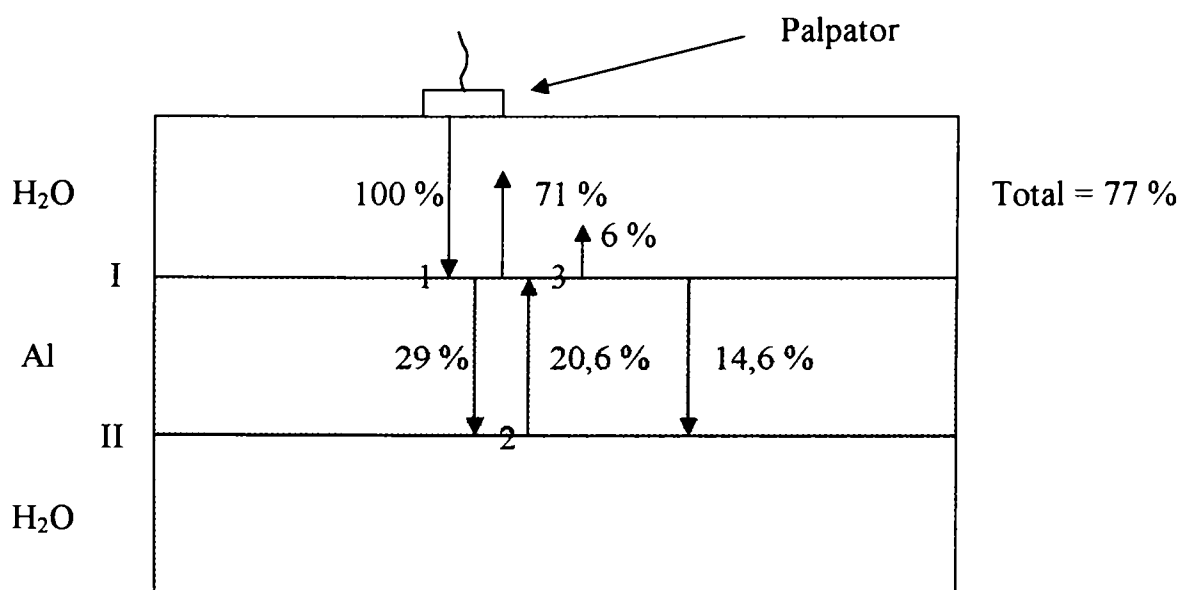


fig.3.7 Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-aluminiu-apa

Ce procent din energia ultrasunetului original va fi reflectat inapoi la palpator la interfata apa-Al

$$C_{R1} = (0,149-1,72)^2 / (0,149+1,72)^2 = (1,57)^2 / (1,87)^2 = (-0,84)^2 = 0,7065 \quad (3.50)$$

⇒ 70,65 % aprox. 71 % din semnal ultrasonor (U.S.) va fi reflectat in zona I de separatie inapoi la palpator. Restul de 29% va patrunde in aluminiu (Al).

La a II-a zona de separatie, o parte din semnal se va reflecta iar o parte isi va continua drumul apa.

Ne intereseaza cat se va reflecta spre zona de separatie I la zona II de separatie.

$$C_{R2} = (1,72-0,149)^2 / (1,72+0,149)^2 = (1,57)^2 / (1,87)^2 = (0,84)^2 = 0,7065 \quad (3.51)$$

⇒ 70,65 % aprox. 71 % din ce a ramas (29%) deci rezulta 20,6%.

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 29\% \\ 71\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 71 \times 29 / 100 = 20,59 \text{ aprox. } 20,6$$

Ultrasunetul ajunge in punctul 3 (zona de separatie I) la punctul 3 de reflexie unde se intoarce 71% din 20,6%

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 20,6\% \\ 71\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 71 \times 20,6 / 100 = 14,69$$

adica 14,6%. La zona de separatie I in pct. 3 semnalul U.S. se va propaga spre palpator 6% adica 20,6% - 14,6% = 6%

Total semnal U.S. = 71% + 6% = 77%

Cazul apa-otel(OL)-apa

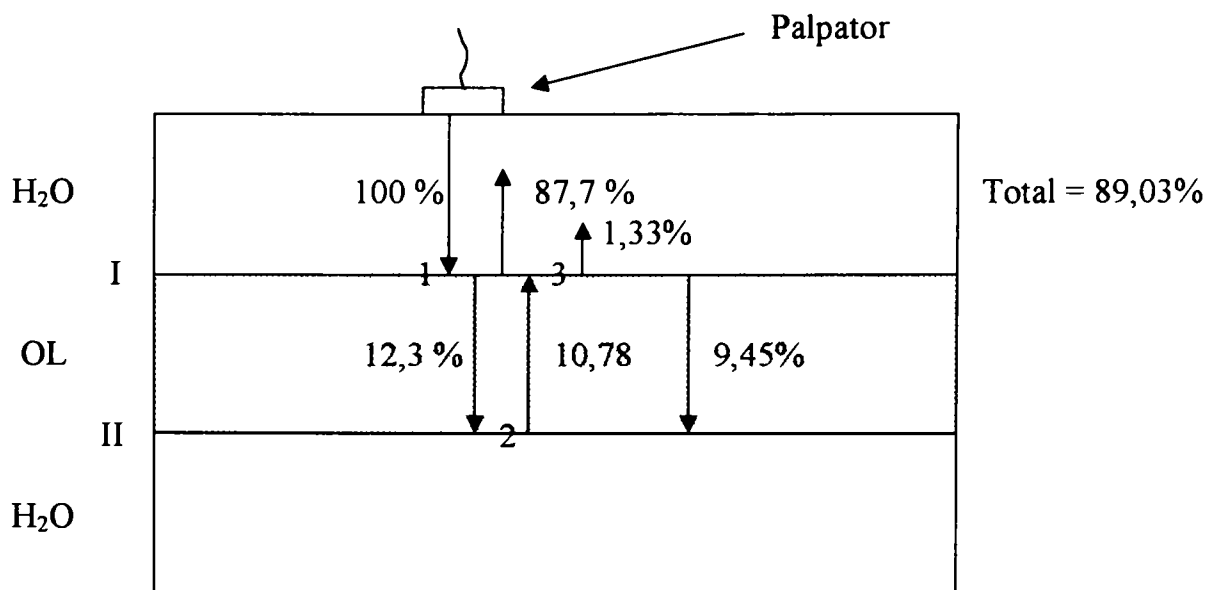


fig. 3. 8 Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-otel-apa

Ce procent din energia ultrasunetului original va fi reflectat inapoi la palpator la interfata apa-OL

$$C_{R1} = (0,93)^2 = 0,877 \quad (3.52)$$

⇒ 87,7% din semnal ultrasonor (U.S.) va fi reflectat in zona I de separatie inapoi la palpator. Restul de 12,3% va patrunde in otel(OL).

La a II-a zona de separatie,o parte din semnal se va reflecta,iar o parte isi va continua drumul i apa.

Ne intereseaza cat se va reflecta spre zona de separatie I la zona II de separatie.

$$C_{R2} = 87,7\% \text{ din ce a ramas } (12,3\%) \text{ deci} \quad (3.53)$$

$$\Rightarrow 10,78$$

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 12,3\% \\ 87\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 87,7 \times 12,3 / 100 = 10,78$$

Ultrasunetul ajunge in punctul 3(zona de separatie I) la punctul 3 de reflexie unde se intoarce 87,7% din 10,78% adica 9,45%.

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 10,78\% \\ 87,7\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 87,7 \times 10,78 / 100 = 9,45 \%$$

La zona de separatie I in pct.3 semnalul U.S. se va propaga spre palpator 1,33 % adica 10,78%-9,45%=1,33%

Total semnal U.S.=89,03%

Cazul apa-wolfram(W)-apa

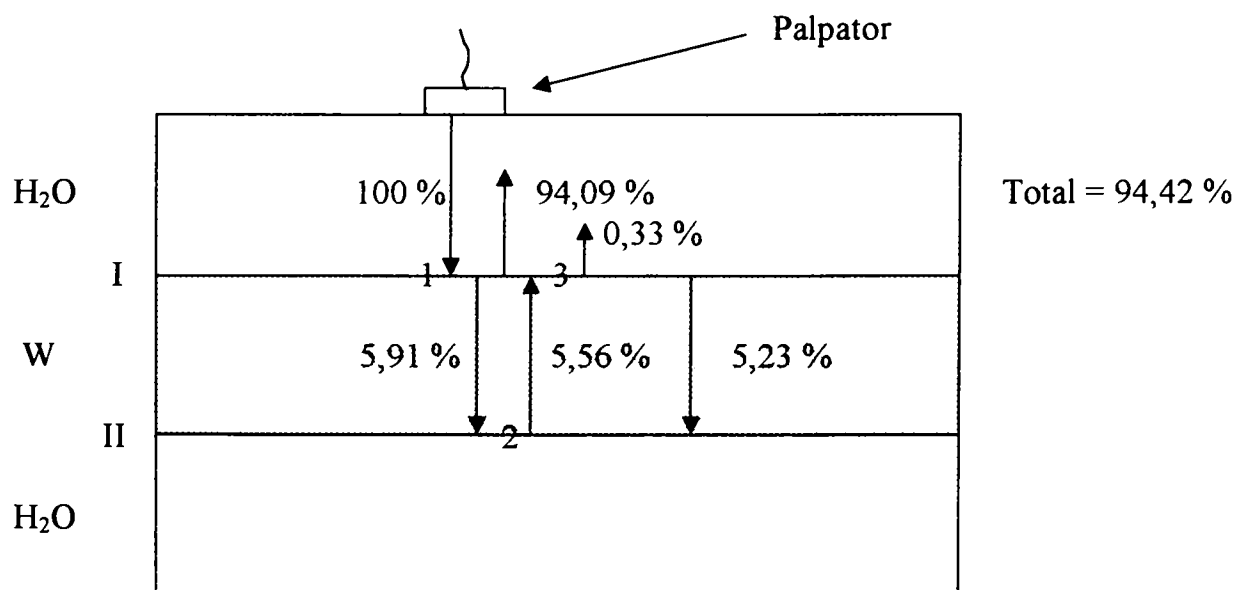


fig.3.9 Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-wolfram-apa

Ce procent din energia ultrasunetului original va fi reflectat inapoi la palpator la interfata apa-W

$$C_{R1} = (0,97)^2 = 0,9409 \quad (3.54)$$

⇒ 94,09% din semnal ultrasonor (U.S.) va fi reflectat in zona I de separatie inapo la palpator. Restul de 5,91% va patrunde in wolfram.

La a II-a zona de separatie, o parte din semnal se va reflecta, iar o parte isi va continua drumul in apa.

Ne intereseaza cat se va reflecta spre zona de separatie I la zona II de separatie.

$$C_{R2} = 94,09\% \text{ din ce a ramas } (5,91\%) \text{ deci} \quad (3.55)$$

$$\Rightarrow 5,56 \%$$

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 5,91\% \\ 94,09\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 94,09 \times 5,91 / 100 = 5,56 \%$$

Ultrasunetul ajunge in punctul 3 (zona de separatie I) la punctul 3 de reflexie unde se intoarce 94,09% din 5,56% adica 5,23.

$$\begin{array}{l} 100\% \dots\dots\dots 5,56\% \\ 94,09\% \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$x = 94,09 \times 5,56 / 100 = 5,23 \%$$

La zona de separatie I in pct.3 semnalul U.S. se va propaga spre palpator 0,33 % adica 5,56% - 5,23% = 0,33%

Total semnal U.S. = 94,42%

Tab.3.9 Impedanta , viteza de propagare si densitatea pentru diferite materiale

Material	R-impedanta (g/cm ² s)	v-viteza acustica (cm/s)	ρ-densitate (g/cm ³)
Aer	33,00	33000	0,001
Apa	149000	149000	1
Aluminiu(Al)	1720000	635000	2,71
Otel(OL)	4560000	585000	7,8

Tab.3.10 Coeficientii de reflexie si % din semnalul total reflectat pentru 3 zone de separatie

	Apa-Al	Apa-OL	Apa-W
Coef.de reflexie c _r	-0,841	-0,9367	0,97
% ce este reflectat inapo la palpator	70,65	87,744	94,09

3.4.5. CALCULUL CORECTIILOR TERMICE ALE DENSITATII RELATIVE LA PRODUSELE PETROLIERE

In cazul in care nu se dispune de termodensimetre sau densimetre se poate determina densitate produsului (lichid) la temperatura la care se face masuratoarea, luind ca baza densitatea indicata in buletinul de analiza al produsului, la care se aplica corectia de temperatura (vezi tab.11.) . Cand temperatura la care se face masuratoarea este mai mica decat temperatura la care se cunoaste densitatea produsului, atunci corectia de densitate se aduna, iar in caz contrar se scade .

Exemplu : In buletinul de analiza este trecuta $\rho_1 = 0,735 \text{ g / m}^3$ la temperatura de $t_1 = + 20^\circ \text{ C}$

Temperatura produsului cand s-a facut masuratoarea este $t_2 = + 26^\circ \text{ C}$.Corectia pentru 1° C corespunzator densitatii de $\rho_1 = 0,735 \text{ g / m}^3$ din tabel este $c_1 = 0,000857 \text{ g / m}^3$.diferenta de temperatura T este :

$$T = t_2 - t_1 = 26 - 20 = 6^\circ \text{ C} \quad (3.56)$$

Corectia pentru 6° C este :

$$c_2 = T \times c_1 = 6 \times 0,000857 = 0,005 \text{ g / m}^3 \quad (3.57)$$

Temperatura la masuratoare fiind mai mare decat temperatura la care se cunoaste densitatea produsului respectiv, corectia c_2 se va scadea din $\rho_1 = 0,735 \text{ g / m}^3$ astfel

$$\rho_2 = \rho_1 - c_2 = 0,735 - 0,005 = 0,730 \text{ g / m}^3 \quad (3.58)$$

Aceasta densitate $\rho_2 = 0,730 \text{ g / m}^3$ va fi densitatea produsului la temperatura de 26° C .

Pentru micșorarea pierderilor prin evaporare ,rezervoarele se incarca la o inaltime maxima (de regula 90% din inaltimea lor) astfel incat sa ramana liber numai spatiul necesar pentru dilatarea lichidului .Calculul umplerii volumului acestui spatiu este :

$$Q = V \times (t_M - t_m) \times \alpha \quad (3.59)$$

unde: Q - spatiul liber necesar (in litri) ;

V - volumul real al rezervorului (in litri) ;

t_M - temperatura maxima ce o poate atinge carburantul ,in conditiile rezervorului respectiv ;

t_m - temperatura momentana a lichidului in momentul umplerii (se masoara dupa c inaltimea lichidului a depasit trei sferturi din inaltimea rezervorului vertical sau a diametrului celui orizontal ;

α - coeficientul de dilatare termica a lichidelor petroliere

Dupa determinarea spatiului liber cu ajutorul formulei de mai sus ,se stabileste inaltimea acestui spatiu(masurat de la partea superioara a rezervorului) folosind tabela de calibrare a rezervorului .

 Tab.3.11. Corectiile termice ale densitatii relative (c_1)

Densitatea citita (ρ_1) [g / m ³]	Corectia (c_1) a densitatii ptr. 1° C [g / m ³]	Densitatea citita (ρ_1) [g / m ³]	Corectia (c_1) a densitatii ptr. 1° C [g / m ³]
0,680-0,6999	0,000910	0,850-0,8599	0,000699
0,700-0,7099	0,000897	0,860-0,8699	0,000686
0,710-0,7199	0,000884	0,870-0,8799	0,000673
0,720-0,7299	0,000870	0,880-0,8899	0,000660
0,730-0,7399	0,000857	0,890-0,8999	0,000647
0,740-0,7499	0,000844	0,900-0,9099	0,000633
0,750-0,7599	0,000831	0,910-0,9199	0,000620
0,760-0,7699	0,000818	0,920-0,9299	0,000607
0,770-0,7799	0,000805	0,930-0,9399	0,000594
0,780-0,7899	0,000792	0,940-0,9499	0,000581
0,790-0,7999	0,000778	0,950-0,9599	0,000567
0,800-0,8099	0,000765	0,960-0,9699	0,000554
0,810-0,8199	0,000752	0,970-0,9799	0,000541
0,820-0,8299	0,000738	0,980-0,9899	0,000528
0,830-0,8399	0,000725	0,990-1,0000	0,000515
0,840-0,8499	0,000712		

Tab.3.12 Corectia de densitate a lichidele la temperatura de 22,5°C

nr.crt.	lichid	densitatea cunoscuta buletin	temperatura ° C	corectie la t=22,5°C
1	petrol neaditvat	0.802	20	0.800
2	petrol aditvat	0.803	20	0.801
3	ulei SAE20W50	0.87	20	0.868
4	ulei T-90	0.872	20	0.870
5	FH-51	0.872	20	0.870
6	AVI-8-stocaj	0.874	20	0.872
7	AVI-8A-proaspat	0.8713	27.5	0.875
8	AVI-8A-folosit	0.8759	27.5	0.879
9	apa	0.998	15	0.994
10	apa sarata	1.023	22.5	1.023
11	antigel	1.139	22.5	1.139

Corectia de densitate in tab.3.12 este facuta pentru a aduce la aceeasi temperatura, lichidele din buletinele de analiza, iar in tab.3.13 sunt date lichidele folosite in traductorul de vibratie din cap.4."Cercetarea conditiilor de propagare a ultrasunetelor in medii lichide vibrat".

Tab.3.13. Corectia de densitate a lichidele la temperatura de 32°C

Nr.crt.	Mediul de propagare	Densitatea la 22,5 °C	Densitatea la 32°C	Diferenta
1	Apa dulce	0,994	0,989	0,005
2	Apa sarata	1,023	1,018	0,005
3	Ulei proaspat AVI- 8A	0,875	0,869	0,006
4	Ulei folosit AVI- 8A	0,879	0,873	0,006
5	Lichid hidraulic FH-51	0,870	0,864	0,006

(Vezi Anexa nr.9 si 10)

3.5. CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND CONDITIILE DE REFLEXIE SI REFRACTIE A ULTRASUNETELOR LA INTERFATA DINTRE DIFERITE MEDII

3.5.1. PREZENTAREA PROGRAMULUI EXPERIMENTAL

Programul experimental este impartit in patru seturi de teste urmarindu-se cu precizie :

1. Natura lichidului folosit ca mediu de propagare a ultrasunetelor (apa, ulei, lichid hidraulic, combinatii de lichide)

2. Factorul variabil – parametrul care odata schimbat genereaza informatii cu privire la propagarea ultrasunetelor in diferite medii. Acesti parametrii sunt: forma vasului, frecventa palpatorului, temperatura mediului de propagare, viteza ultrasunetelor, amplificarea semnalului ultrasonor etc.

3. Caracteristicile determinate- informatiile rezultate in urma modificarii parametrilor mai sus enuntati. Urmare a acestor informatii s-a reusit sa se traga concluzii pertinente privind propagarea ultrasunetelor in mediul lichid.

Primul set de teste (fig.3.10) s-a realizat cu aparatul "SONOVIR-2M" urmarindu-se evolutia propagarii ultrasunetelor in mediul lichid (apa si ulei), modificand atat forma vasului in care a fost situat fluidul (s-au folosit vase de forma paralelipedica si cilindrica), cat si frecventa de lucru a palpatorului (s- au folosit palpatoare cu frecventa de 2 MHz si 4MHz). Utilizand apa si ulei s-a dorit a se scoate in evidenta propagarea ultrasunetelor in doua medii cu densitati diferite. Din tab 3.1.

"Vitezele de propagare ale undelor elastice ultrasonore in apa, ulei si otel" se desprinde faptul ca

pentru lichide cu densitati diferite , viteza de propagare este diferita. Modificand forma vasului s-a cautat sa se puna in evidenta contactul acustic dintre palpator si suprafata mediului de propagare.

Al doilea set de teste (fig 3.11) s-a realizat cu aparatul "ULTRASCHALLPRUFGERAT DI-6" aparat din generatie mai noua fata de aparatul "SONOVIR-2M". S-a urmarit evolutia propagarii ultrasunetelor in mediul lichid (apa, ulei T-90, ulei de aviatie AVI-8A si Turbonycoil, petrol de aviatie tip TH si lichid hidraulic Hidrauncoil FH-51) , modificand temperatura lichidului, distanta parcursului sonor, efectuind vibratii si oscilatii la nivelul suprafetei de reflexie, modificand viteza de propagare a ultrasunetelor si amplificarea semnalului ultrasonor .

Folosindu-se de asta data lichide specifice de aviatie s-a cautat sa se studieze mai atent fenomenul de transmitere a ultrasunetelor , simulandu-se intr-o mica masura conditiile de pe avion cu vibratii si crestere de temperatura , cu scadere si crestere a nivelului de lichid din rezervoarele acestuia.

Al treilea set de teste (fig 3.12) s-a realizat cu aparatul USD-10, aparat cu tehnologie moderna asistat de microprocesor cu posibilitati de salvare a datelor pe calculator sau imprimanta..S-a urmarit cu o precizie mult mai mare propagarea ultrasunetelor in diferite lichide cum ar fi : petrol de aviatie, apa, apa distilata, ulei SAE, precum si amestecuri de lichide precum apa + petrol sau apa + ulei SAE. Modificandu-se in permanenta frecventa palpatoarelor folosite precum si viteza de propagare s-a urmarit caracteristica de amplificare a semnalului ultrasonor in aceste lichide. In cazul amestecurilor de lichide s-a urmarit amplificarea semnalului ultrasonor si in functie de timpul initial de amestec. A fost pusa in evidenta in acest caz separarea lichidelor dupa un anumit interval de timp de la amestec

In setul patru de teste s-a urmarit a se scoate in evidenta influenta campului magnetic permanent, folosind ca mediu de propagare a ultrasunetelor apa. Utilizandu-se o pastila de otel la suprafata de separatie apa-aer s-a demonstrat importanta zonei de separatie apa-aer si apa- otel in

receptia semnalului de reflexie ultrasonor intr-un mediu agitat de fluid.

De asemenea s-a dorit a se evidentia diferenta de densitate dintre apa dulce si apa sarata precum si diferenta dintre uleiul de aviatie AVI8-A proaspat si folosit cu ajutorul semnalului ultrasonor. Toate testele din acest set s-au realizat cu aparatul USD-10.

Aceste seturi sunt ilustrate schematic in fig.3.10; 3.11; 3.12; si 3.13.

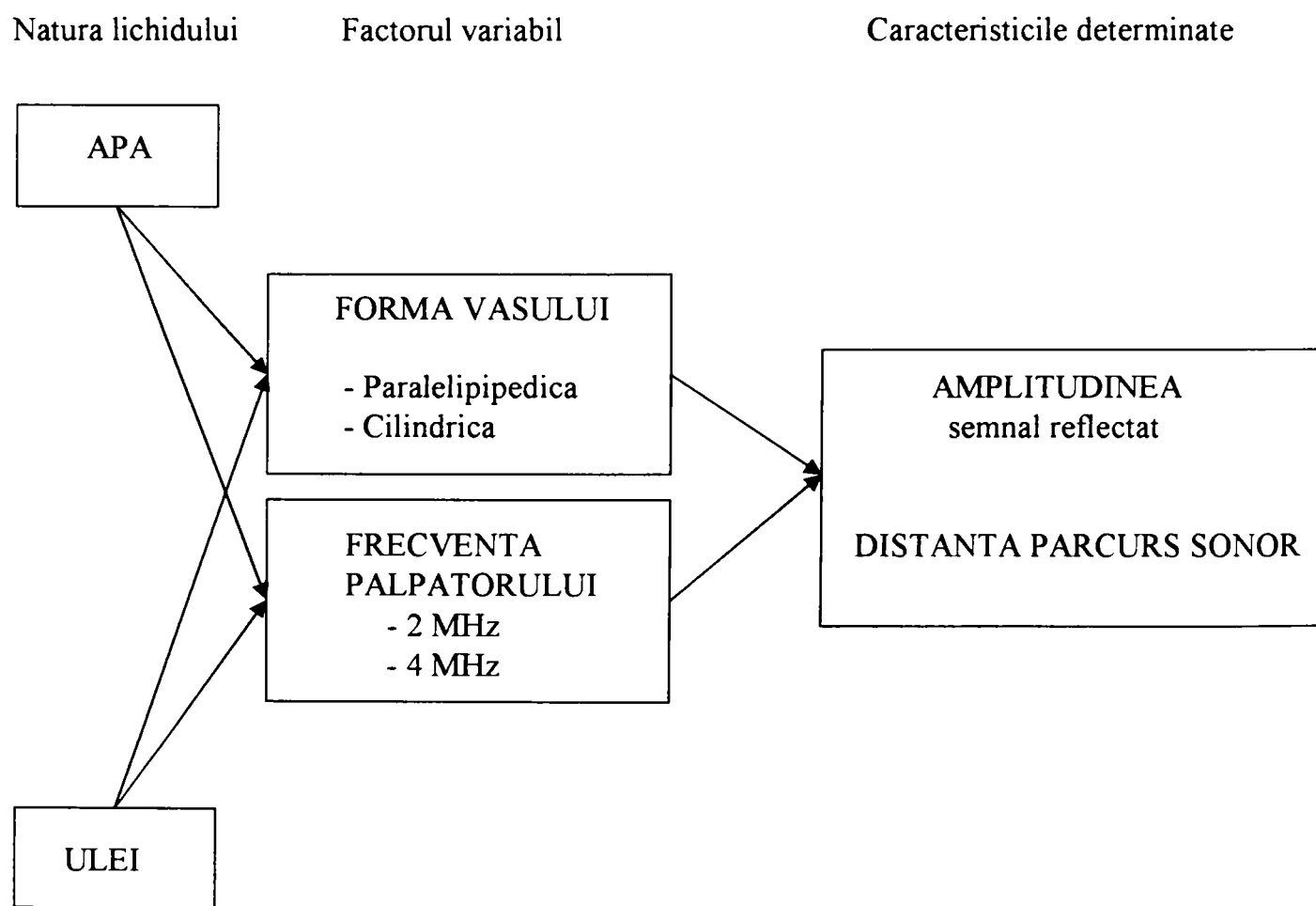


Fig.3.10 Setul unu de teste realizat cu aparatul "SONOVIR-2M"

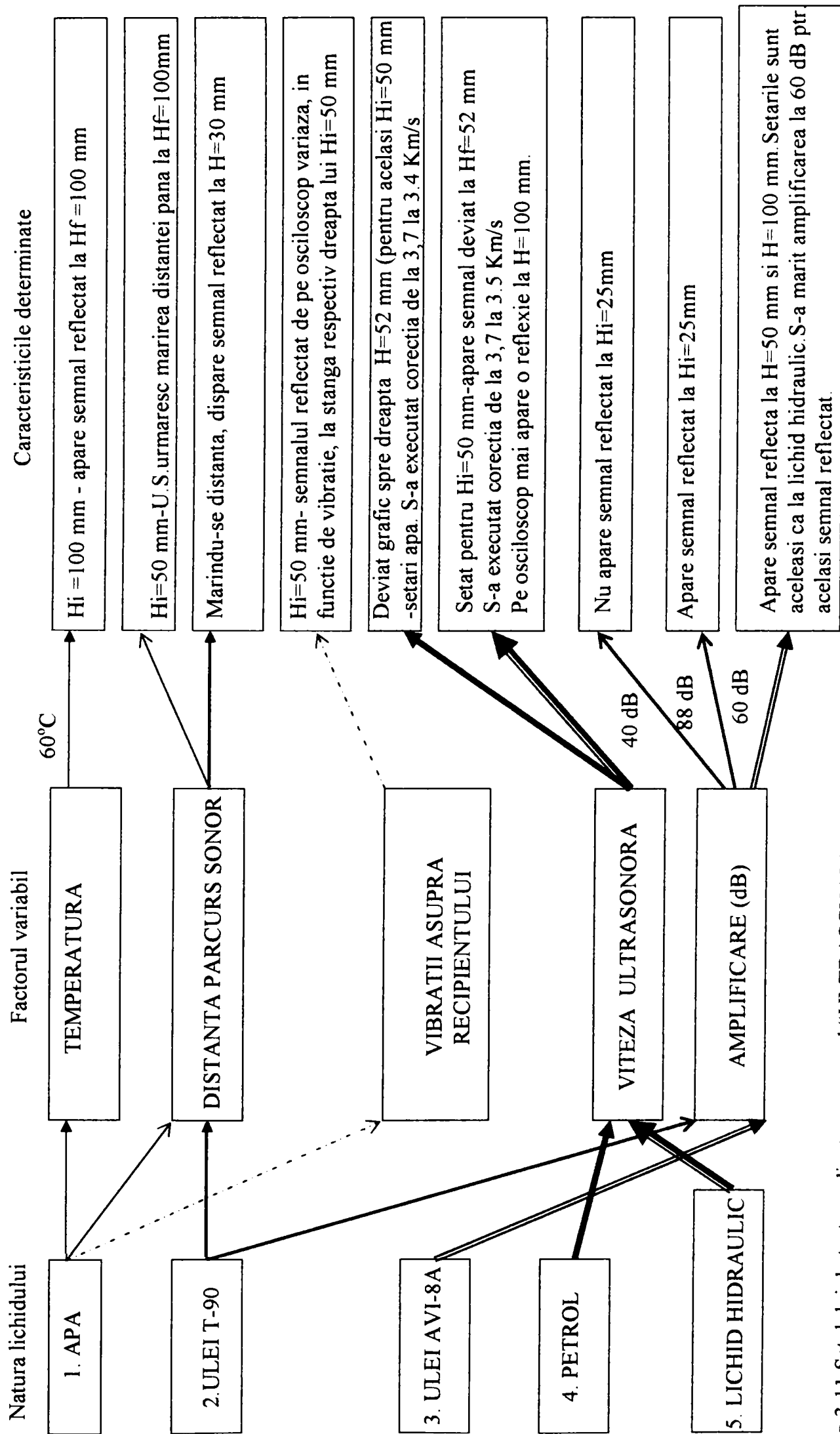
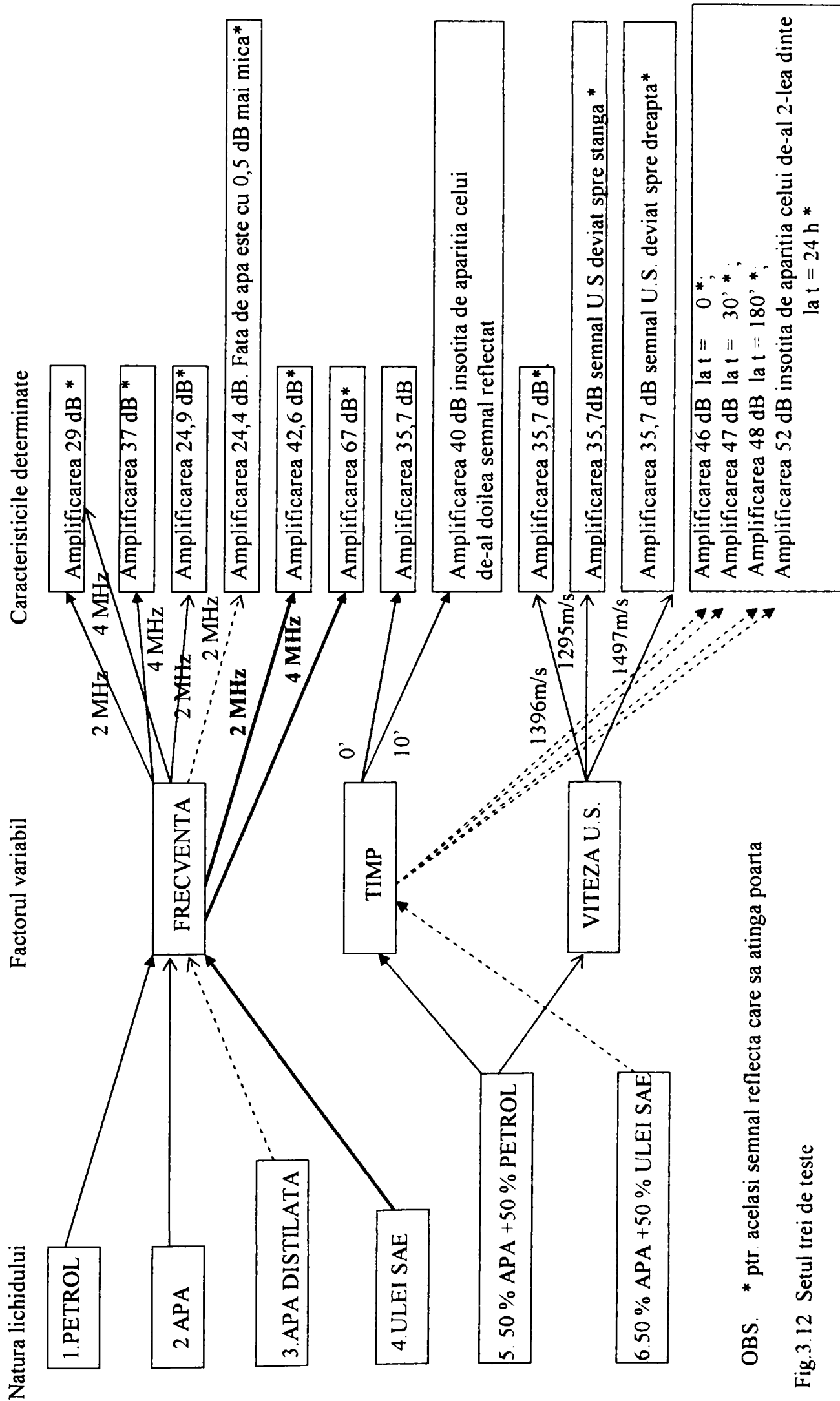


Fig.3.11 Setul doi de teste realizat cu aparatul "ULTRASCHALLPRUFGERAT DI-6"



OBS. * ptr. acelasi semnal reflecta care sa atinga poarta

Fig.3.12 Setul trei de teste

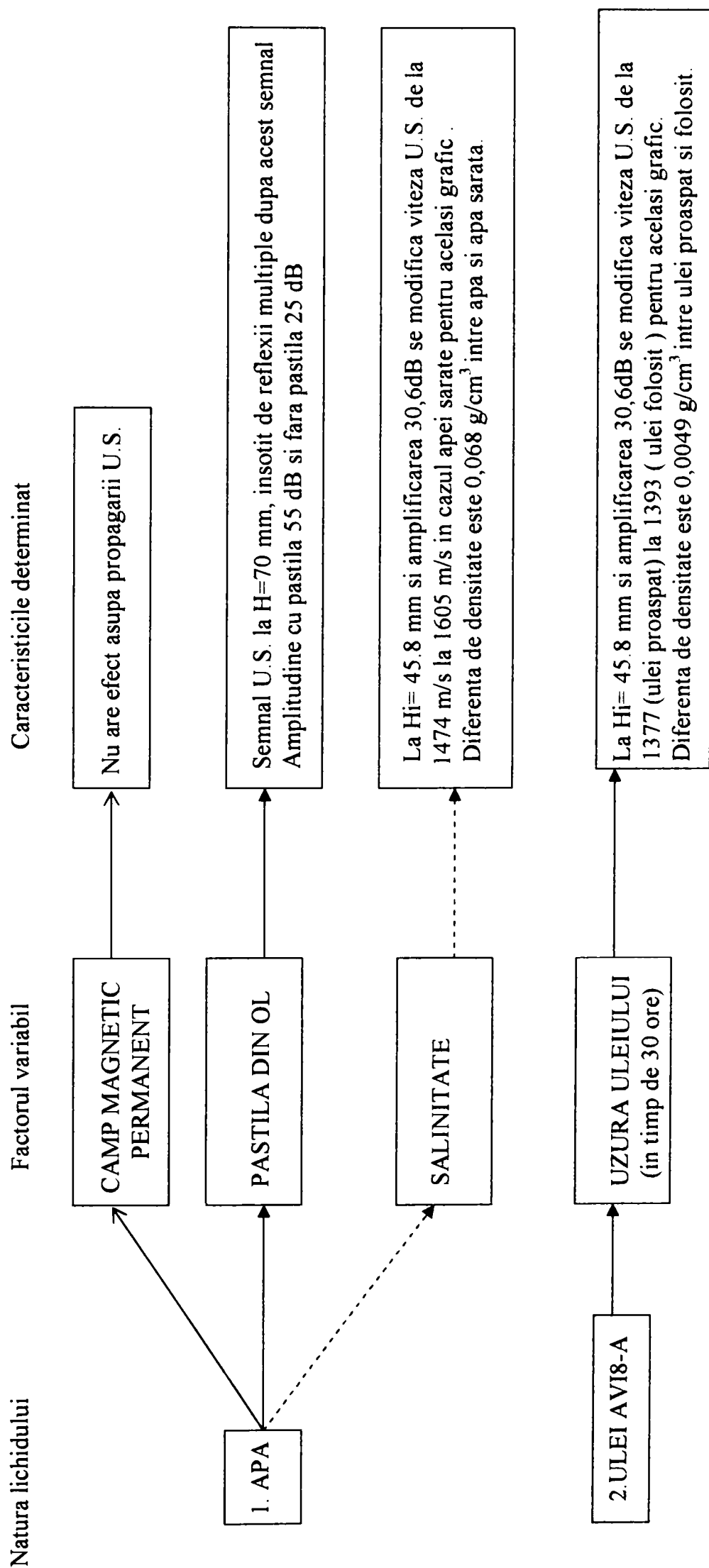


Fig.3.13 Setul patru de teste

3.5.2.CONDITII TEHNICE DE EXPERIMENTARE

3.5.2.1.Caracterizarea aparaturii folosite

3.5.2.1.a.Descrierea defectoscopului "SONOVIR-2M"

Un avantaj deosebit al acestui aparat este ca el reprezinta imaginea sectiunii transversale a materialului, adica ne indica numai existenta defectului printr-o imagine sub forma de dinte.Pe baza imaginii sectiunii se poate efectua rapid si intuitiv ,controlul pieselor de dimensiuni mari . Metodele de control aplicabile cu aparatul "SONOVIR-2M"(fig.3.14) sunt foarte potrivite pentru a stabili din timp defectele de material ca :sufhuri,fisuri ,stratificari ,neaderente si incluziuni de zgura.Prin schimbarea blocului de alimentare ,aparatul se poate transforma dintr-un aparat de curent alternativ intr-un aparat cu alimentare de la baterie.Cu o baterie de 12V aparatul poate fi utilizat independent de reseaua electrica in cladiri ,pe linie de cale ferata si mai ales ce ne intereseaza pe noi pe aeroporturi.

Functionarea permanenta a aparatului este posibila la o temperatura a mediului ambiant de la 20 °C pana la +45 °C.In afara acestei limite se admit functionari de scurta durata(0,5 ore).

Caracteristici tehnice :

Cu bloc de retea : -Tensiunea 220 V, 50-60 Hz ;
-Consumul de curent Cca 0,3 A ;
-Conectabil pentru 110V/127V/245V.

Cu bloc de baterie : -Tensiunea bateriei 12V ;
-Consumul de curent la baterie 4A .

Moduri de lucru : -imagine dinte ;
-unidimensionala;
-imaginea sectiunii bidimensionale.

Baleajul de timp :

-pentru imaginea sect. sinusoidal 2000 Hz
-pentru imagine dinte liniar in 5 domenii 100/250/500/1000/2500 mm si reglabil fin
-pentru viteza sunetului de la 6300-3000 m/sec.

Frecvente de incercare : 2 MHz ,4 MHz .

Reglajul latimii impulsului : 0,5-2 μ s reglabil in 10 trepte.

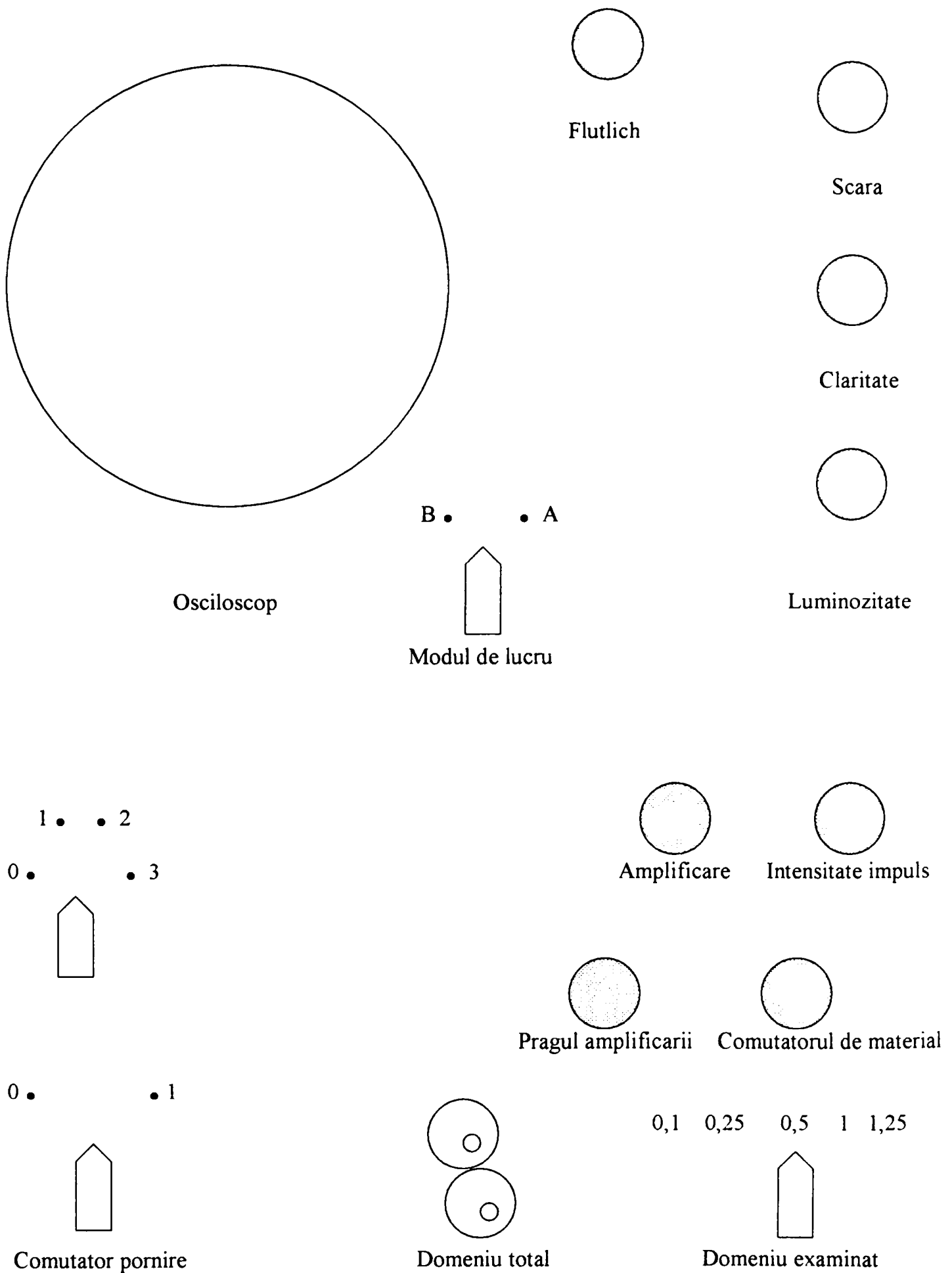
Cea mai mica distanta a unui defect de la suprafata care se poate evidentia : 4 mm.

Greutatea aparatului : cca .19 Kg.

Dimensiuni 220 x 340 x 440 mm.

Accesorii : - capete normale 4 MHz : ϕ 8 ; ϕ 12
- capete normale 2 MHz : ϕ 25
- aparat de fotografiat WERRA .

Fig.3.14 "SONOVIR-2M" imagine frontala



3.5.2.1.b.Descrierea defectoscopului "ULTRASCHALLPRUFGERAT DI-6"

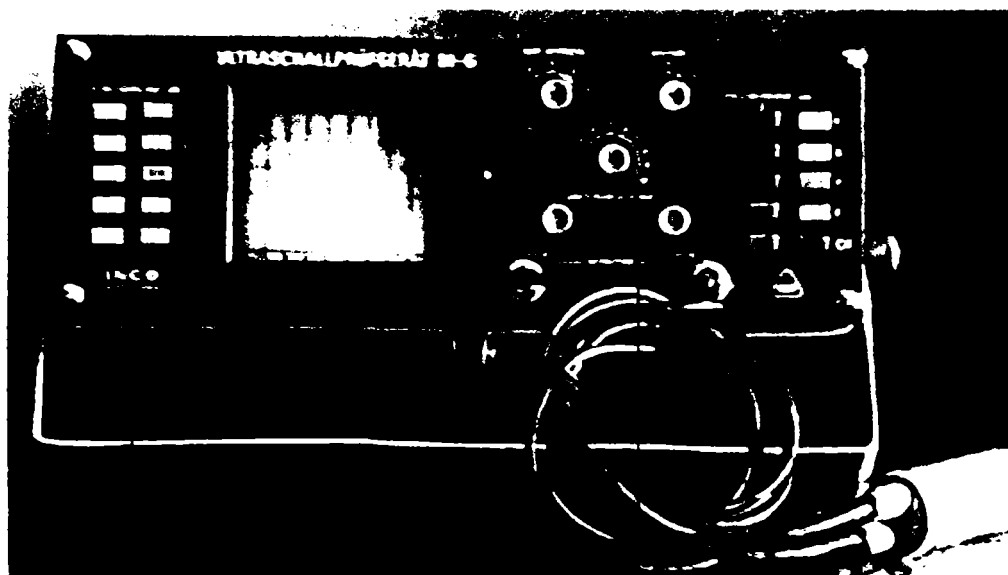


FOTO.11 Aparatul DI-6

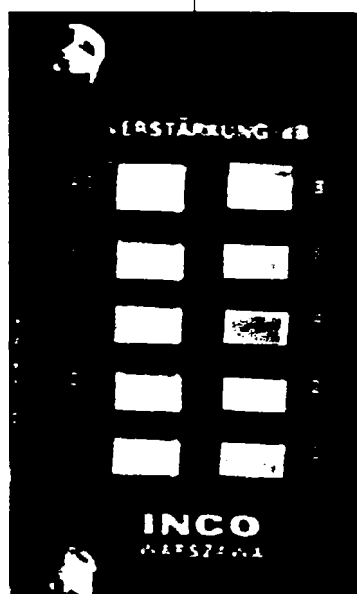


FOTO.12 Panou de comanda-stanga

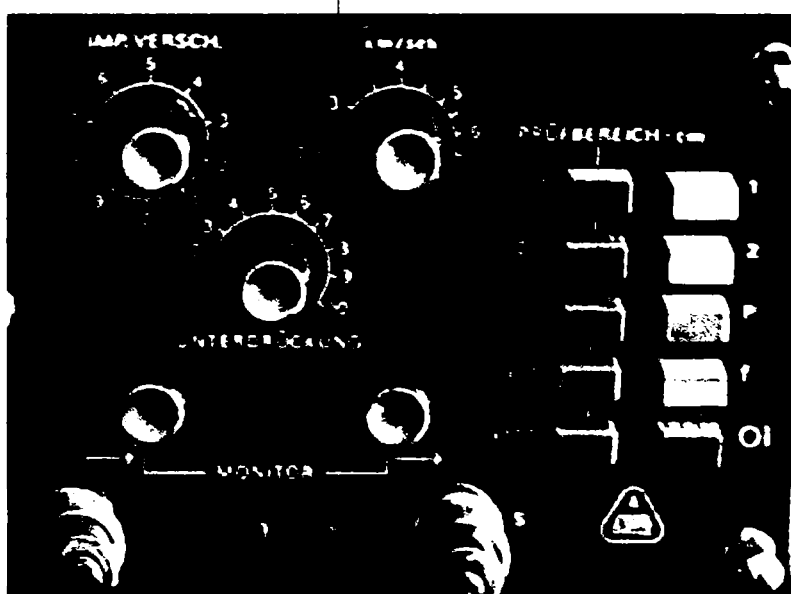


FOTO.13 Panou de comanda-dreapta

Aparatul DI-6 de productie germana, face parte din categoria defectoscoapelor ce folosesc emisia de ultrasunete. In foto nr.11 se prezinta o vedere de ansamblu a defectoscopului. Se observa doua zone de comanda pozitionate la stanga si la dreapta osciloscopului. In partea stanga (foto nr.12) se regleaza amplitudinea semnalului ultrasonor (cu valori de 2,4,6,8,10,20,30,40 dB).

In partea dreapta (foto nr.13) se stabilesc viteza ultrasunetelor in mediul de propagare, distanta de patrundere in material , reglaje ale monitorului ca luminozitate si contrast etc.In foto nr. 11(partea de jos) se mai observa palpatorul de control.

3.5.2.1.c.Descrierea defectoscopului "USD-10"

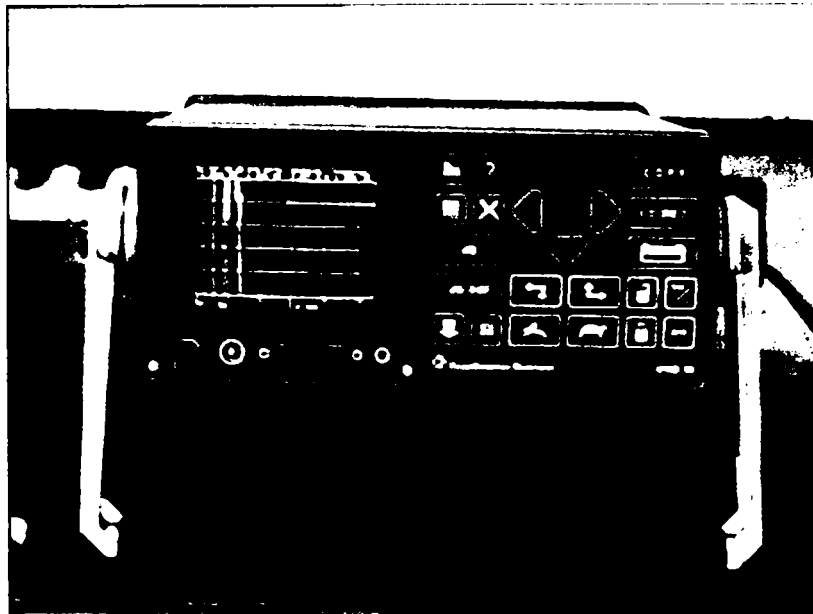


FOTO 14 Aparatul USD-10

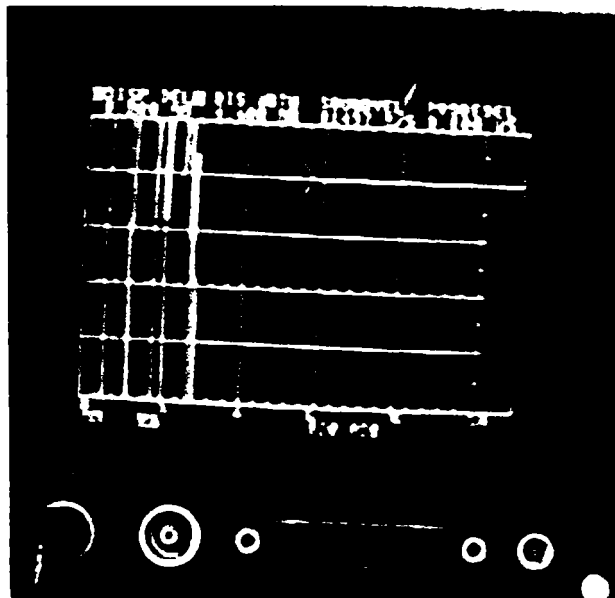


FOTO.15 USD-10-Osciloscop

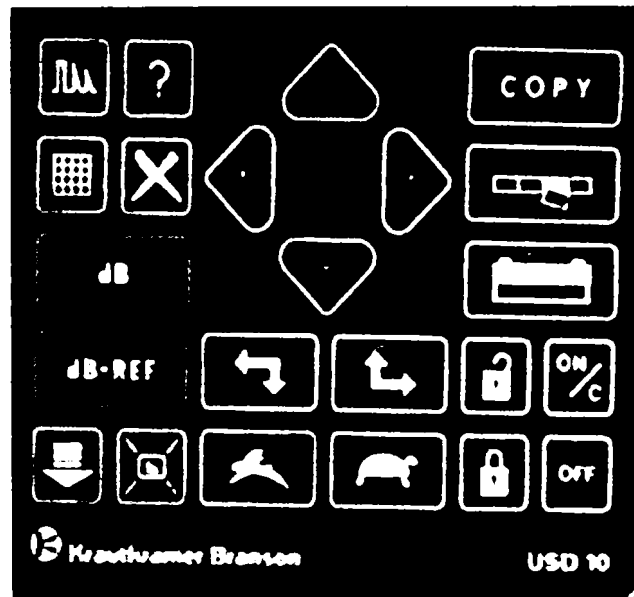


FOTO.16 USD-10-Panou comanda

Aparatul USD-10 produs de firma germana Krautkramer GmbH & Co, face parte din categoria defectoscoapelor ce folosesc emisia de ultrasunete, cu tehnologie de ultima ora asistat de procesor cu posibilitati de salvare a datelor la imprimanta si calculator. Se poate folosi la locul obiectului de controlat daca acesta nu poate fi deplasat , prin folosirea acumulatorilor NI-CD incorporati.

Cuprinde o gama larga de palpatoare de diferite frecvente si dimensiuni folosite atat la emisia de unde longitudinale cat si transversale(0,5 MHz –20 MHz).Aparatul poate fi folosit la o tensiune cuprinsa intre 85 V si 264 V cu frecventa de 50-60 Hz. In foto nr.14 este prezentata o vedere de

ansamblu cu detalii in foto nr.15 unde se face afisajul semnalului pe osciloscop si mufele de comutare la palpator si periferice(imprimanta sau calculator). In foto nr.16 se prezinta un meniu deosebit de complex cu submeniurile Basic, Calibration, Angle-Beam , Memory/Doc etc. In submeniul „Basic” se introduc elementele de baza ale controlului ca : distanta parcursului ultrasonor (de regula 0-200 mm), viteza de propagare in material (urmand sa se regleze ulterior la calibrare), frecventa palpatorului, puterea semnalului, selectarea tipului de palpator (mono sau dublu cristal), reglari ale portii de avertizare, blocarea unei anumite afisari etc.In submeniul „Calibration” se face calibrarea automata cu ajutorul etalonului standard livrat odata cu aparatul.In submeniul „ Angle-Beam” se fac calibrari in cazul palpatoarelor unde este necesara introducerea exacta a unghiului palpatorului si grosimea piesei.In submeniul „ Memory/Doc ” se fac setari privind memorarea imaginilor cu posibilitati de introducere a 10 imagini.

3.5.2.2.Relevarea parametrilor de lucru

Parametrii de lucru cu care se opereaza sunt :

- viteza de propagare a ultrasunetelor ;
- distanta parcursului ultrasonor ;
- timpul (cazul testelor unde s-a folosit lichide in amestec si ulei folosit) ;
- amplificarea semnalului ultrasonor ;
- frecventa de lucru a palpatorului.

Viteza de propagare a ultrasunetelor este un parametru deosebit de important in stabilirea cu ajutorul acesteia a densitatii lichidelor. Se va demonstra acest lucru in 3.5.4.„Calculul densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor ”. Este important si in stabilirea si calibrarea aparaturii pentru distanta parcursului ultrasonor pana la zona de reflexie.

In mediile de lichide folosite, s-au stabilit mai multe distante ale parcursului ultrasonor (25mm, 50mm, 70mm, 100mm etc.) , constituind un parametru de calibrare .Totodata cu ajutorul acestui

parametru s-a inteles mai bine fenomenelor de reflexie si refractie la suprafata de separatie dintre lichid-aer si lichid –solid. In cazul amestecurilor de lichide timpul este la fel de important in separarea acestora fiecare avand impedanta acustica proprie. Pentru exemplificare in cazul amestecului apa-petrol, 10 minute au fost de ajuns pentru separare, rezultand o diferenta in amplitudine a semnalului ultrasonor .La apa –ulei au fost necesare mai mult de 180 minute.In toate testele s-a lucrat cu amplificarea semnalului ultrasonor pentru ca semnalul de reflexie sa fie pozitionat la nivelul portii.Astfel s-a putut face diferenta, in fazele primare ale testelor, de propagarea ultrasunetelor, diferentelor de densitate ale lichidelor, de distanta parcursului ultrasonor. Frecventa de lucru a palpatorului a fost de asemenea un parametru de valoare in intelegerea fenomenului de propagare in mediile lichide a ultrasunetelor. Se stie faptul ca, cu cat creste frecventa palpatorului cu atat creste si precizia masuratorilor. In general s-au folosit frecvente intre 2 si 4 MHz.

3.5.2.3. Etalonarea aparatelor.

Etalonarea aparatului Sonovir –2M

Ca materiale am folosit etalonul de masurare din complet.Pregatirea mijloacelor pentru

etalonare : -se alimenteaza aparatul cu tensiune ;

-butoanele de deservire se pun in pozitiile:

1. "Scara" butonul superior pana la opritorul din dreapta egal 10 (desfasurare maxima pentru imagine);
2. "Claritate" si "Luminozitate" se vor lasa pentru inceput neschimbate;
3. "Modul de lucru" pe pozitia imagine dinte spre dreapta"imagine A";
4. "Amplificare" butonul pe pozitia 0 ;
5. "Intensitatea impulsului" pe pozitia 1 (impuls cel mai ingust) ;
6. "Pragul amplificarii" la opritorul din stanga ;
7. "Comutatorul de material" pe sectorul de otel longitudinal (viteza sunetului 5900m/s)
8. "Comutatorul "Domeniul examinat" se fixeaza pe domeniul de 100 mm.

Se va asigura daca este introdusa fisa pentru frecventa, in dreapta jos, necesara pentru operatiile de control.Valoarea frecventei este inscriptionata(in cazul nostru 4 MHz).Comutatorul respectiv se va pune in pozitia "mod de lucru prin reflexie".Dupa legarea la retea si conectarea comutatorului pe

retea ,se aprinde lampa control.Dupa un timp de 1-2 minute se poate incepe examinarea materialului (in general ,apare pe ecran baza de timp orizontala).Daca ea nu este vizibila sau daca este prea luminoasa ,se va regla luminozitatea si dupa aceasta claritatea..In cazul ca baza de timp orizontala nu apare la nivelul scarii gradate ,ea se poate regla cu ajutorul surubelnitei prin potentiometrul care se gaseste in dreapta tubului catodic.Comutatorul "domeniu total" se va roti atat de mult la dreapta sau la stanga , pana ce impulsul de emisie apare pe ecran sub forma unui dinte mare.Daca nu apare pe ecran impulsul de emisie , se roteste spre stanga sau spre dreapta potentiometrul care se gaseste sub butonul amplificare cu ajutorul surubelnitei , introducand-o in orificiul sub buton(simultan se roteste si butonul "domeniu total") atata timp pana cand apare pe ecran imaginea dinte a impulsului de emisie.Daca se formeaza mai multi dinti se va fixa potentiometrul pana cand pe ecran apare unul singur, perfect. Cu butonul rotativ cel mai de sus se poate regla intensitatea scarii luminoase la valoarea dorita.Organul de deservire"domeniu total " este divizat intr-un buton rotativ (m) cu inscriptia exterioara 0-6 m si inscriptia interioara 0-3 m si intr-un buton rotativ cuplat cu primul cu scara de 0-50 cm.Cu ajutorul unui alt buton prin apasare , cele doua butoane rotative pot fi decuplate de axa de antrenare si pot fi puse pe 0.Pozitia impulsului de emisie se regleaza pe inceputul scarii luminoase cu butonul rotativ "domeniu total-cm" .Dupa aceasta ,se apasa butonul de decuplare si cele doua butoane rotative "domeniu total" se pun la 0.

Daca in timpul examinarii materialului,se suprapun impulsul reflectat de un defect sau de partea opusa (spatele) materialului cu inceputul scarii luminoase ,atunci indicatiile pe cele 2 butoane rotative corespund la otel cu adancimea examinata a materialului.Capetele de control normale cu un diametru de 8,12,25 mm, se vor conecta la bucsa dreapta \updownarrow de la stecherul de frecventa cu ajutorul cablului care se gaseste la accesorii .La modul de lucru"prin reflexie"-adica la utilizarea unui singur cap (palpator) ca emiator si ca receptor –se va pune comutatorul de la stecherul de frecventa pe pozitia "reflexie \longleftrightarrow .La modul de lucru "prin traversare "(metoda umbrei) adica la utilizarea de capete separate pentru emisie si pentru receptie se va conecta capul de emisie la bucsa din dreapta

iar capul de receptie la bucsa din stanga ↕ .Comutatorul se va pune in pozitia traversare indicata prin semnul ↕

Mod de lucru : - materialul de examinat se va acoperi cu un film de ulei sau apa.

- capul normal se va apasa usor cand se aseaza pe suprafata si butonul "amplificare" se va roti la dreapta pana cand pe baza de timp vor apare impulsuri receptionate sub forma unor dinti ascutiti ,respectiv pana cand au inaltimea dorita .
- Butonul "intensitatea impulsului " se lasa in general in pozitia extrema stanga pentru a avea o putere de rezolutie maxima.Prin rotirea butonului de reglaj spre dreapta ,creste energia de emisie si intensitatea impulsului.Cresterea intensitatii impulsului este necesara daca se cere pentru control o intensitate de ultrasunete deosebit de mare ,de exemplu la examinarea unei suduri este indicat sa se lucreze cu intensitate de impuls maxima (butonul de reglaj la extrema-dreapta) .In acest caz ,se poate reduce amplificarea astfel incat intre impulsul de emisie si impulsurile reflectate din cusatura sudata ,sa apara cat mai putine ecouri parasite .
- o etalonare corecta se face cu etalonul din dotare (fig.3.15) astfel

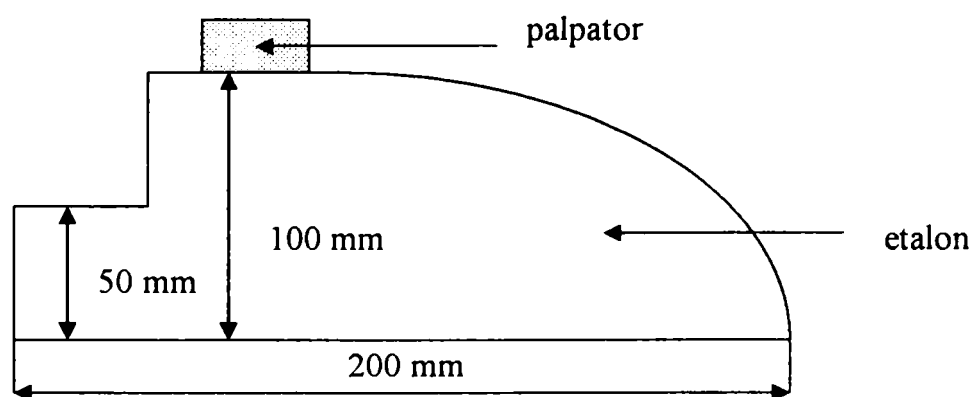


fig.3.15 Etalon de calibrare

capul normal legat la partea dreapta a stecherului de frecventa ,se pune pe treapta cea mai de sus a corpului de etalonare cuplat acustic de corp prin apa sau ulei.

Rezultatele etalonarii : Ecoul spatelui corespunde unui drum de 100 mm parcurs in otel.

- de exemplu comutatorul "domeniu examinat " se fixeaza pe 0,1 m ;

- se aduce comutatorul "domeniu total" la zero cu ajutorul butonului de fixare ;
- dupa contactul cu palpatorul apare ecoul spatelui ;
- acest ecou este deplasat prin miscarea comutatorului "domeniu total" spre stanga pana cand acesta ajunge in dreptul primului ecou ;
- se citesc gradatiile de pe "comutatorul "domeniu total".

Concluzie : aparatul "SONOVIR-2M" functioneaza la parametrii proiectati.

Etalonarea aparatului USD-10

Pregatirea aparatului : -se alimenteaza aparatul cu tensiune ;
 -butoanele de deservire se pun in pozitiile:

Tab.3.14 BASIC-SETUP

DISP-DEL 6.000 mm	DISP WDTN 100 mm	SOUND VEL 5920 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 4	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 10 %	A-MODE Coincid	A-TRSH 37 5
A-DELAY 18.44 mm	A-WIDTH 84.73 mm	MAGNIFY Off	FREEZE Off

Tab.3.15 CALIBRATION

DISP-DEL 6.000 mm	DISP WDTN 100 mm	TOP-MODE Peek	RECTIFY Fullwave
PEEK CRT Off	A-MODE Coincid	A-TRSH 37 %	A-WIDTH 84.73 mm
1.S-PATH 1.807 mm	A-DELAY 18.44 mm	CALL-ECHO Off	2.S-PATH 21.02 mm
A-DELAY 18.44 mm	CALL V& D Off	SOUND VEL 5920 m/s	PROBEDEL 0.000 US

Valoarea frecventei palpatorului este inscriptionata (in cazul prezentat 4 MHz).Dupa un timp de 1-2 minute se poate incepe examinarea materialului (in general, apare pe ecran baza de timp orizontala).

Dupa setarile descrise anterior (vezi cartea tehnica de exploatare) se trece la verificarea etalonului .

Mod de lucru : - materialul de examinat se va acoperi cu un film de ulei sau apa.

- capul normal se va apasa usor cand se aseaza pe suprafata pana cand pe baza de timp vor apare impulsuri receptionate sub forma unor dinti ascutiti, respectiv pana cand au inaltimea dorita . Cresterea intensitatii impulsului este necesara daca se cere pentru control o intensitate de ultrasunete deosebit de mare ,de exemplu la examinarea unei suduri este indicat sa se lucreze cu intensitate de impuls mai mare. In acest caz ,se poate reduce amplificarea astfel incat intre impulsul de emisie si impulsurile reflectate din cusatura sudata ,sa apara cat mai putine ecouri parasite .

O etalonare corecta se face cu etalonul din dotare(fig.3.16) astfel incat

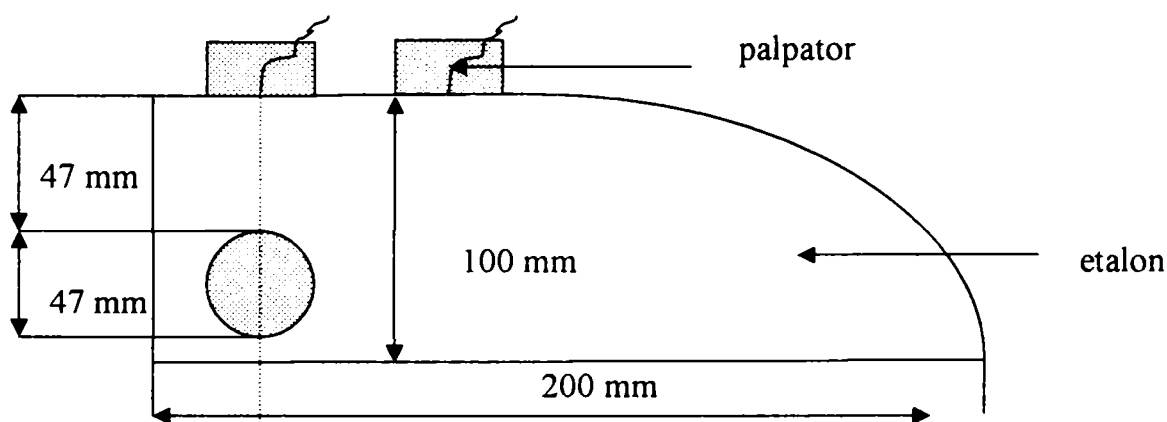


fig.3.16 Etalon de calibrare

capul normal de tipul MB 4S cu frecventa de 4 MHz si $\varphi=10$ mm legat la USD 10, se pune pe treapta cea mai de sus a corpului de etalonare cuplat acustic de corp prin apa sau ulei. La fel se pune si in zona circulara (zona de sus) din dreptul plexiglasului astfel incat axa formata dintre centrul palpatorului si centrul cercului inscris in etalon sa fie perpendicular cu baza etalonului.

Rezultatul final: Ecoul spatelui corespunde unui drum de 100 mm parcurs in otel pe osciloscop iar in dreptul plexiglasului unui drum de 47 mm.

Concluzie : aparatul "KRAUTKRAMER USD-10" functioneaza la parametrii proiectati.

3.5.2.4. Indicii de precizie

Indicii de precizie sunt urmatorii :

1. Amplificarea (sensibilitatea) de propagare ;
2. Frecventa ;
3. Zona moarta a palpatorului ;
4. Alegerea palpatorului si frecventei de lucru a acestuia .

1. Amplificarea (dB)

Amplificarea semnalului ultrasonor reflectat constituie un element important in teste .Ea variaza intre 20-70 dB in functie de mediul de propagare. Sistemul realizeaza o amplificare cat mai mare a semnalelor reflectate in raport cu zgomotul de fond .Zgomotul de fond sau asa numita iarba ultrasonica reprezinta semnalele de amplitudine variabila distribuite aleator pe ecranul osciloscopului, care ingreuneaza interpretarea semnalelor utile de mica amplitudine.

In cazul testelor pe solide, acest fenomen se datoreaza in mare parte procesului de imprastiere a undelor la limita graunților grosolani din material. In cazul lichidelor (testelor executate) nu constituie o problema in interpretarea rezultatelor. Conditia pentru amplificare este ca semnalul receptionat (reflectat) sa fie cel putin cu 6 dB deasupra zgomotului de fond precum si peste 0,2 din inaltimea ecranului. In cazul reflexiei la suprafata de separatie aer-lichid si lichid-solid se respecta aceasta conditie.

2. Frecventa

Frecventa are un rol foarte important in divergenta fasciculului ultrasonic. Cu cat frecventa creste cu atat avem o deschidere mica a fascicolului deci o focalizare mai puternica. Daca se folosesc frecvente mari precizia de localizare a zonelor de reflexie se maresteste. Cu marirea frecventei, atenuarea undelor creste, motiv pentru care atunci cand se lucreaza cu distante de parcurs ultrasonor mari se impune folosirea unor frecvente mai mici. In cadrul testelor sunt distante mici deci se folosesc frecvente mari. Pentru o precizie exacta a distantei parcursului ultrasonor s-au ales

frecvente de lucru de 2 si 4 MHz.

3.Zona moarta a palpatorului

Zona moarta limiteaza posibilitatile de detectare a semnalului reflectat in campul apropiat prin acoperirea zonei de reflexie a unui eventual semnal, prin latimea impulsului de emisie. Conditia este ca latimea semnalului de emisie sa nu depaseasca 5 mm echivalent in otel, la palpatoare inclinate cu frecventa peste 3 MHz si 8 mm sub acesta frecventa.O mare importanta in suprimarea acestei zone moarte o are alegerea palpatorului. In ceea ce priveste contactul acustic intre palpator si mediul de propagare nu sunt probleme deoarece palpatorul este in contact direct cu lichidul in majoritatea testelor. Indici scazuti de precizie sunt la testele cu aparatul SONOVIR unde se fac masuratori pe metale unde suprafetele de contact dintre palpator si mediul de propagare nu sunt corespunzatoare.

4.Alegerea palpatorului si frecventei de lucru

Interpretarea rezultatelor depind foarte mult de palpator.El se alege in functie de forma piesei, Caracteristicile zonei de reflexie, marimea si orientarea zonei de reflexie, adancimea de localizare, caracteristicile de propagare a ultrasunetelor in mediul de propagare (viteza, coeficient de atenuare, pierderi prin transfer pe suprafata de cuplare). Tinand cont de aceste variabile se alege palpatorul in functie de forma palpatorului , frecventa palpatorului, diametrul piezocristalului, unghiul de incidenta, domeniul campului apropiat, focalizarea suplimentara, forma impulsului, distanta maxima parcursa.In teste pentru a se respecta aceste caracteristici s-a ales palpator monocristal de tipul MB 2 S si MB 4S cu frecventele de 2 MHz respectiv 4 MHz prezentate in Anexele nr.11 si 12 Domeniul campului apropiat si distanta maxima nu au constituit probleme deoarece distanta minima in majoritatea testelor in lichide a fost peste 20 mm si cea maxima sub 150 mm. Zona moarta este sub distanta minima folosita. Referitor la focalizarea, iar nu sunt probleme deoarece suprafata de reflexie depaseste cu mult suprafata palpatorului, deci exista o reflexie clara a semnalului ultrasonor.

3.5.2.5. Descrierea schemelor de montaje folosite.

Cu aparatul "SONOVIR-2M" s-a urmarit evolutia propagarii ultrasunetelor in mediul lichid (apa si ulei) folosind schema din fig.3.10 si montajul din fig.3.17.

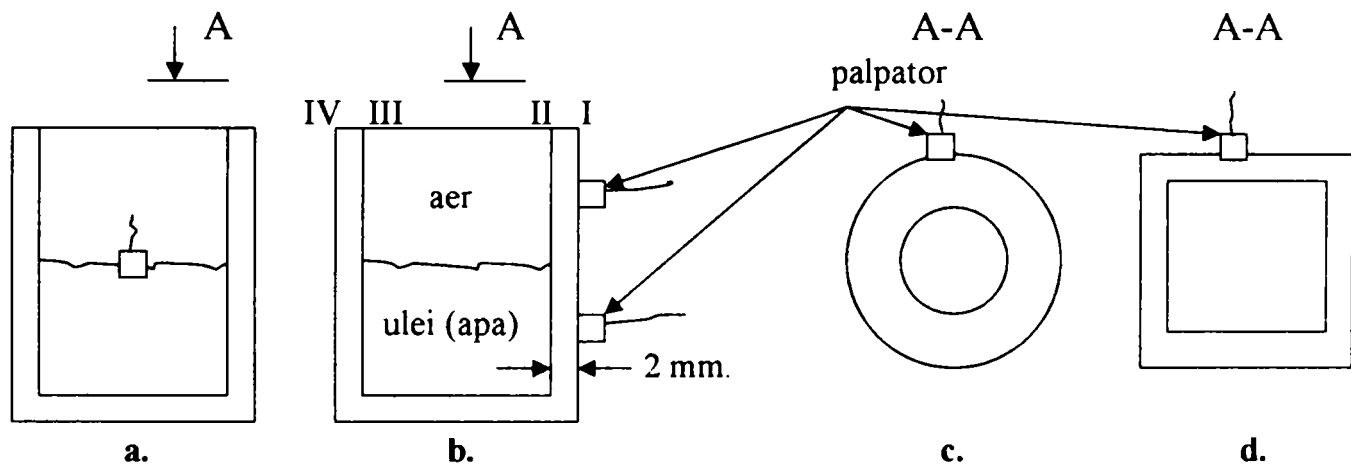


Fig.3.17 Sistemul de testare in cazul aparatului Sonovir

- a. pozitionarea palpatorului perpendicular pe suprafata fluidului ;
- b. pozitionarea palpatorului perpendicular pe suprafata verticala a vasului ;
- c. pozitionarea palpatorului pe suprafata exterioara a vasului cilindric ;
- d. pozitionarea palpatorului pe suprafata exterioara a vasului paralelipipedic.

Vasele sunt confectionate din otel cu grosimea peretelui de 2 mm, inaltimea $H=150$ mm, diametrul $D=100$ mm. Ca medii de propagarea a ultrasunetelor s-au folosit ulei si apa. Palpatoarele utilizate sunt de frecventa 4MHz cu diametrul de 12 mm si de 2 MHz cu diametrul de 25 mm. Referitor la mediul de cuplare, s-a folosit vaselina.

Cu aparatul DI-6 si USD-10 s-a folosit cutie din tabla ilustrata in fig .3.18

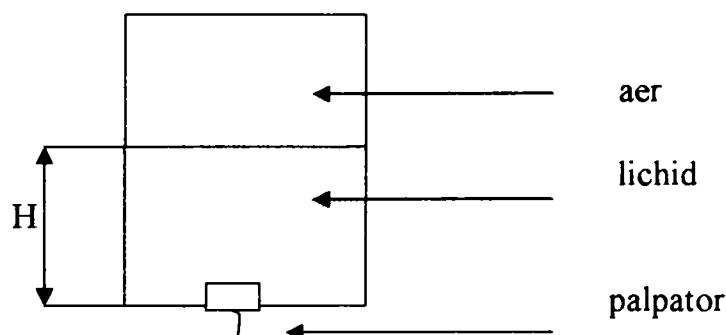


fig.3.18 Sistemul de testare in cazul aparatelor DI-6 si USD-10

Cutia are diametrul $D_C=100$ mm si inaltimea $H_C=120$ mm. Grosimea peretelui este neglijabila .

S-a gaurit cutia din tabla in zona plana (partea inferioara) si s-a montat palpatorul astfel incat suprafata de contact a palpatorului sa fie in contact direct cu mediul de propagare (mediul lichid). Inaltimea mediului lichid H a fost stabilita in functie de testul executat cuprinsa intre 20-100 mm. S-a mai folosit in diferite teste furtun de scurgere a lichidului, magnet permanent, sursa de incalzit lichidul, densimetre, rigla masura, vaselina auto, pastila din OL in forma cilindrica cu diametru de 30 mm si inaltime de 2 mm.

3.5.3. Prezentarea rezultatelor pentru fiecare experiment realizat

3.5.3.1 Observatii privind trecerea undelor ultrasonore prin mai multe medii cu aparatul SONOVIR –2M (Setul unu de teste)

Cu aparatul "SONOVIR–2M" s-a urmarit evolutia propagarii ultrasunetelor in mediul lichid (apa si ulei) folosind schema din fig.3.10 si montajul din fig.3.17.

Prima oara s-a folosit ulei, ca mediu lichid de propagare si apoi **apa**. Aparatul a fost dotat cu un palpator cu diametrul de 12 mm si frecventa de 4MHz.

S-a turnat ulei la inaltimea de 150 mm. S-a pus palpatorul la nivelul suprafetei lichidului, orientat perpendicular pe aceasta astfel incat sa fie in contact permanent. In felul acesta s-a realizat contactul acustic foarte bun (fig.3.17 a). S-a reglat amplificarea si intensitatea impulsului ultrasonor pana cand a aparut semnalul reflectat.

A doua oara s-a folosit apa, ca mediul lichid de propagare, cu aceleasi setari ale aparatului. Apa avand densitate mai mare decat uleiul a realizat o mai buna propagare a ultrasunetelor astfel pe osciloscop s-au identificat cinci impulsuri de reflexie. Setarile aparatului cat si rezultatul controlului sunt afisate in tab.3.16 respectiv 3.17

Tab.3.16 Setari ale aparatului Sonovir

SCARA 10.00	LUMINOZITATEA 6	CLARITATE BUNA	MOD DE LUCRU A.BILD
AMPLIFICARE 10	INTENSITATE IMPULS 12	MATERIAL St.longitudinal	DOMENIU EXAMINAT 0,1 m

Tab.3.17 Rezultate obtinute in urma testelor cu aparatul Sonovir

NATURA LICHIDULUI	NUMAR IMPULSURI REFLECTATE
APA	5
ULEI	1

Concluzie : Uleiul atenuaza semnalul ultrasonor mult mai bine decat apa. Undele ultrasonore se propaga mai bine in medii cu densitati mai mari. Rezulta ca in apa, la acelasi semnal ultrasonor initial, ultrasunetele se propaga de cinci ori mai bine decat in ulei.

Pentru o mai buna observatie a fenomenului se inlocuieste palpatorul de 12 mm, frecventa de 4 MHz , cu un palpator de 25 mm , frecventa de 2 MHz. La fel ca in cazul precedent se observa aparitia semnalului reflectat pe osciloscop, insa schimbandu-se frecventa palpatorului , amplitudinea a crescut. Numarul de impulsuri reflectate a crescut de la 5 la 9 .

Tab. 3.18

SCARA 10.00	LUMINOZITATEA 6	CLARITATE BUNA	MOD DE LUCRU A.BILD
AMPLIFICARE 20	INTENSITATE IMPULS 12	MATERIAL St.longitudinal	DOMENIU EXAMINAT 0,1 m

Tab. 3.19

NATURA LICHIDULUI	FRECVENTA PALPATORULUI	NUMAR IMPULSURI REFLECTATE
APA	2 MHz	9
APA	4 MHz	5

Concluzie: Schimbându-se frecvența palpatorului de la 4 MHz la 2 MHz , pentru realizarea aceleiasi oscilogramă , s-a marit amplitudinea de la 10 la 20 dB.

Prin montajul din fig.3.17 b s-a cautat sa se scoata in evidenta propagarea ultrasunetelor prin otel si ulei. S-a urmarit sensibilitatea aparatului de a distinge intr-un vas paralelipipedic din otel (fig.3.17d) , zona fara lichid si zona cu lichid, urmarindu-se amplificarea semnalului reflectat cat si numarul de impulsuri de reflexie.

Avand acelasi palpator de 25 mm, cu frecventa de 2 MHz, s-a uns cu ulei capul palpatorului

(pentru realizarea contactului acustic bun între palpator și peretele vasului paralelipipedic).

S-a așezat palpatorul perpendicular pe suprafața laterală a vasului în zona fără lichid și cu lichid.

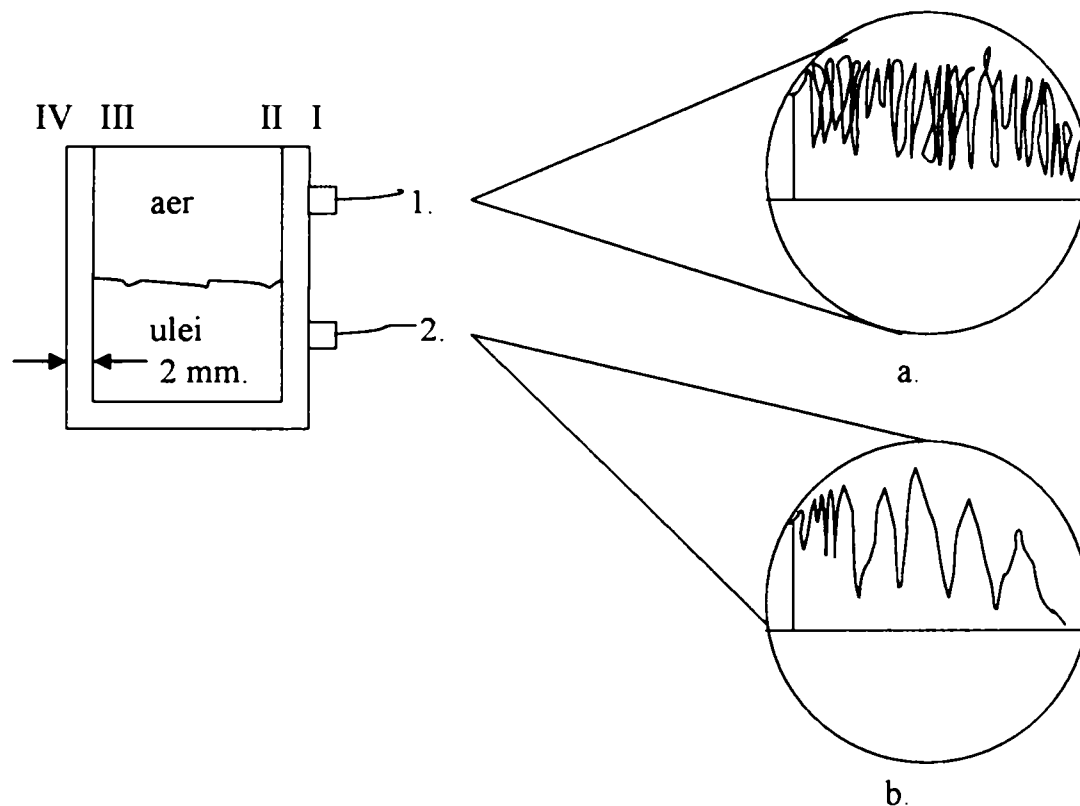


Fig. 3.19 Sistemul de testare în cazul aparatului Sonovir
 a. Oscilograma cu poziționarea palpatorului în zona **fără lichid** ;
 b. Oscilograma cu poziționarea palpatorului în zona **cu lichid**.

În fig. 3.19 se prezintă cele două cazuri de poziționare a palpatorului precum și oscilogramele rezultate.

În cazul în care palpatorul se află în poziția 1 (fig. 3.19 a.), ultrasunetele emise de acesta, străbat peretele vasului și se reflectă. Din subcapitolul 3.4.4. "Determinarea coeficienților de reflexie și de propagare ..." rezulta că din solide spre aer (gaze), unde acustice nu se mai pot propaga deoarece diferențele de impedanță acustică sunt prea mari $\rho_1 v_1 \gg \rho_2 v_2$. Coeficientul de propagare ia valori neglijabile $c_p < 0,00002$ și $c_r > 0,9999$. Ca urmare are loc o reflexie totală la nivelul suprafeței II. Această măsurătoare ne poate da indicații asupra grosimii peretelui vasului (distanța dintre două impulsuri de reflexie -2mm- fiind exact cât grosimea vasului).

În cazul în care palpatorul se află în poziția 2 (fig. 3.19 b.), ultrasunetele emise de palpator se reflectă și se refractă la nivelul zonei II astfel încât se sesizează o scădere reală de amplitudine.

S-a observat aparitia unui numar de cinci grupuri distincte de impulsuri de reflexie.

Din cele anterioare s-a demonstrat ca faptul ca in mediul de ulei are loc o atenuare accentuata a semnalului ultrasonor. Explicatia scaderii in amplitudine a oscilatiilor se datoreste tocmai acestui fapt. In concluzie aparatul a sesizat in vas zona cu lichid si zona fara lichid, distanta parcursului sonor, fiind mai mare in pozitia numarul 2 a palpatorului.

3.5.3.2. Observatii privind propagarea ultrasunetelor in lichide cu aparatul ULTRASCHALLPRUFGERAT DI-6 (Setul doi de teste)

Cu aparatul "ULTRASCHALLPRUFGERAT DI-6" s-a urmarit evolutia propagarii ultrasunetelor in mai multe lichide (vezi schema din fig.3.11-setul doi de teste si fig.3.18)

Ca materiale s-a folosit **apa** la temperatura camerei si cutie din tabla in forma cilindrica .

S-a gaurit cutia in zona plana si s-a montat traductorul (palpatorul), astfel incat suprafata de contact a acestuia, sa fie in contact direct cu mediul fluid (vezi schema din fig.3.20)

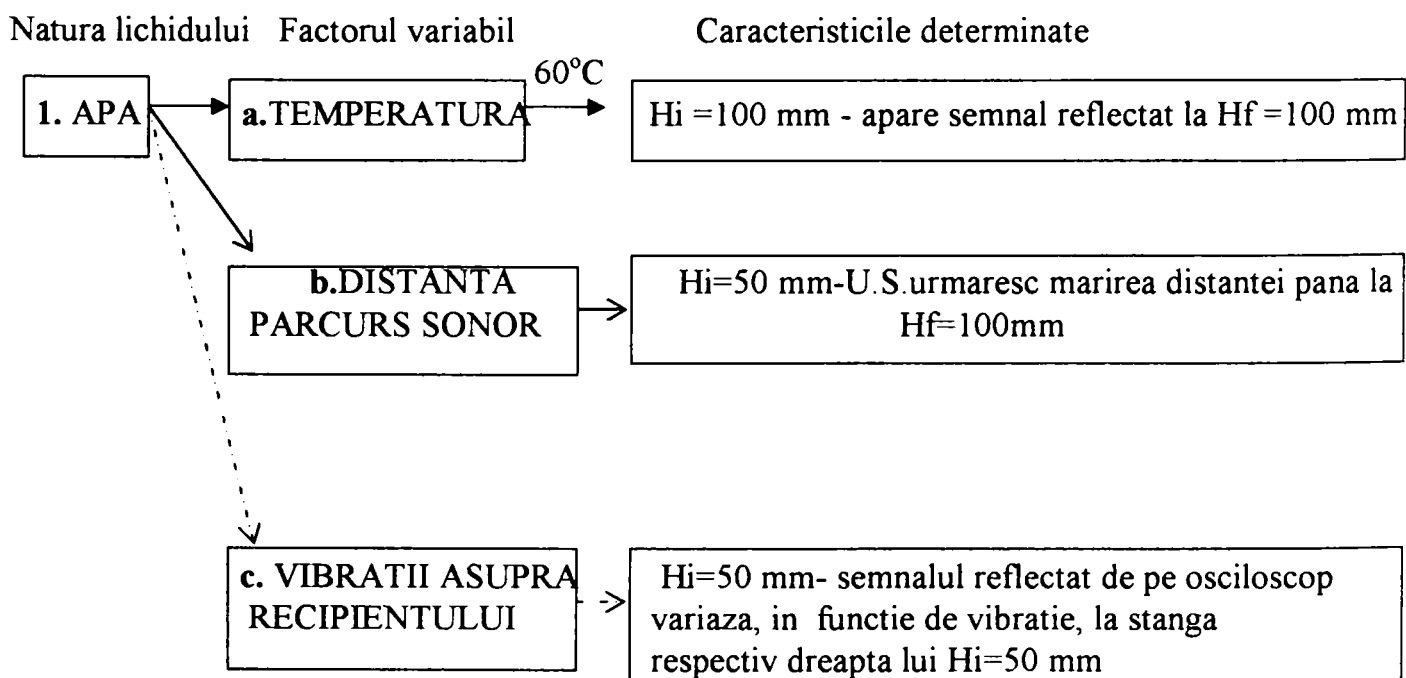


fig.3.20 Fragment din fig.3.11

S-a turnat apa in vas la o inaltime de $H_i = 100 \text{ mm}$ (de la suprafata apei la palpator). Se observa aparitia semnalului reflectat corespunzator pozitiei 10(fig.3.21).

Setarile initiale ale aparatului DI-6 au fost la fel ca in tab.3.20

Tab.3.20

Verstarkung-B Apasate: 40,30,8	Imp. Versch 9	Km/sec 3,7
Unterdruchung 10	Prufbereich-cm 2,5x10	

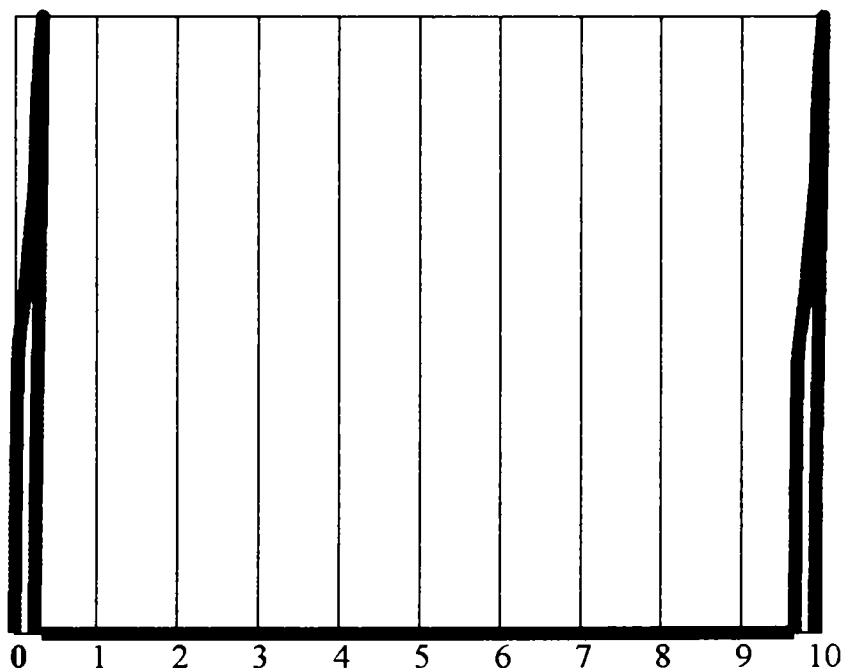


fig.3.21 Oscilograma reprezentand impulsul de reflexie in apa

Concluzie: Primul impuls se afla in dreptul lui 0 (indica suprafata de contact dintre apa si palpator). Al II-lea impuls, numit impuls de reflexie, se afla pe scala, pozitionat la cifra 10, corespunzator suprafetei nivelului de lichid existent in vas ($H_f=100$ mm). Reglajele aparatului au fost facute pentru aceasta cota.

1.a Se continua studiul cu apa la temperatura de 60°C.

Setarile initiale ale aparatului DI-6 au fost la fel ca in tab.3.20. S-au folosit materialele din cazul precedent. S-a incalzit apa pana la o temperatura mai mica decat punctul de fierbere (pentru protectia palpatorului). Palptoarele au inscris in fisa tehnica temperatura maxima de folosinta. Se observa aparitia semnalului reflectat asemanator cu semnalul din fig.3.21. Graficul este identic cu cel precedent, variatia temperaturii mediului fluid neinfluentand *mai deloc* pozitia semnalului reflectat de pe osciloscop. Se va observa folosind aparatul USD-10 influenta temperaturii asupra vitezei de propagare a ultrasunetelor.

1.b. Se urmareste propagarea undelor ultrasonore in apa prin modificarea constanta a nivelului de lichid, deci prin modificarea parcursului sonor la instalatie adaugand un furtun + sursa de apa . Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.20.

Se pregateste sursa de apa si furtunul astfel incat sa se realizeze o curgere cu debit constant in vasul cilindric .Vasul fiind in prealabil golit pana la $H_i=50$ mm, se toarna apa pana la inaltimea de $H_f=100$ mm.Temperatura fluidului este la temperatura camerei .

Se fixeaza poarta de avertizare sonora intre valorile 6 si 8 de pe ecranul osciloscopului (corespunzatoare inaltimii de $H=60$ si 80 mm inaltime in vasul cu lichid).Se observa aparitia semnalului reflectat ca in fig.3.22 cu urmatoarele observatii:

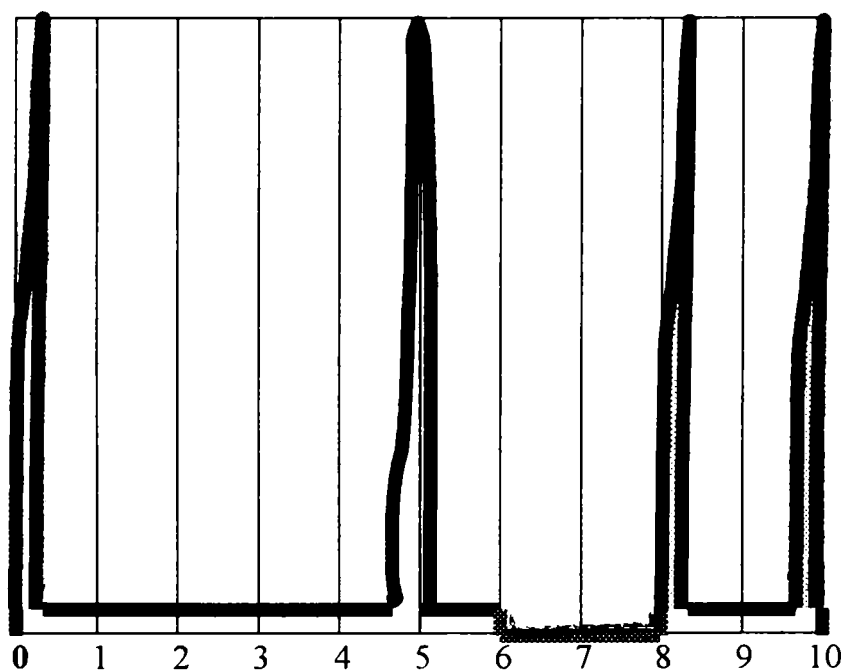


fig.3.22 Variatia reflexiei odata cu modificarea constanta a nivelului de lichid

1. Cu albastru se indica pozitiile initiale si finale ale nivelului de lichid respectiv la nivel 0 si 100 mm.
2. Cu negru se indica pozitiile succesive ale reflexiei semnalului, cand se toarna apa .
3. Cu rosu se indica pozitia portii de avertizare fixata intre valorile 6 si 8 pe ecran (corespunzand inaltimii lichidului 60 si 80 mm).

Al doilea impuls de reflexie (cu negru) reprezinta semnalul ultrasonor la $H_i=50$ mm inaltime . In momentul cand se toarna apa, pozitia impulsului de reflexie incepe sa se modifice constant spre dreapta proportional cu viteza de curgere a lichidului in vas.Cand semnalul ajunge in zona rosie

(poarta), aparatul emite un semnal de avertizare. La iesirea din zona portii, respectiv la 80 mm semnalul sonor inceteaza. Se continua curgerea apei, pana la inaltimea de $H_f=100$ mm (pozitia 10). Asadar ultrasunetele urmaresc permanent, pozitia stratului de separatie dintre apa si aer.

1.c. In continuare se pune in evidenta comportarea semnalului ultrasonor la nivel constant intr-un mediu agitat de separatie aer-lichid (vibratii asupra recipientului). Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.20. Se toarna apa in vas la o inaltime de 50 mm de la suprafata palpatorului. Temperatura fluidului este la temperatura camerei.

Se agita cilindrul astfel incat suprafata de separatie aer-lichid sa fie in miscare continua (unda fortata). Se observa aparitia semnalului reflectat (fig.3.23) cu urmatoarele observatii:

1. Primul semnal reprezinta suprafata de contact dintre apa si membrana palpatorului.
2. Impulsul de reflexie din mijloc (pozitia 5) reprezinta reflexia ultrasunetelor la nivelul suprafetei de separatie apa-aer corespunzator inaltimii de 50 mm fara vibratii. Impulsurile de reflexie laterale corespunzator valorilor 4,5 si 5,5 sunt cotele minime respectiv maxime ale variatiei semnalului de reflexie (din pozitia 5) in mediul puternic agitat. La o inclinare a vasului mai mare de 30° in mediul fara vibratii eficacitatea palpatorului scade la 0 (semnalul din pozitia 5 dispare). Pe masura ce se inclina vasul, semnalul din jurul cifrei 5 scade proportional cu unghiul de inclinare.

Concluzie : La suprafata de separatie lichid –aer apar reflexii multiple ale semnalului ultrasonor (la stinga si la dreapta lui $H_i=50$ mm.), datorate undelor de suprafata ce iau nastere odata cu agitarea apei.

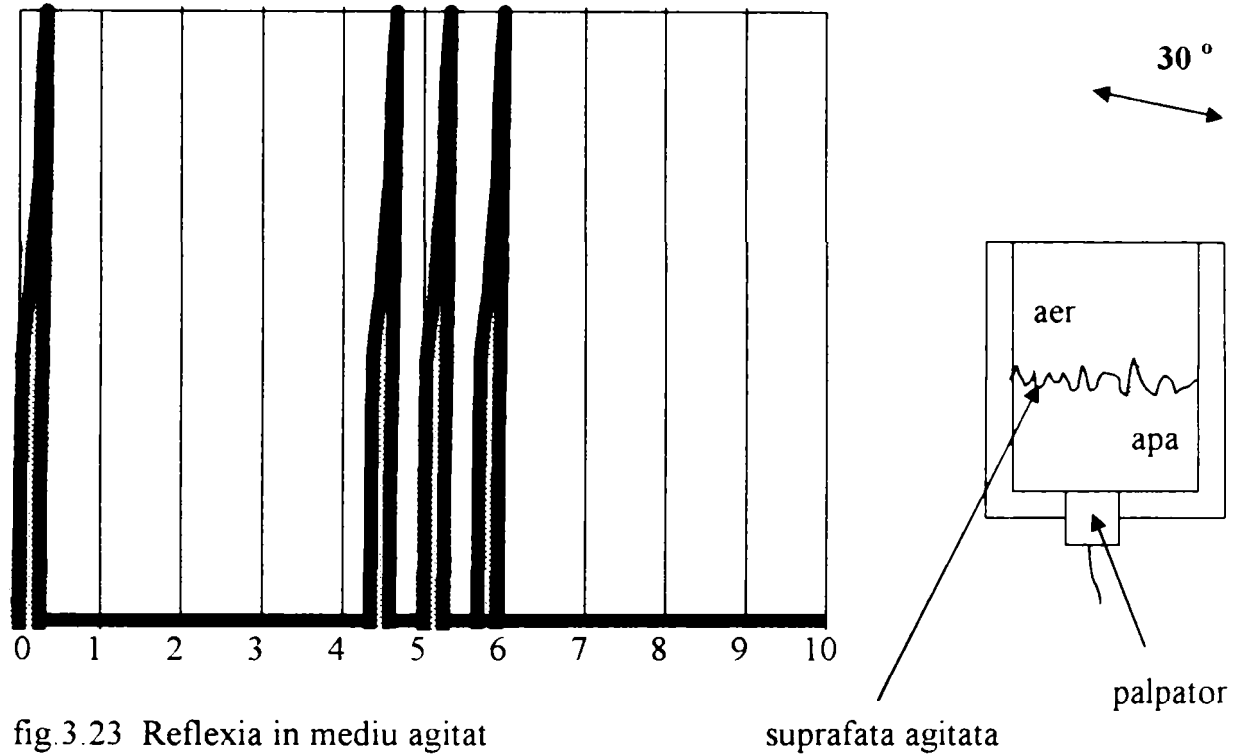


fig.3.23 Reflexia in mediu agitat

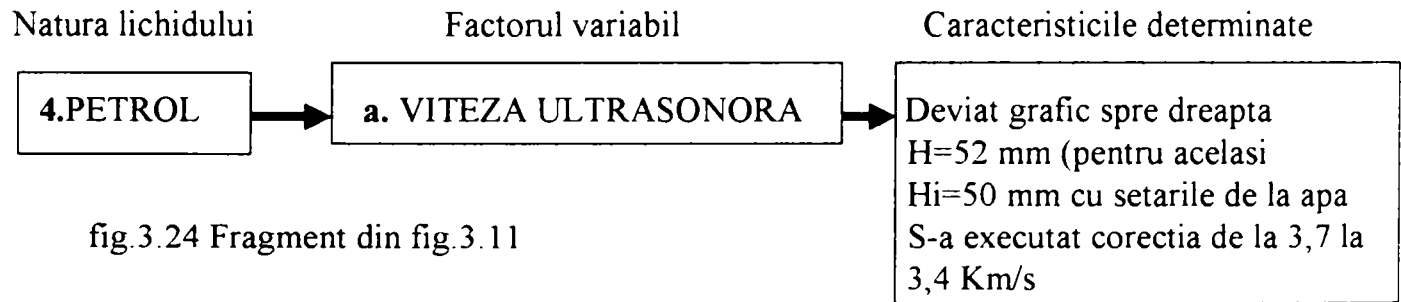


fig.3.24 Fragment din fig.3.11

4.a. In vasul cu palpator se schimba mediul lichid, punand in loc de apa , petrol de aviatie de tip

TH. Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.20. Se toarna petrol la o inaltime

de 50 mm de la suprafata palpatorului .Se observa aparitia semnalului reflectat .

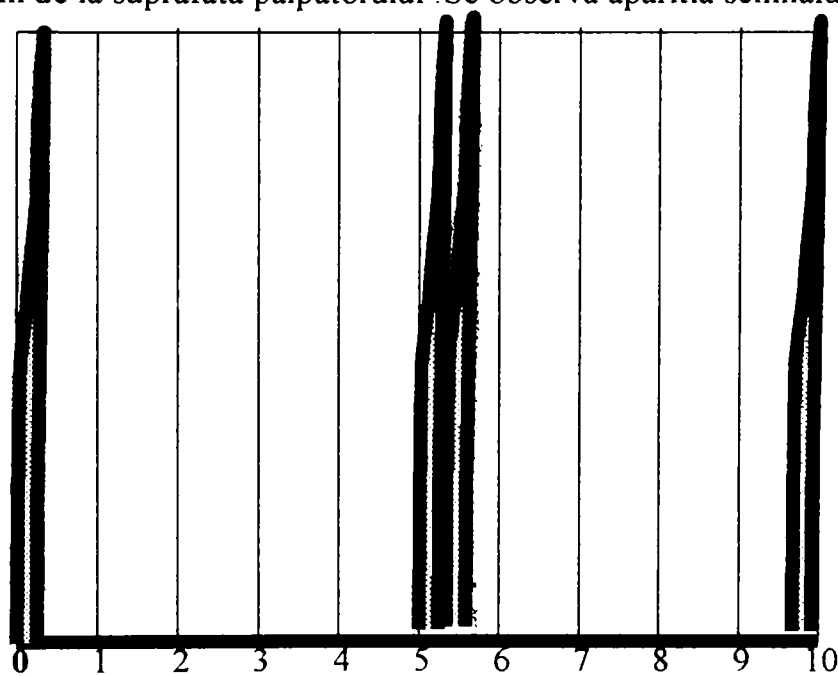


fig.3.25. Reflexia in petrol de aviatie

In acest test (fig.3.25) se folosesc aceleasi reglaje din testul cu apa.Se observa deviatia celui de-al II lea impuls reflectat, care este cu 0,5 spre dreapta adica 5,5 pe axa X (vezi pozitia 5 - cazul apei).Acest lucru explica faptul ca impedanta acustica a petrolului este diferita de impedanta apei.Pentru o indicatie exacta a nivelului, se face o ajustare a vitezei de propagare, corectie executata la butonul "Km/sec", de la 3,7 la 3,4.Aceasta corectie va deplasa dintele al II lea spre stanga pana la pozitia 5 (corespuzatoare inaltimii petrolului de 50 mm.).

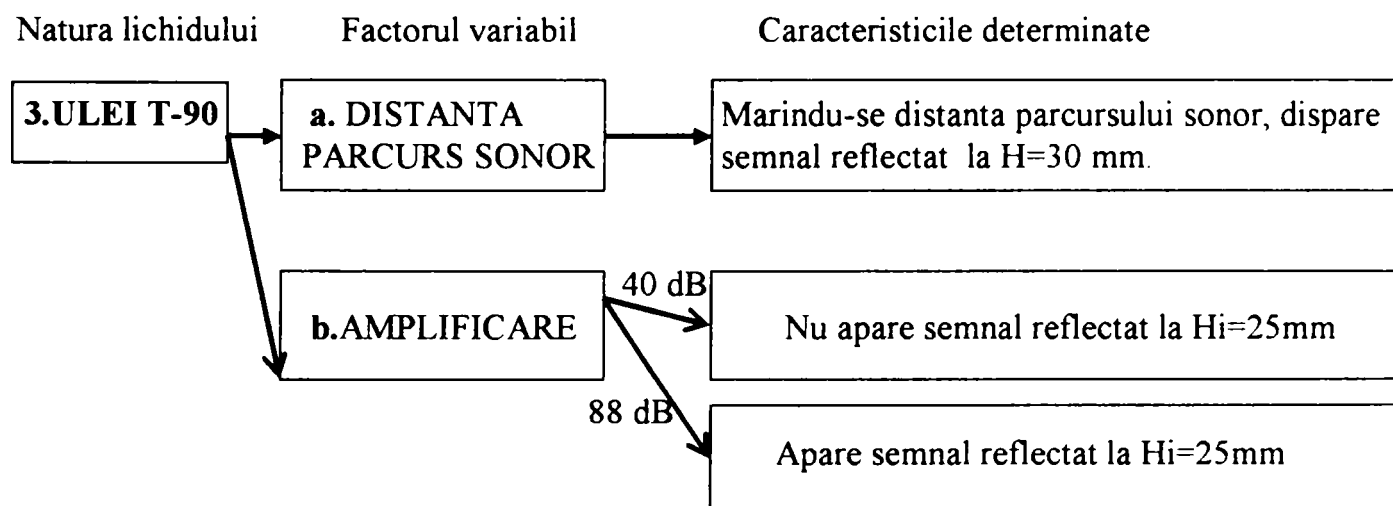


fig.3.26 Fragment din fig.3.11

3.a. Folosind de asta data ulei T-90(vezi schema din fig.3.26), pe osciloscop apare semnalului reflectat, ilustrat sugestiv in fig.3.27 . Se toarna ulei in vas la o inaltime de 25 mm de la suprafata palpatorului . Temperatura uleiului este la temperatura camerei . Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.21.

Tab.3.21

Verstarkung-B Apasate: 40,40,8	Imp.Versch 9	Km/sec 3,7
Unterdruchung 10	Prufbereich-cm 2,5x10	

Se observa ca exista o modificare la setarea "Verstarkung-B", astfel sunt apasate tastele 40,40,8

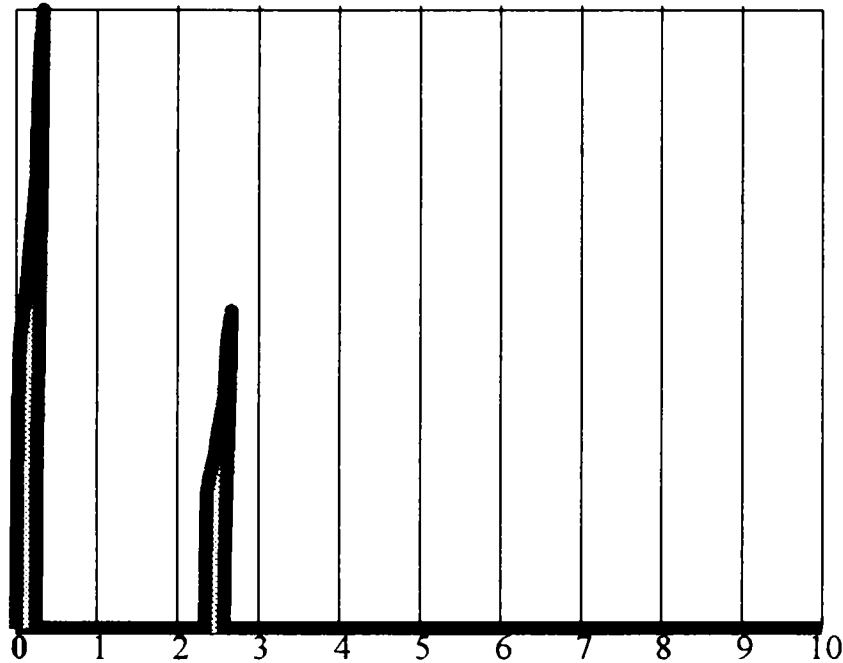


fig.3.27 Reflexia cu ulei T-90

Pastrandu-se setarile la fel ca in tab.3.20. , nu mai apare pe ecran reflexia la suprafata lichidului. S-a marit amplificarea de la valoarea **40** la **88** dB. Cu aceste date semnalul apare la 25 mm (vezi al II lea impuls de reflexie, pozitia 2,5 fig.3.27). Se toarna in continuare ulei T-90 pana la 30 mm inaltime de palpator .Se observa disparitia celui de-al II lea impuls de reflexie. Daca se foloseste la maxim amplificarea semnalului , cu palpatorul ales, nu se mai obtin rezultate concludente peste aceasta limita.

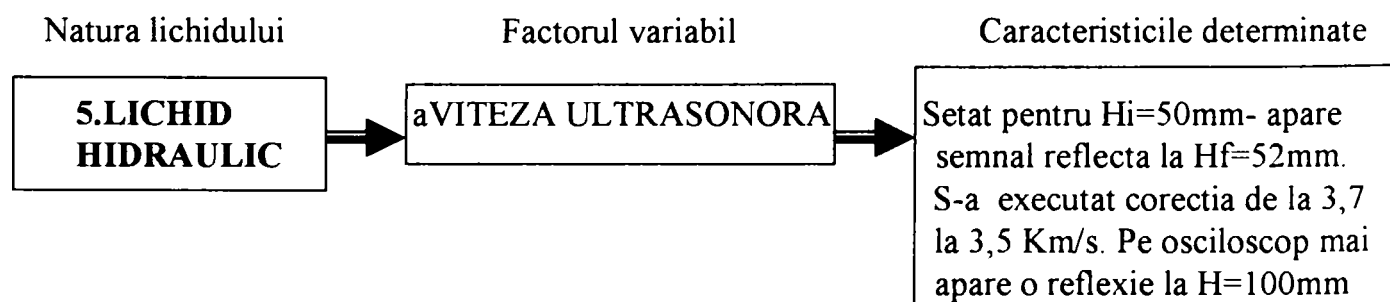


fig.3.28 Fragment din fig.3.11

5.a. Se foloseste lichid hidraulic de aviatie A.M.G.-10 in vasul cu palpator (vezi schema din fig.3.28).

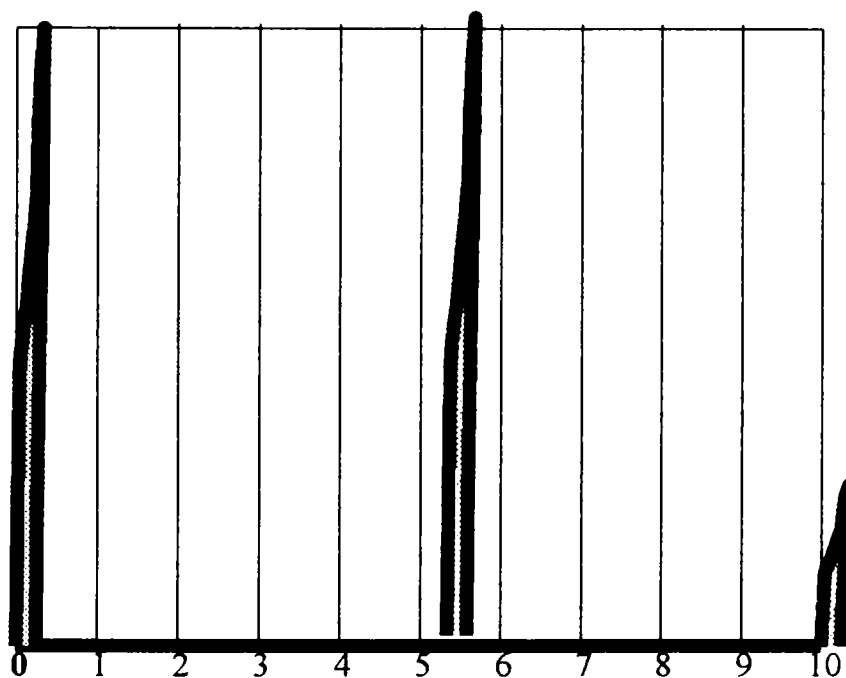


fig.3.29 Reflexia in lichid hidraulic

Se toarna lichid hidraulic de aviatie A.M.G.-10 in vas la o inaltime de 50 mm de la suprafata palpatorului . Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.20. Temperatura fluidului este la temperatura camerei . Se observa aparitia semnalului reflectat pe osciloscopul aparatului DI-6 (fig.3.29).

Se folosesc aceleasi reglaje .Pe osciloscop apare o deviatie de 2 mm fata de inaltimea reala a lichidului (50 mm), la inaltimea de 52 mm.

Concluzie : Fata de petrol aceasta deviatie este mai mica . Pentru corectie folosim butonul "Km/sec" de la 3,7 la 3,5 astfel incat impulsul de reflexie se va deplasa spre stanga pana in dreptul valorii 5, corespunzator inaltimei exacte a lichidului .

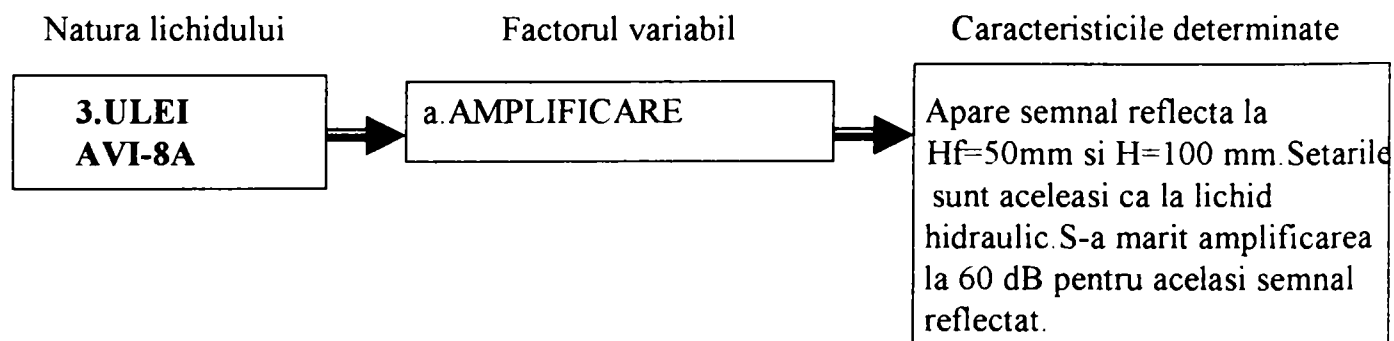


fig.3.30 Fragment din fig.3.11

3.a. Propagarea ultrasunetelor la nivel constant prin ulei de aviatie (Avi-8A) (vezi schema din fig.3.30) este ilustrata sugestiv in fig.3.31. Se toarna in vas ulei de aviatie la o inaltime de 50 mm de la suprafata palpatorului . Setarile initiale ale aparatului DI-6 sunt la fel ca in tab.3.20.

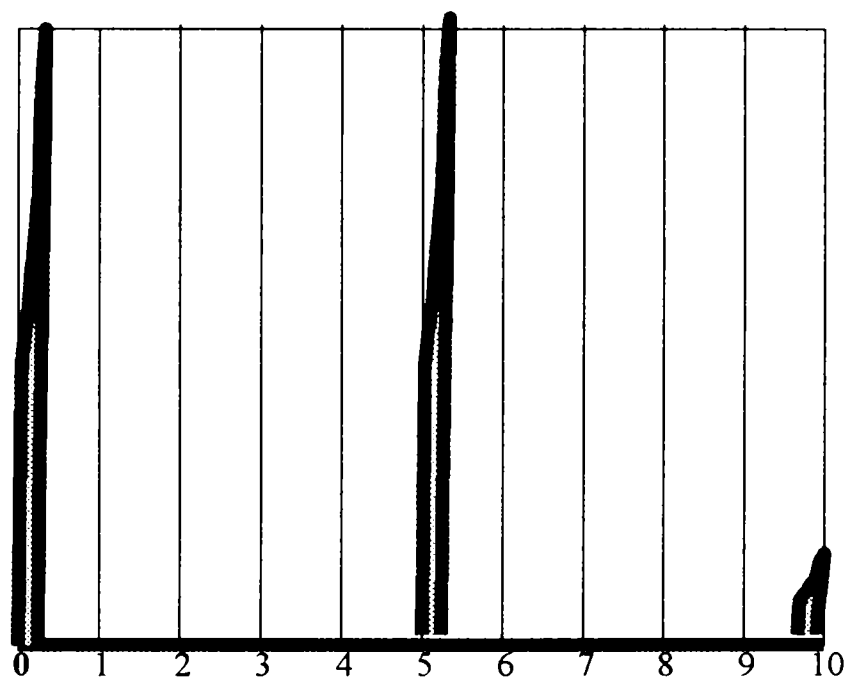


fig.3.31 Reflexia in ulei de aviatie

Aceleasi rezultate ca in cazul precedent , inasa cu mici diferente in amplitudine. Impulsul de reflexie de mijloc se afla pe pozitia 5 corespunzand inaltimei de 50 mm . Se observa o mai puternica amortizare a semnalului la impulsul de reflexie din pozitia 10.

Folosind lichide diferite ca densitate, au fost necesare corectii, atat la amplitudinea semnalului ultrasonor , cat si la viteza de propagare a acestuia.

Concluzie : Impulsul de reflexie secundar, in cazul lichidului hidraulic a fost **dublu** fata de impulsul de reflexie in cazul uleiului. Acest lucru se datoreste faptului ca densitatea lichidului hidraulic FH-51 este mai mica decat densitatea uleiului de aviatie AVI-8A (vezi Anexa nr.9- Buletin de analiza).

3.5.3.3. Observatii privind propagarea ultrasunetelor in lichide cu aparatul U.S.D-10 (Setul trei de teste)

Cu aparatul "U.S.D.-10" s-a urmarit evolutia propagarii ultrasunetelor in mai multe lichide (vezi schema din fig.3.12-Setul trei de teste si fig.3.18)

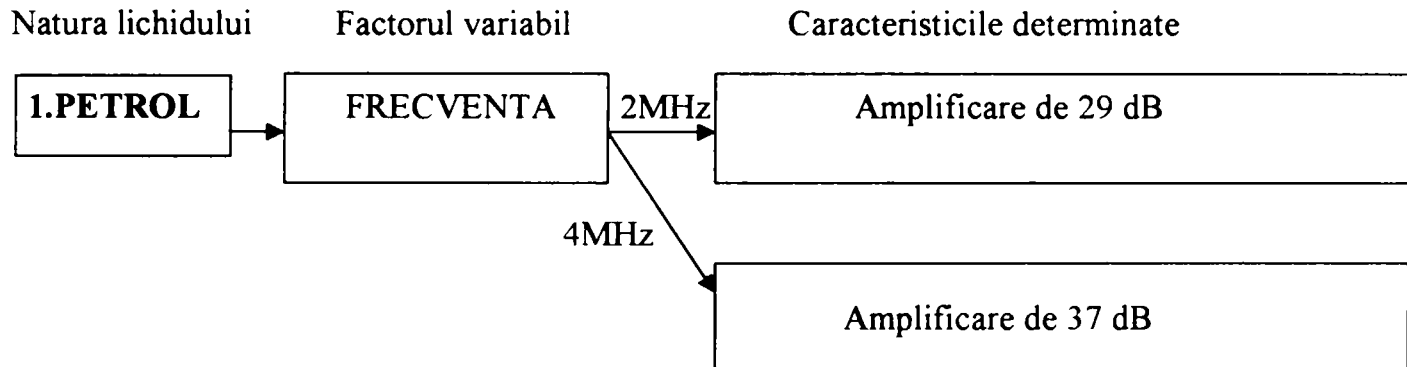


fig.3.32 Fragment din fig.3.12

1. In continuare se prezinta propagarea ultrasunetelor la nivel constant prin **petrol de aviatie** (vezi schema din fig.3.32).

Se toarna in vas petrol de aviatie (kerosen) la o inaltime de 70 mm de la suprafata palpatorului ;

Se seteaza aparatul USD-10 in meniul BASIC-SETUP la fel ca in tab.3.22

Tab.3.22 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 1.700 mm	DISP WIDTH 70 mm	SOUND VEL 1295 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 2	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 29	TIP PALPATOR 2 MHz φ10 mm		

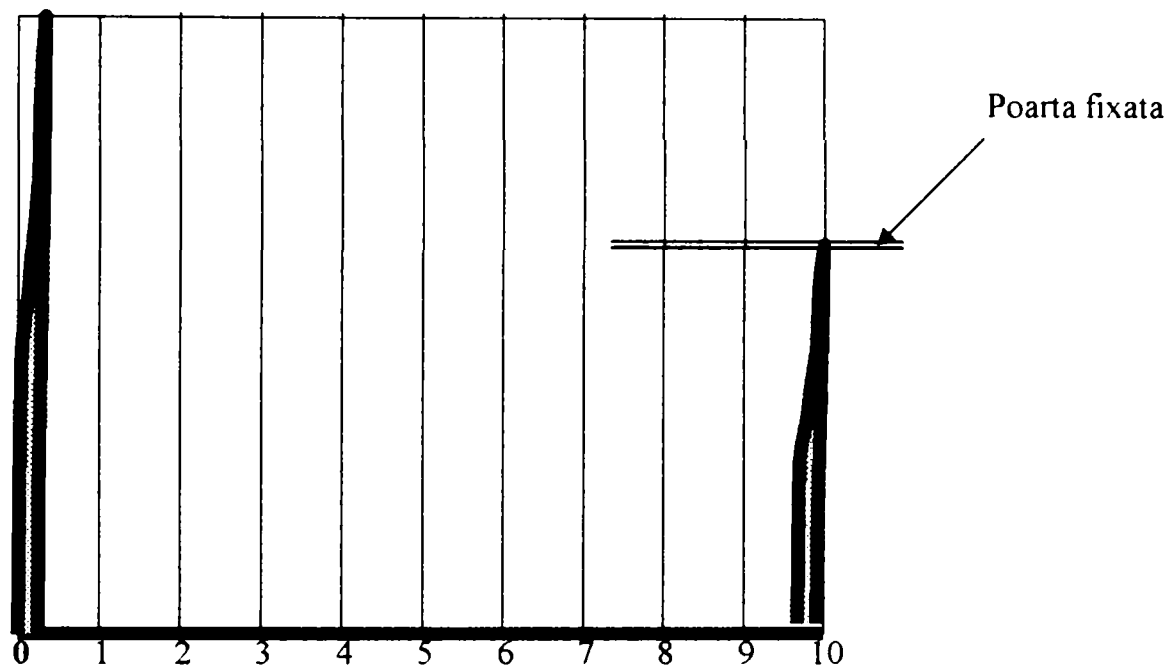


Fig.3.33 Reflexia in petrol de aviatie

Se observa ca semnalul reflectat are o amplificare de 29 MHz.

Schimbând frecvența de la 2MHz la 4 MHz, se observa pentru același grafic ca în testul precedent

Tab.3.23 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 1.700 mm	DISP WIDTH 70 mm	SOUND VEL 1295 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 4	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 37	TIP PALPATOR 4 MHz φ10 mm		

ca amplificarea semnalului ultrasonic a crescut de la 29 dB la 37 dB (vezi tab.3.23).

Cu mărirea frecvenței, atenuarea undelor crește (vezi 3.5.2.4 Indicii de precizie pct.2 Frecvența)

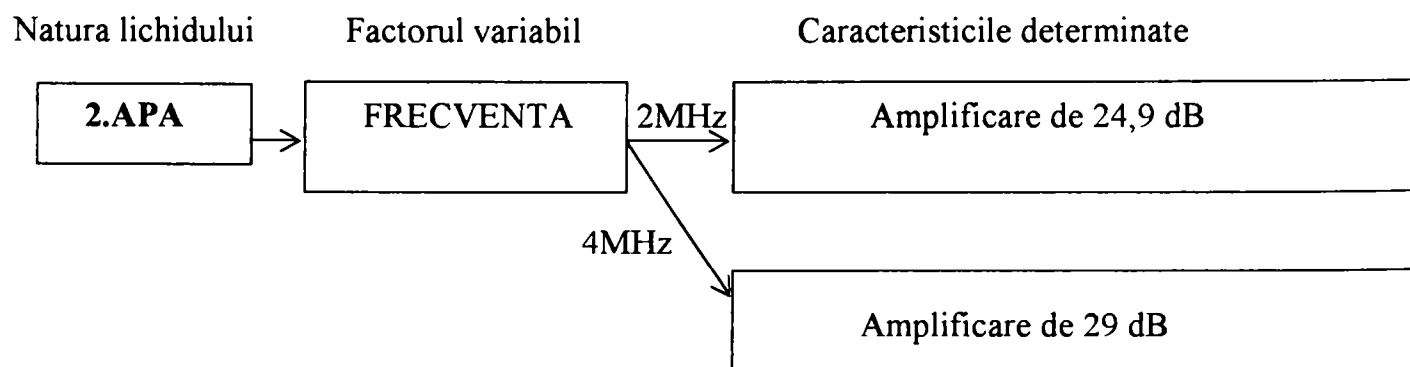


fig.3.34 Fragment din fig.3.12

2. Pentru **apa la temperatura camerei** (vezi schema din fig.3.34) se toarna in vas apa la o inaltime de 70 mm de la suprafata palpatorului . Se seteaza aparatul USD-10 in meniul BASIC-SETUP la fel ca in tab.3.24

Tab.3.24 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 1.700 mm	DISP WDT 70 mm	SOUND VEL 1497 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 4	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 24,9	TIP PALPATOR 2 MHz φ10 mm	dB 29	TIP PALPATOR 4 MHz φ10 mm

Se observa ca pentru apa avem aceeasi amplificare de **29 dB** dar frecventa este diferita si anume **4 MHz**. Pentru frecventa de 2 MHz se obtine o amplificare de 24,9 dB. Viteza de propagare este fixata pentru 1497 m/s corespunzatoare apei.

Natura lichidului

Factorul variabil

Caracteristicile determinate

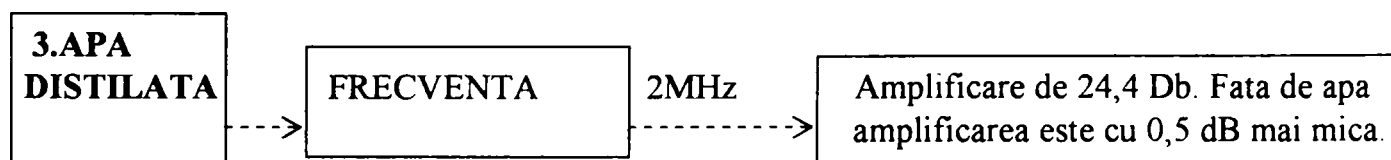


fig.3.35 Fragment din fig.3.12

3. Pentru **apa distilata** (vezi schema din fig.3.35) avem setarile din tab .3.25

Tab.3.25 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 2.800 mm	DISP WDT 70 mm	SOUND VEL 1497 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 2	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 24.4	TIP PALPATOR 2 MHz φ10 mm		

De asta data spre deosebire de apa normala, la aceeasi frecventa a palpatorului de 2 MHz se obtine o amplificare de 24,4 dB (24,9dB apa normala) deci o diferenta de 0,5 dB.

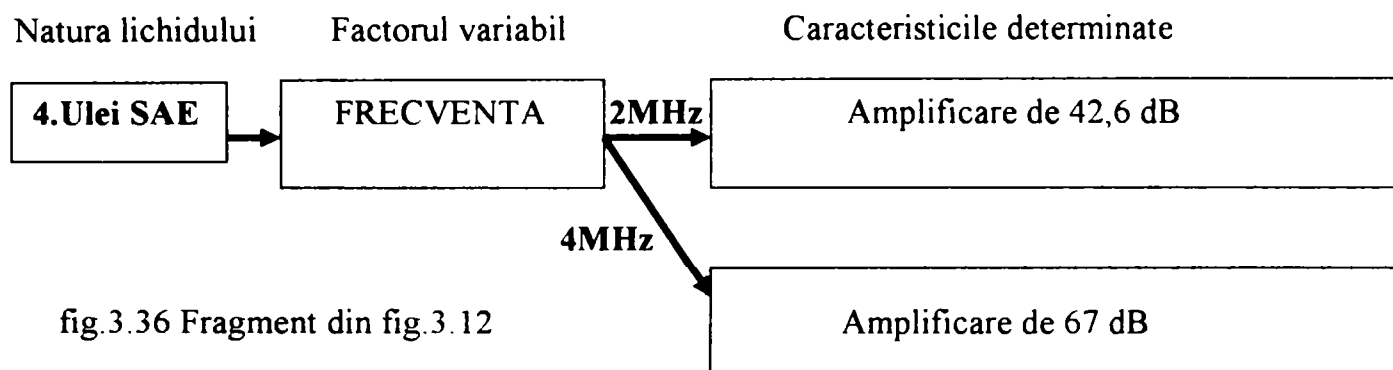


fig.3.36 Fragment din fig.3.12

4. Pentru **ulei de motor tip SAE 20W50** (vezi schema din fig.3.36) se toarna in vas ulei la o inaltime de 70 mm de la suprafata palpatorului. Se seteaza aparatul USD-10 in meniul BASIC-SETUP la fel ca in tab.3.26

Tab.3.26 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 12.00 mm	DISP WDT 70 mm	SOUND VEL 1725 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 4	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 42,6	TIP PALPATOR 2 MHz φ10 mm	dB 67	TIP PALPATOR 4 MHz φ10 mm

Se fixeaza viteza ultrasunetelor la 1725 m/s corespunzatoare uleiului. Se observa ca pentru ulei amplificarea are valori de la 42,6 dB pentru frecventa de 2 MHz si 67 dB pentru frecventa de 4 MHz ;

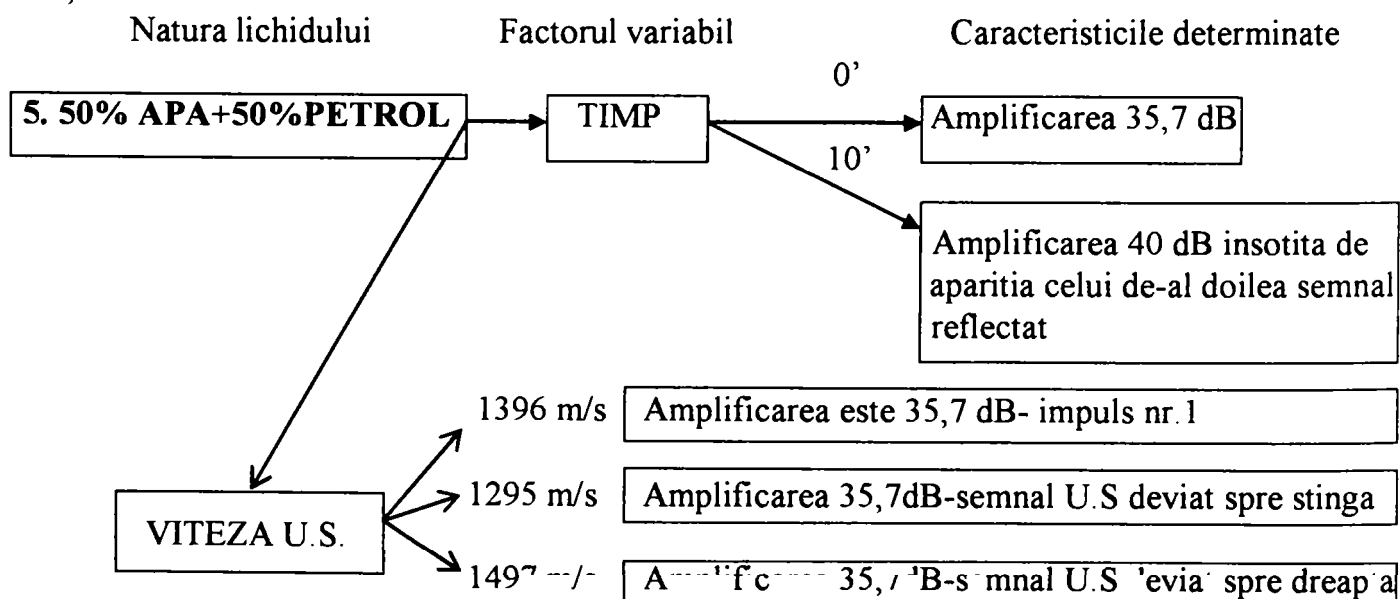


fig.3.37 Fragment din fig.3.12

5. Pentru combinatia de **50 % apa si 50 % kerosen** (vezi schema din fig.3.37) se toarna in vas 50 % apa si 50 % kerosen la o inaltime de 70 mm de la suprafata palpatorului apoi se amesteca continutul. Se seteaza aparatul USD-10 in meniul BASIC-SETUP la fel ca in tab.3.27.

Tab.3.27 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 2.800 mm	DISP WTH 70 mm	SOUND VEL 1396 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 2	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 35.7	TIP PALPATOR 2 MHz φ10 mm		

Se observa aparitia semnalului reflectat cu urmatorul grafic al aparatului:

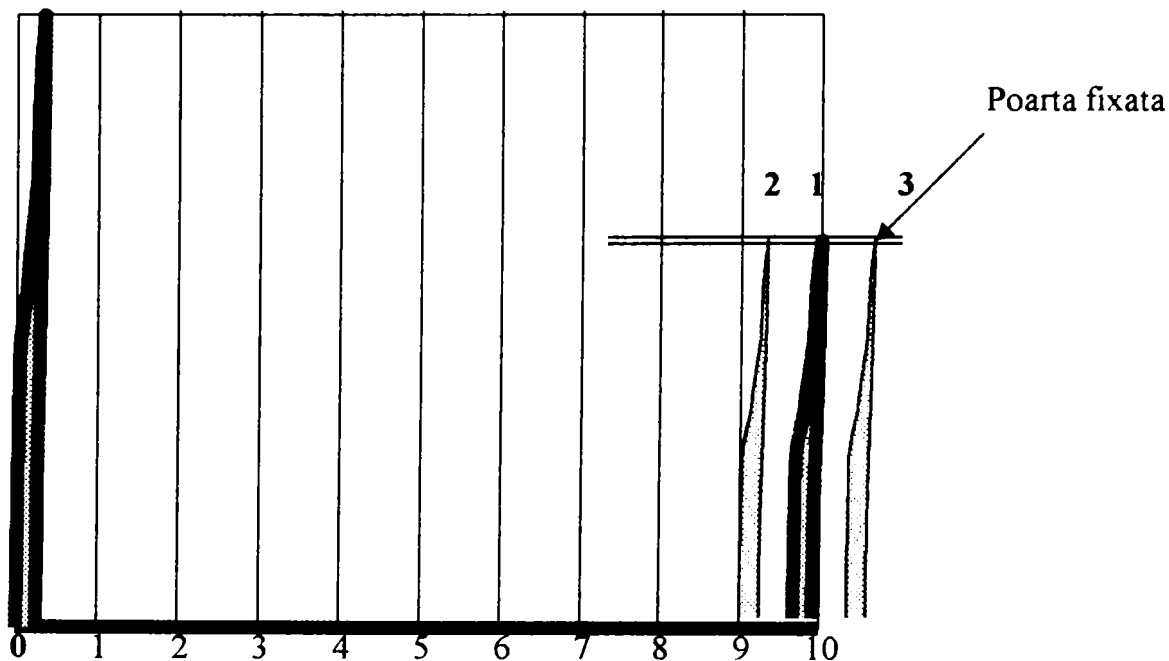


fig.3.38 Semnal reflectat in combinatie 50 % apa si 50 % kerosen

Intrucat este un caz special se trateaza mai cu atentie. Se observa pe osciloscop (fig.3.38) aparitia la inceput a impulsului de reflexie nr.1. Datorita faptului ca sunt doua medii diferite de lichid cu impedante diferite, pentru inceput s-a luat viteza longitudinala $v_L=1396$ (SOUND VEL), reprezentand media aritmetica a celor doua medii de propagare si anume $v_{apa}=1497$ m/s si $v_{petrol}=1295$ m/s. Se observa ca in tabelul 3.27 s-a modificat intensitatea ultrasunetului (dB) de la 24,9 in cazul apei la 35,7 in cazul amestec. Impulsul de reflexie nr.2 apare daca $v_L=v_{petrol}=1295$ m/s (in locul impulsului de reflexie nr.1). La fel si pentru impulsul de reflexie nr.3, apare daca $v_L=v_{apa}$

=1497 m/s (in locul impulsului nr. 1 apare 3). Se revine la viteza U.S. de $v_L = v_{medie} = 1396$ m/s . Cu toate ca se schimba v_L inaltimea impulsurilor 2 si 3 ramane constanta. Dupa un timp de 10 minute si-a facut aparitia impulsul de reflexie nr.4 la aprox. $\frac{1}{2}$ distantei (vezi fig.3.39) .

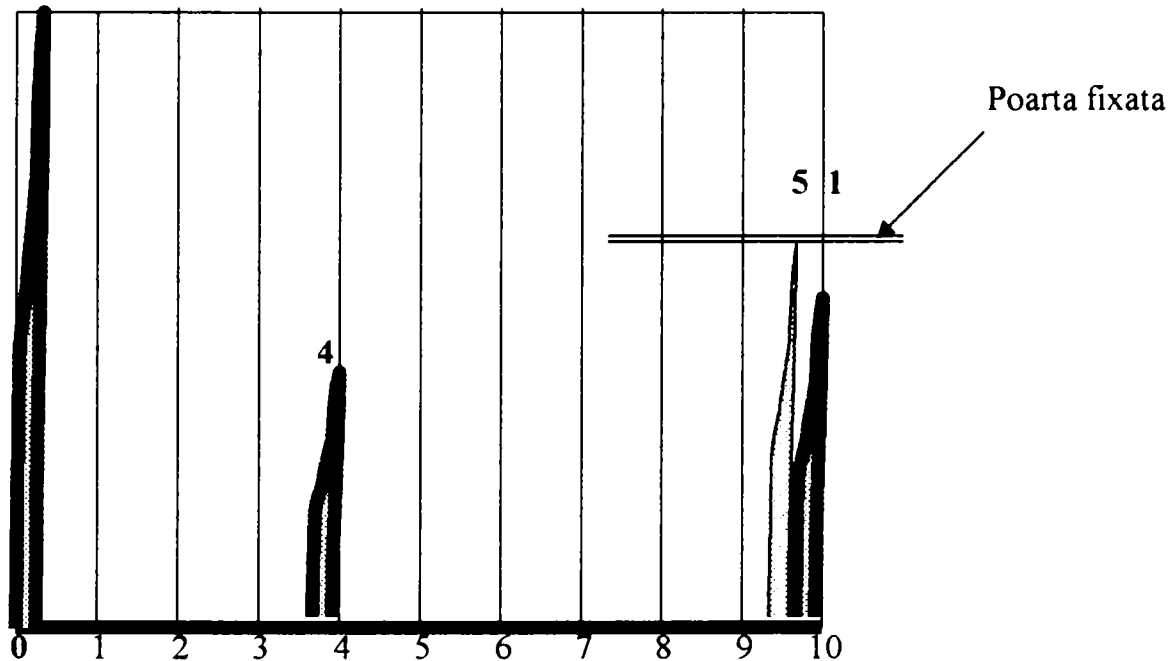


fig.3.39 Semnal reflecta dupa zece minute -amestec 50 % apa si 50 % kerosen

Aceasta se explica prin faptul ca dupa acest timp s-a separat apa de petrol, rezultand doua medii lichide distincte cu impedante diferite . Undele ultrasonore reflectandu-se mai putin la separatia dintre cele doua medii lichide si total la separatia dintre lichid si aer. Se mai observa si faptul ca dintele 1 este mai mic in inaltime decat la inceput cand fluidul era proaspat amestecat. Pentru a ajunge la aceeasi marime cu a dintelui 1 din primul grafic am amplificat semnalul ultrasonor de la 35,7 dB la 40 dB rezultand impulsul de reflexie nr.5 (1=5).

Pentru **apa cu impuritati (rugina)** se observa ca, fata de apa normala, aceasta apa murdara este sesizata de aparat (USD-10) prin marirea semnalului de la 24,9 la 25,9 dB .

Natura lichidului

Factorul variabil

Caracteristicile determinate

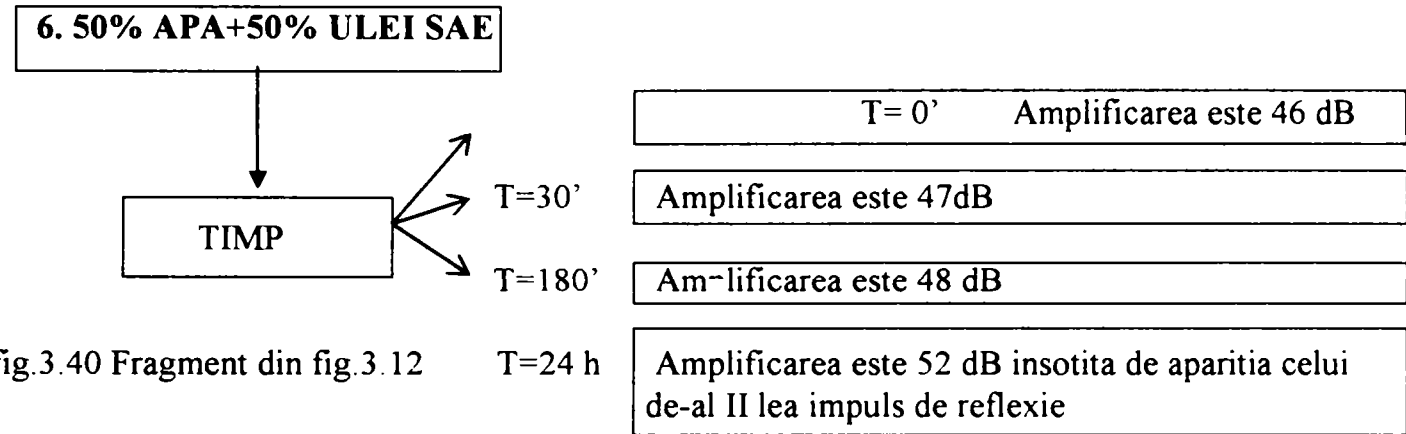


fig.3.40 Fragment din fig.3.12

6. Se amesteca in vas **50 % apa si 50 % ulei SAE 20W 50** la o inaltime de 70 mm de la suprafata palpatorului pana ce apa se descompune in particule mici astfel incat culoarea fluidului se albeste; Se calibreaza aparatul la fel ca in tab.3.28. Viteza $v_L=1611$ m/s reprezinta media aritmetica dintre v_{Lapa} si v_{Lulei} . Se observa aparitia semnalului reflectat la fel ca in fig.3.41:

Tab.3.28 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 9.300 mm	DISP WDT 70 mm	SOUND VEL 1611 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 2	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 46	TIP PALPATOR 2 MHz ϕ 10 mm		

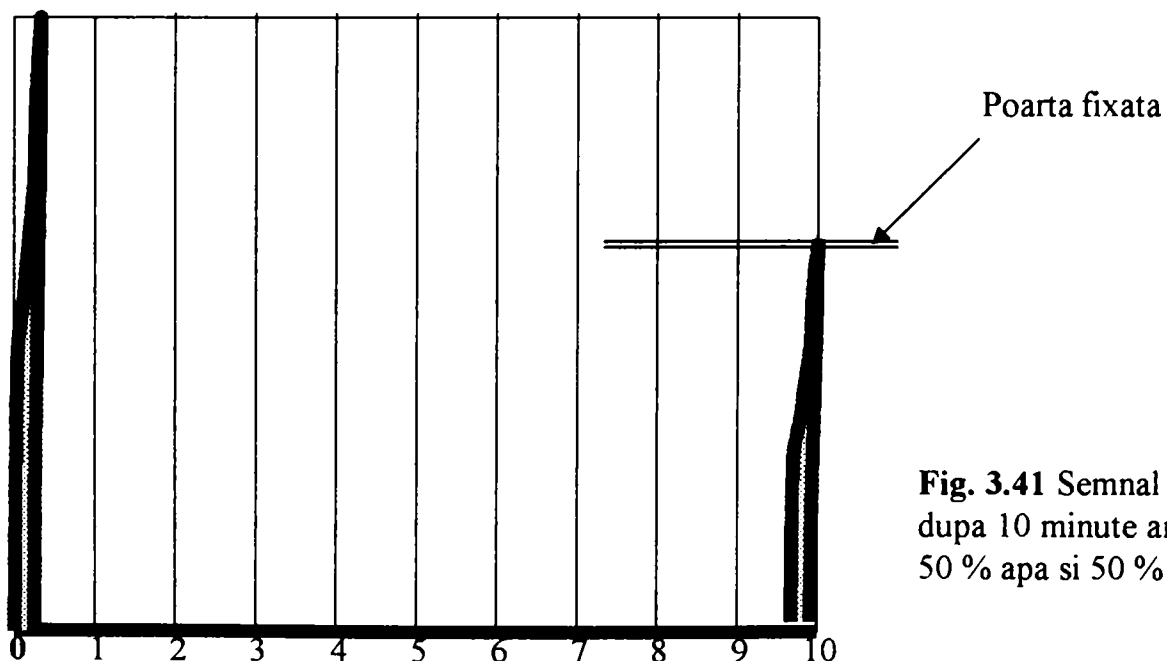


Fig. 3.41 Semnal reflecta dupa 10 minute amestec 50 % apa si 50 % ulei SAE

Datorita faptului ca uleiul are o densitate mai mica decat apa, trebuie sa se mareasca si

amplificarea ultrasunetului la 46 dB pana in dreptul portii .Dupa ½ ora semnalul a inceput sa scada iar pentru o ajustare pana la poarta s-a crescut semnalul pana la 47 dB.Peste 3 ore s-a mai crescut cu 1 dB ajungand la 48dB.Se observa ca separarea celor doua medii este mult mai lenta decat in cazul amestecului apa+kerosen .Peste 24 ore s-a mai crescut cu 4 dB ajungand la 52 dB.In concluzie separarea celor doua medii se face intr-un timp mai indelungat, rezultand o diferenta de semnal de la 46 dB la 52 dB insotita de aparitia celui de-al doilea impuls de reflexie dupa 24 h (a se vedea fig.3.39 impulsul nr.4).

3.5.3.4. Observatii privind propagarea ultrasunetelor in lichide cu aparatul U.S.D-10 (Setul patru de teste)

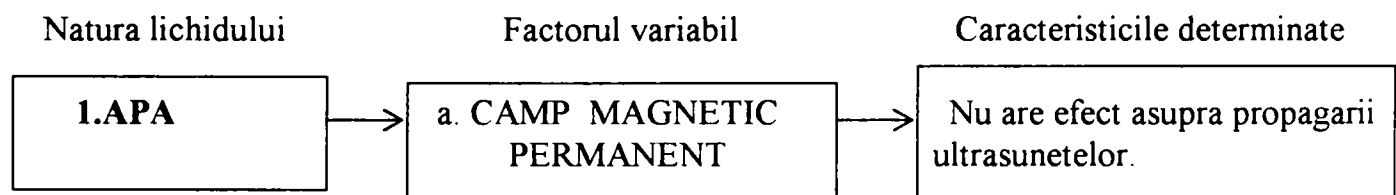


fig.3.42 Fragment din fig.3.13

1.a Pentru a se verifica influenta unui **magnet permanent** asupra propagarii ultrasunetelor in lichide se gaureste cutia in zona plana si se monteaza traductorul (palpatorul) astfel incat suprafata de contact a palpatorului sa fie in contact direct cu mediul fluid. Se toarna in vas fluidul la o inaltime de 70 mm de suprafata palpatorului .La setari se modifica amplificarea la dB= 33,7 si viteza ultrasunetelor soundvel 1560 m/s.

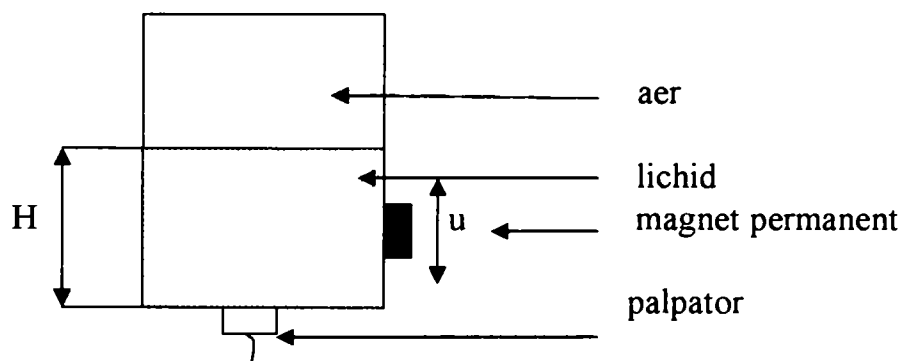


fig.3.43 Montaj pentru magnet si pastila din OL

Se misca magnetul permanent in toate directiile in afara cutiei metalice cu contact direct pe generatoarea cilindrului cu viteza u. Nu s-a constatat variatii ale graficului in cazul propagarii U.S. in camp magnetic permanent.

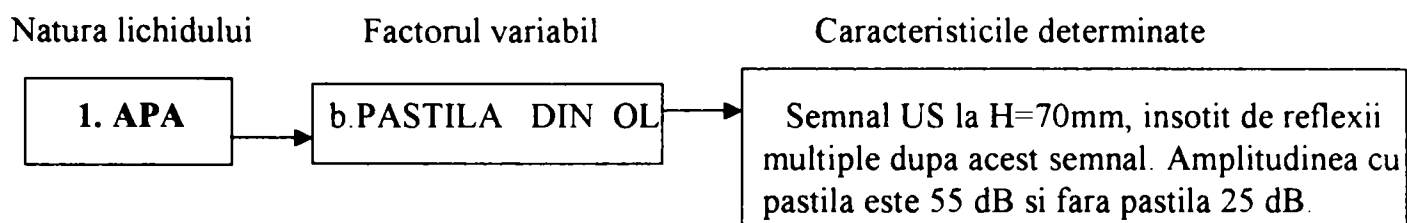


fig.3.44 Fragment din fig.3.13

1.b. Pentru testul cu apa si pastila din OL se realizeaza montajul din fig.3.45. Se gaureste cutia in zona plana si se monteaza traductorul (palpatorul) astfel incat suprafata de contact a palpatorului sa fie in contact direct cu mediul fluid. Pastila din otel (OL) este asezata paralel cu suprafata de separatie aer-lichid, atasata pe o tija metalica .

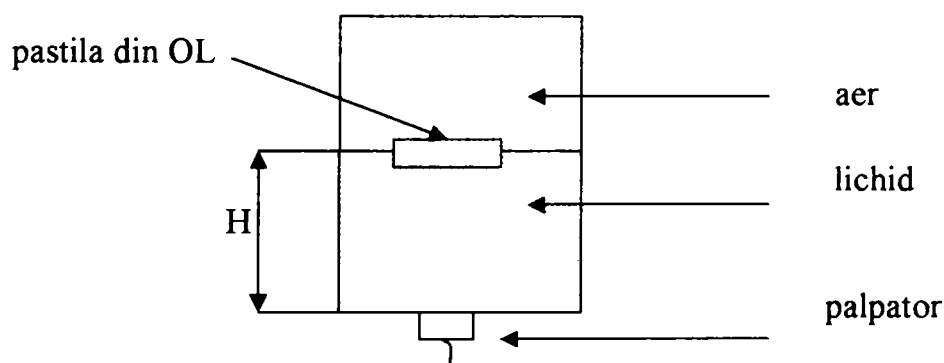


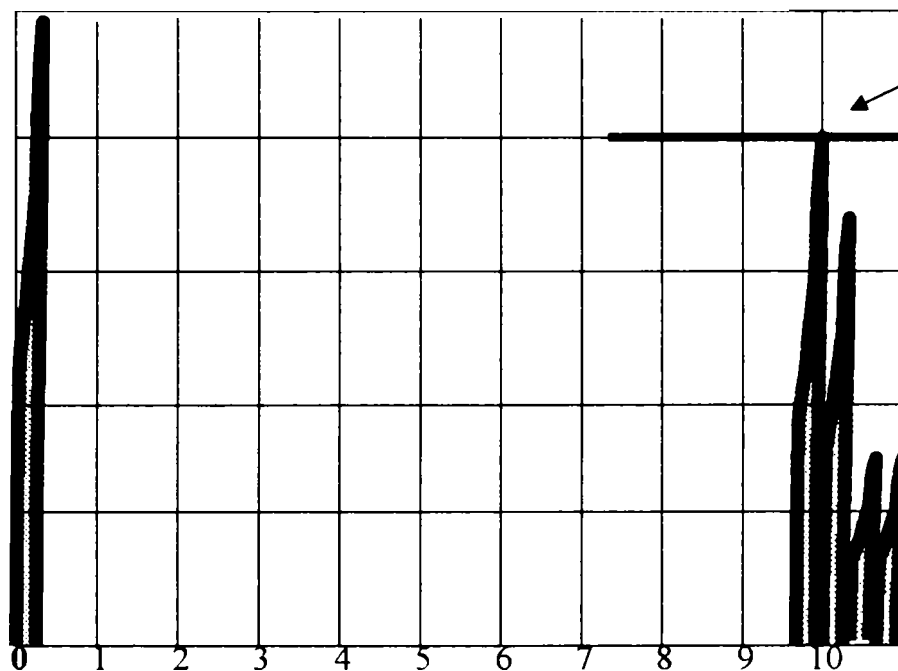
fig.3.45 Montaj pentru apa si pastila din OL

Se toarna in vas apa la o inaltime H=70 mm de la suprafata palpatorului ;

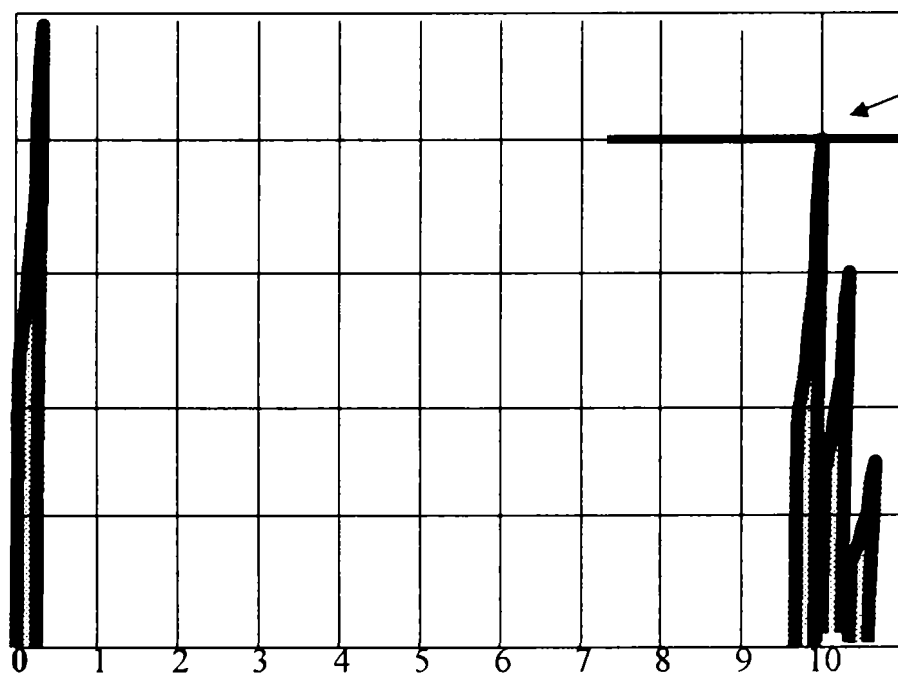
Tab.3.29 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 1.700 mm	DISP WDT 70 mm	SOUND VEL 1497 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 4	RECTIFY Fullwave	P-POWER 3	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 45 mm
A-WIDTH 120 mm	A-TRSH 66 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 67	TIP PALPATOR 4 MHz φ10 mm		

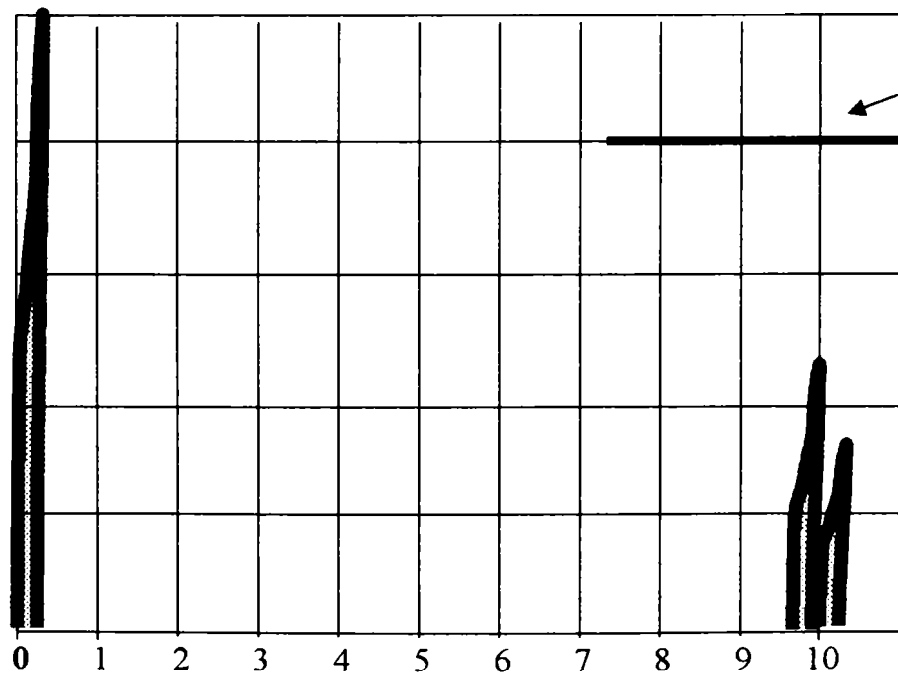
La agitarea apei in recipient graficul nu se modifica semnificativ.



Poarta fixata
a. Cu amplificare de 67 dB cu pastila din OL

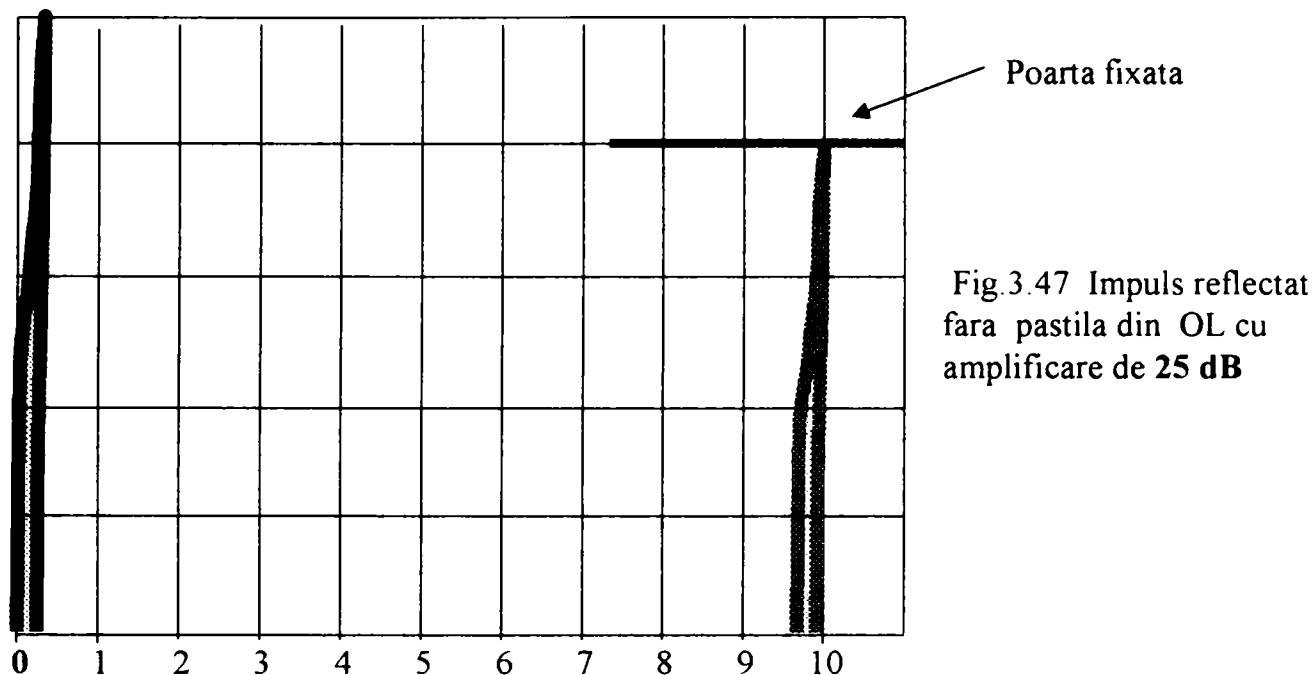


Poarta fixata
b. Cu amplificare de 61 dB cu pastila din OL



Poarta fixata
c. Cu amplificare de 55 dB cu pastila din OL

Fig.3.46 Impuls reflectat cu pastila din OL cu cele trei cazuri a,b si c



Ecoul de reflexie corespunde unui drum de 70 mm parcurs in apa, indicat pe osciloscop in dreptul cifrei 10. In primele trei figuri fig.3.46 a ,b si c s-a scazut progresiv amplitudinea semnalului ultrasonor de la 67 dB la 61dB respectiv 55 dB realizandu-se reflexia la suprafata de separatie intre apa si OL (cu pastila).In fig.3.47 s-a scos pastila de OL si s-a lasat sa se stabilizeze graficul. Fara pastila din OL, la agitarea apei, semnalul apare cu intermitente, pana la linistirea suprafetei de separatie apa –aer.Se observa o scadere a amplificarii de la 55 dB in cazul cu pastila, la 25 dB fara pastila, precum si disparitia celorlalte impulsuri de reflexie (in dreapta cifrei 10).Explicatia consta in faptul ca exista (in cazul fig.3.47) o singura zona de reflexie (apa-aer).In celelalte trei cazuri (fig.3.46) se afla multiple zone de reflexie determinate de pastila din OL.

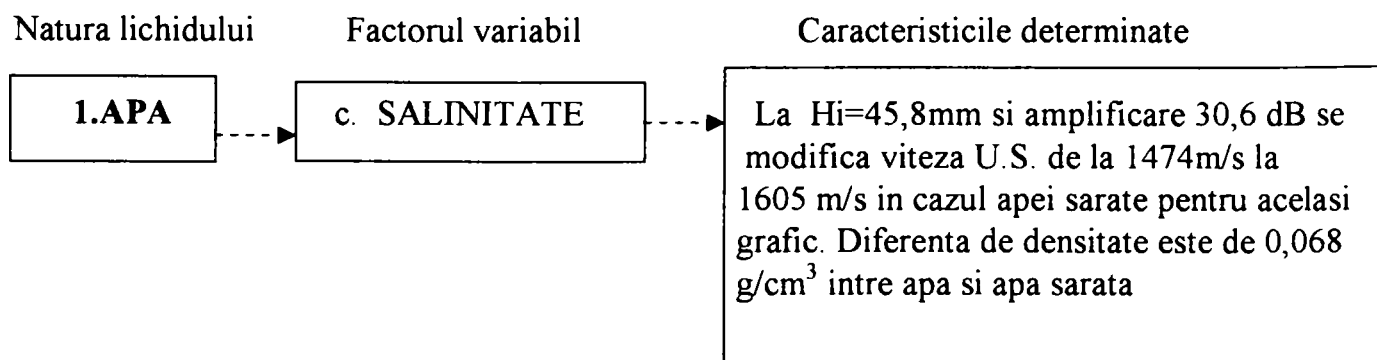


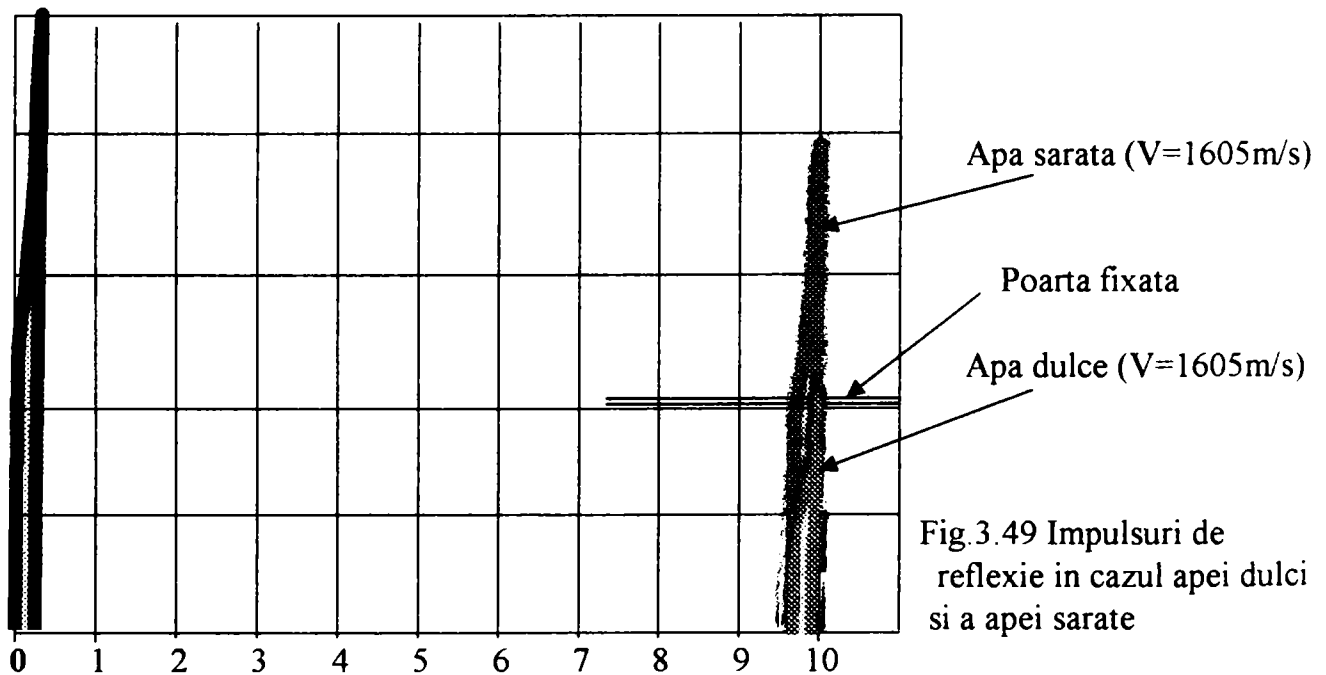
fig.3.48 Fragment din fig.3.13

I.c. Pentru testul cu **apa modificand concentratia de sare** se foloseste montajul din fig.3.18.

Setarile initiale ale aparatului USD-10 sunt la fel ca in tab.3.30. Se foloseste apa la inaltimea de $H=45,8\text{mm}$. La aceasta cantitate de apa se adauga 50 g sare. Se amesteca bine sarea pana la dizolvarea completa a cristalelor. Apa este la temperatura camerei.

Tab.3.30 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 1.700 mm	DISP WTH 45,8 mm	SOUND VEL 1474 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 5	RECTIFY Fullwave	P-POWER 4	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 28 mm
A-WIDTH 42,00 mm	A-TRSH 80 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 30,6	TIP PALPATOR 4 MHz $\phi 10$ mm		



La amplitudinea de 30,6 dB se prezinta apa dulce, cu viteza ultrasonora fixata pe aparat de $v=1474\text{m/s}$. Pentru a se ajunge la acelasi impuls (impuls apa dulce = impuls apa sarata) (50g –sare), se scade viteza ultrasonora de la $v=1605\text{m/s}$ la 1474. In figura 3.49 se evidentiaza diferenta oscilogramelor, la aceeasi amplitudine de 30,6 dB, cu aceeasi viteza ultrasonora $v=1605\text{m/s}$ in cazul celor doua lichide. Aceasta diferenta consta tocmai in diferenta de densitate a celor doua fluide (ρ apa sarata= $1,025\text{ g/cm}^3$ iar ρ apa dulce = $0,9982\text{ g/cm}^3$ deci o diferenta de $0,068\text{ g/cm}^3$).

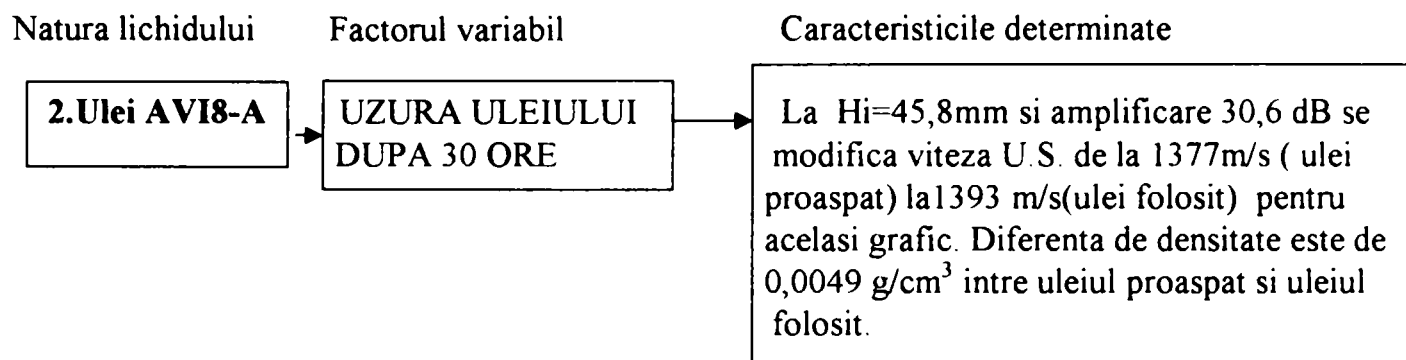


fig.3.50 Fragment din fig.3.13

2. Pentru testul cu ulei AVI8-A proaspat si folosit timp de 30 ore pe un motor turboreactor se

foloseste montajul din fig.3.18. Setarile initiale ale aparatului USD-10 sunt la fel ca in tab.3.31.

Se toarna ulei proaspat in vas pana la inaltimea de $H=45,8\text{mm}$.

Tab.3.31 Setari ale aparatului BASIC-SETUP

DISP-DEL 2.00 mm	DISP WDT 45,8 mm	SOUND VEL 1377 m/s	PROBE DEL 0.000 US
FREQ 5	RECTIFY Fullwave	P-POWER 4	DAMPING 75 Ω
DUAL Off	REJECT 30 %	A-MODE Coincid	A-DELAY 25 mm
A-WIDTH 42,00 mm	A-TRSH 80 %	MAGNIFY Off	FREEZE Off
dB 30,6	TIP PALPATOR 4 MHz $\phi 10\text{ mm}$		

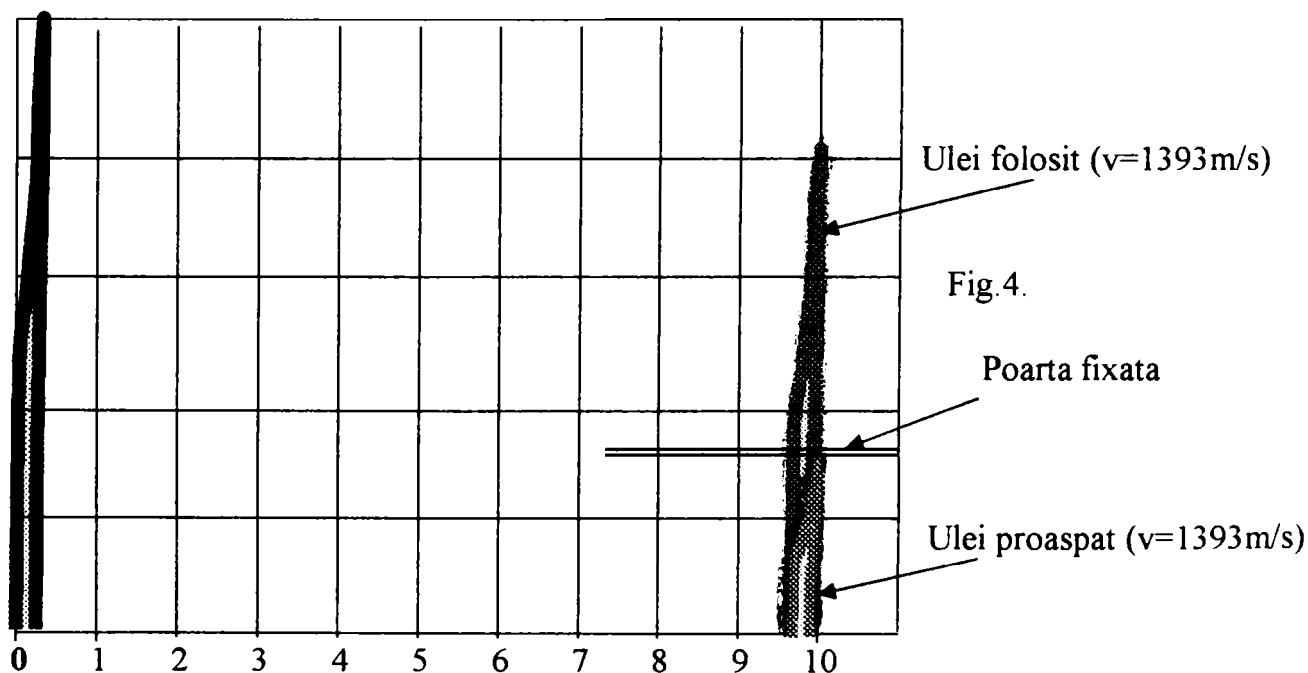


Fig.3.51 Impulsuri de reflexie in cazul uleiului AVI8-A proaspat si folosit timp de 30 ore

S-a studiat existenta unor diferente intre uleiul de aviatie Avi-8A proaspat (utilizat pe avionul cu nr.9516 la data de 22.10.2001), si acelasi ulei Avi-8A dupa 30 ore de functionare (golit la data de

14.03.2003, deci dupa aproximativ 5 luni). Prima oara s-a folosit ulei proaspat, semnalul de reflexie avand o amplitudine de 30,6 dB. A II-a oara s-a utilizat ulei folosit (pastrand aceleasi setari). La aceleasi setari, uleiul folosit are nevoie de o corectie de viteza ultrasonora de la $v= 1393$ la 1377 m/s pentru a se realiza acelasi impuls de reflexie. Aceasta diferenta consta tocmai in diferenta de densitate a celor doua fluide (ρ ulei proaspat = $0,869$ g/cm³ iar ρ ulei folosit = $0,873$ g/cm³ deci o diferenta de $0,0049$ g/cm³). De remarcat si o diferenta de culoare, uleiul folosit fiind mai inchis la culoare.

3.5.4. Calculul densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor

Se pune intr-un vas cu lichid palpatorul de 4 MHz astfel incat suprafata palpatorului sa fie in contact direct cu lichidul (vezi figura 3.52). Lichidul este la inaltimea $H_L = 45,8$ mm fata de palpator. Se seteaza aparatul USD-10 astfel incat sa fie semnalul ultrasonor reflectat la cifra 10 pe ecranul osciloscopului, corespunzator inaltimii lichidului de $45,8$ mm si cu amplitudinea de 30,6 dB si semnalul reflectat sa fie imediat sub poarta.

Se masoara viteza ultrasunetelor in apa. Stiindu-se ca viteza ultrasunetelor in apa este in jurul valorii de 1497 m/s , se seteaza USD-10 la aceasta valoare.

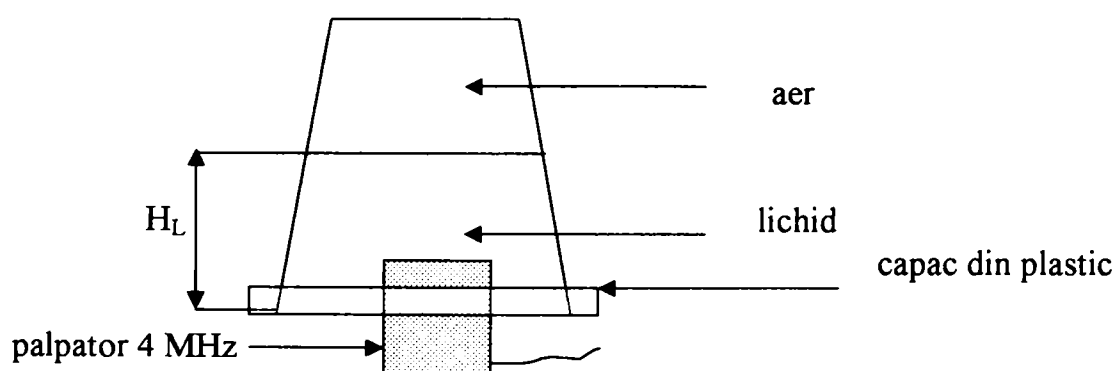


fig.3.52 Montaj pentru scoaterea in evidenta a densitatii lichidelor

Densitatea lichidelor variaza cu temperatura , rezulta ca si viteza ultrasunetelor variaza cu temperatura. In timpul testelor temperatura lichidului a fost de 32°C . Pentru a se inlatura erorile de masurare a vitezei ultrasunetelor la inaltimea de $H_L = 45,8$ mm s-au facut mai multe masuratori (vezi

tab.3.32). La fel se procedeaza si pentru apa sarata, lichid hidraulic, ulei de stocaj, ulei proaspat si ulei folosit.

Tab.3.32. Masuratori ale vitezei ultrasonice in lichidele folosite la inaltimea de $H_L = 45,8$ mm.

Nr. mas.	V_{US} (m/s) apa dulce	V_{US} (m/s) apa sarata	V_{US} (m/s) ulei-proaspat	V_{US} (m/s) ulei-folosit	V_{US} (m/s) Lichid hydr.	V_{US} (m/s) Ulei stocaj
1	1485	1605	1382	1393	1357	1378
2	1487	1602	1378	1393	1364	1388
3	1464	1603	1367	1393	1362	1371
4	1484	1603	1381	1393	1353	1358
5	1474	1603	-	-	-	-
6	1468	1603	-	-	-	-
7	1461	1603	-	-	-	-
8	1496	-	-	-	-	-
9	1462	-	-	-	-	-
10	1475	-	-	-	-	-
Vmediu	1475,6	1603,14	1377	1393	1359	1373,75

Din tab.3.13 se ia densitatea apei dulci la $t = 32^\circ\text{C}$ astfel

$$\rho_{\text{apa dulce}} = 0,989\text{g/cm}^3 \text{ si } \rho_{\text{apa sarata}} = 1,018\text{g/cm}^3$$

$$V_{\text{diferenta}} = V_{\text{mediu apa sarata}} - V_{\text{mediu apa dulce}} = 1603,14 - 1475,6 = 127,54 \text{ m/s}$$

Se calculeaza diferenta de densitate la 32°C dintre cuplul apa sarata si apa dulce.

$$\rho_{\text{diferenta}} = \rho_{\text{apa sarata}} - \rho_{\text{apa dulce}} = 1,018 - 0,989 = 0,029 \text{ g/cm}^3$$

La o diferenta de densitate de $0,029 \text{ g/cm}^3$ este o diferenta de viteza ultrasonica de $127,54 \text{ m/s}$.

In tab.3.33 sunt calculate si pentru cuplurile ulei proaspat –ulei folosit, ulei proaspat-lichid hidraulic, ulei proaspat-ulei de stocaj.

Tab.3.33 Parametrii de calcul pentru diverse cupluri

Nr. cupluri	Mediu de propagare	Vmediu (m/s)	ρ la 32°C (g/cm^3)	$V_{\text{diferenta}}$ (m/s)	$\rho_{\text{diferenta}}$ (g/cm^3)
1	Apa	1475,6	0,989	127,54	0,029
	Apa sarata	1603,14	1,018		
2	ulei proaspat	1377	0,869	16	0,004
	ulei folosit	1393	0,873		
3	ulei proaspat	1377	0,869	18	0,005
	lichid hydr.	1359	0,864		
4	ulei proaspat	1377	0,869	3,25	0,003
	ulei stocaj	1373,75	0,866		

Se analizeaza datele obtinute, diferenta de densitate si diferenta de viteza de propagare.

Pentru cuplul apa dulce –apa sarata .

Daca la $\rho_{diferenta} = 0,029 \text{ g/cm}^3$ este $V_{diferenta} = 127,54 \text{ m/s}$ la $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ avem
 $V_{diferenta} = 4,39 \text{ m/s}$

Pentru cuplul ulei proaspat –ulei folosit .

Daca la $\rho_{diferenta} = 0,004 \text{ g/cm}^3$ este $V_{diferenta} = 16 \text{ m/s}$ la $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ avem
 $V_{diferenta} = 4 \text{ m/s}$

Pentru cuplul ulei proaspat –lichid hidraulic.

Daca la $\rho_{diferenta} = 0,005 \text{ g/cm}^3$ este $V_{diferenta} = 18 \text{ m/s}$ la $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ avem
 $V_{diferenta} = 3,6 \text{ m/s}$

Pentru cuplul ulei proaspat –ulei stocaj.

Daca la $\rho_{diferenta} = 0,003 \text{ g/cm}^3$ este $V_{diferenta} = 3,25 \text{ m/s}$ la $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ avem
 $V_{diferenta} = 1,08 \text{ m/s}$

Se observa ca la $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ sunt valori apropiate pentru toate cuplurile. Pentru a rezulta un calcul exact se i-a $V_{mediu\ diferenta} = 3,26 \text{ m/s}$ pentru toate cuplurile de lichide.

Cu aceste determinari se poate calcula densitatea unui lichid cunoscand densitatea altui lichid si viteza de propagare , precum si viteza de propagare a lichidului in cauza avand grija ca masuratorile sa fie facute la aceeasi temperatura si la aceeasi inaltime a lichidului H_L cu aceleasi setari ale aparatului USD-10.

Pentru cuplul apa-apa sarata

Se dau : $\rho_{\text{apa dulce}} = 0,989 \text{ g/cm}^3$; $V_{\text{mediu apa dulce}} = 1475,6 \text{ m/s}$ si $V_{\text{mediu apa sarata}} = 1603,14 \text{ m/s}$.

Se cere sa se determine $\rho_{\text{apa sarata}}$.

Daca la $V_{\text{mediu diferenta}} = 3,26 \text{ m/s}$, $\rho_{diferenta} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ la $V_{diferenta} = 127,54 \text{ m/s}$ este $0,0391 \text{ g/cm}^3$

Deci $\rho_{diferenta\ \text{apa dulce} - \text{apa sarata}} = 0,0391 \text{ g/cm}^3$

Rezulta ca $\rho_{\text{apa sarata}} = \rho_{diferenta\ \text{apa dulce} - \text{apa sarata}} + \rho_{\text{apa dulce}} = 0,0391 + 0,989 = 1,0281 \text{ g/cm}^3$.

Din masuratori rezulta $\rho_{\text{apa sarata}} = 1,018 \text{ g/cm}^3$ deci o eroare de $0,01 \text{ g/cm}^3$.

Pentru cuplul ulei proaspat –ulei folosit

Se dau : $\rho_{\text{ulei proaspat}} = 0,869 \text{ g/cm}^3$; $V_{\text{mediu ulei proaspat}} = 1377 \text{ m/s}$ si $V_{\text{mediu ulei folosit}} = 1393 \text{ m/s}$.

Se cere sa se determine $\rho_{\text{ulei folosit}}$.

Daca la $V_{\text{mediu diferenta}} = 3,26 \text{ m/s}$, $\rho_{\text{diferenta}} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ la $V_{\text{diferenta}} = 16 \text{ m/s}$ este $0,0049 \text{ g/cm}^3$

Deci $\rho_{\text{diferenta ulei proaspat - ulei folosit}} = 0,0049 \text{ g/cm}^3$

Rezulta ca $\rho_{\text{ulei folosit}} = \rho_{\text{diferenta ulei proaspat ulei folosit}} + \rho_{\text{ulei proaspat}} = 0,0049 + 0,869 = \mathbf{0,873 \text{ g/cm}^3}$.

Din masuratori rezulta $\rho_{\text{ulei folosit}} = 0,873 \text{ g/cm}^3$ deci fara eroare.

Pentru cuplul ulei proaspat –lichid hidraulic

Se dau : $\rho_{\text{ulei proaspat}} = 0,869 \text{ g/cm}^3$; $V_{\text{mediu ulei proaspat}} = 1377 \text{ m/s}$ si $V_{\text{mediu lichid hidraulic}} = 1359 \text{ m/s}$.

Se cere sa se determine $\rho_{\text{lichid hidraulic}}$.

Daca la $V_{\text{mediu diferenta}} = 3,26 \text{ m/s}$, $\rho_{\text{diferenta}} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ la $V_{\text{diferenta}} = 18 \text{ m/s}$ este $0,00552 \text{ g/cm}^3$

Intrucat in cazul acesta $V_{\text{mediu ulei proaspat}} > V_{\text{mediu lichid hidraulic}}$ aceasta diferenta este negativa.

Rezulta ca

$$\rho_{\text{diferenta}} = \mathbf{-0,0052 \text{ g/cm}^3}$$

$\rho_{\text{lichid hidraulic}} = \rho_{\text{diferenta ulei proaspat - lichid hidraulic}} + \rho_{\text{ulei proaspat}} = -0,0052 + 0,869 = \mathbf{0,863 \text{ g/cm}^3}$.

Din masuratori rezulta $\rho_{\text{lichid hidraulic}} = 0,864 \text{ g/cm}^3$ deci o eroare de 0,001 g/cm^3 .

Pentru cuplul ulei proaspat –ulei stocaj

Se dau : $\rho_{\text{ulei proaspat}} = 0,869 \text{ g/cm}^3$; $V_{\text{mediu ulei proaspat}} = 1377 \text{ m/s}$ si $V_{\text{mediu ulei stocaj}} = 1373,75 \text{ m/s}$.

Se cere sa se determine $\rho_{\text{ulei stocaj}}$.

Daca la $V_{\text{mediu diferenta}} = 3,26 \text{ m/s}$, $\rho_{\text{diferenta}} = 0,001 \text{ g/cm}^3$ la $V_{\text{diferenta}} = 3,25 \text{ m/s}$ este $0,000997 \text{ g/cm}^3$

Intrucat in cazul acesta $V_{\text{mediu ulei proaspat}} > V_{\text{mediu ulei stocaj}}$ aceasta diferenta este negativa.

Deci $\rho_{\text{diferenta ulei proaspat - ulei stocaj}} = -0,000997 \text{ g/cm}^3$

Rezulta ca $\rho_{\text{ulei stocaj}} = \rho_{\text{diferenta ulei proaspat - ulei stocaj}} + \rho_{\text{ulei proaspat}} = -0,000997 + 0,869 = \mathbf{0,868003 \text{ g/cm}^3}$.

Din masuratori rezulta $\rho_{\text{ulei stocaj}} = 0,866 \text{ g/cm}^3$ deci o eroare de 0,002 g/cm^3 .

3.5.5. MASURAREA DEBITULUI CU ULTRASUNETE

La masurarea debitului cu ultrasunete se produce dupa cum este ilustrat in fig.3.53 un scurt impuls de sunet intr-un piezo cristal (S), care converge pe cristalul receptor (E) in aval cu viteza $c_1=c+v \cos\varphi$ si amonte cu $c_2=c-v \cos\varphi$ sub unghiul φ raportat la directia de curgere a lichidului

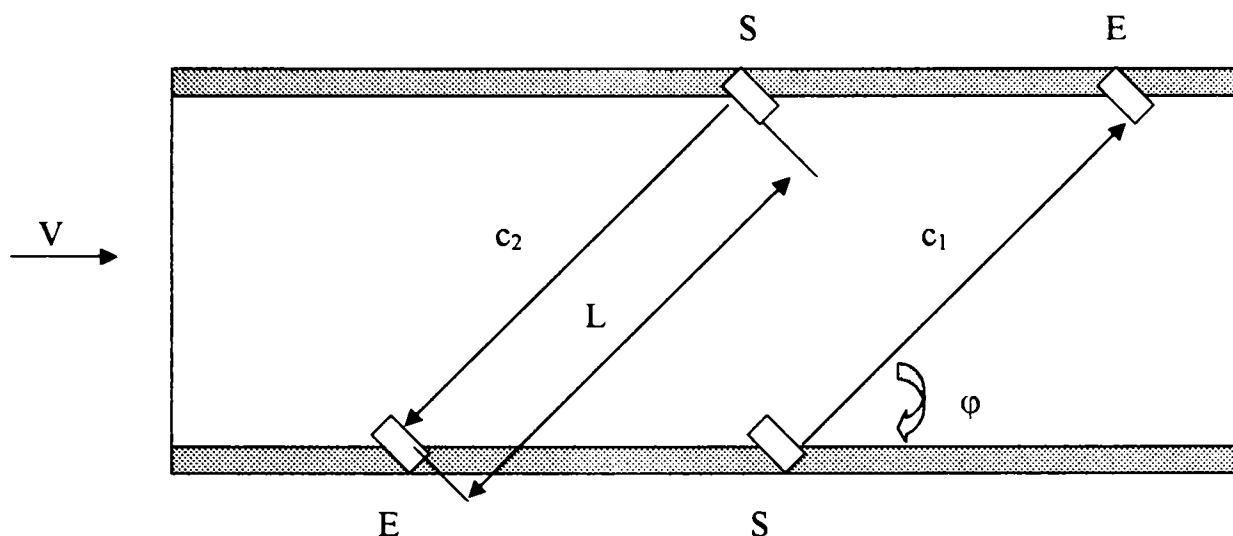


Fig.3.53 Montaj realizat pentru masurarea debitului intr-o conducta cu sectiune constanta

(unde "c" este viteza sunetului si "v" viteza medie de curgere a lichidului). Cei doi timpi de curgere t_1 si t_2 pe ambele portiuni ale lungimii L sunt :

$$t_1 = L / c_1 = L / (c+v \cos\varphi)$$

$$t_2 = L / c_2 = L / (c-v \cos\varphi)$$

Daca impulsul primit de cristalul receptor va fi retrimis fara intarziere dar amplificat din nou la emitor, rezulta frecventele de succesiune a impulsurilor f_1 si f_2 .

$$f_1 = 1 / t_1 = (c+v \cos\varphi) / L$$

$$f_2 = 1 / t_2 = (c-v \cos\varphi) / L$$

Deoarece viteza de curgere este mica fata de viteza sunetului c (in apa $c=1450\text{m/s}$) chiar mici schimbari conditionate de temperatura ale vitezei sunetului (in apa $3,5\text{ms/k}$) pot sa falsifice puternic rezultatul masurarii. De aceea se evalueaza diferenta celor doua frecvente de succesiune a impulsurilor.

$$f_1 - f_2 = (2 / L) \times v \cos\varphi$$

Care independent de viteza momentana a sunetului este proportionala cu viteza de curgere v si

prin aceasta si cu debitul volumic.

$$Q = A \times v \quad \text{unde } A\text{-sectiunea transversala a conductei}$$

La determinarea debitului masic (q) cu ajutorul debitului volumic(Q) sau cu ajutorul vitezei de curgere (v), trebuie sa fie cunoscuta (ρ) densitatea lichidului de masurare, care atunci cand se cunoaste modulul de compresiune k_0 se obtine cu viteza sunetului c din relatia :

$$\rho = K_0 / c^2$$

Viteza sunetului c , la randul ei, se obtine la metoda cu ultrasunete din suma celor doua frecvente de succesiune a impulsurilor.

$$f_1 + f_2 = 2 c / L$$

Debitul masic este in felul acesta :

$$q = \rho \times Q = (K_0 / c^2) \times A \times v = [2 K_0 A (f_1 - f_2)] / L \cos\varphi (f_1 + f_2)^2$$

Sunt prezentate urmatoarele date initiale pentru apa :

$r = 2,546 \text{ cm}$, aprox. 1 tol (2,54 cm) –raza conductei
 $\rho = 0,998 \text{ g/cm}^3$ -densitatea apei
 $L = 7,2 \text{ cm}$ – distanta parcursului sonor
 $\varphi = 45^\circ$ – unghiul format de parcursul sonor fata de axa conductei
 $c = 142.000 \text{ cm/s}$ – viteza ultrasunetelor
 $v = 277,78 \text{ cm/s}$ – viteza de curgere a lichidului prin conducta
 $\cos\varphi = 0,707$; $\sin\varphi = 0,707$; $\varphi = 0,785 \text{ rad}$

Calculul impulsului de sunet :

$$c_1 = c + v \cos\varphi = 147.746,42$$

$$c_2 = c - v \cos\varphi = 147.363,58$$

Calculul timpilor de curgere :

$$t_1 = L / c_1 = L / (c + v \cos\varphi) = 0,0000487288 \text{ s}$$

$$t_2 = L / c_2 = L / (c - v \cos\varphi) = 0,0000488587 \text{ s}$$

Calculul frecventelor de succesiune:

$$f_1 = 1 / t_1 = (c + v \cos\varphi) / L = 20.521,72 \text{ s}^{-1}$$

$$f_2 = 1 / t_2 = (c - v \cos\varphi) / L = 20.467,16 \text{ s}^{-1}$$

Calculul diferentei si sumei celor doua frecvente de succesiune:

$$f_1 - f_2 = (2 / L) \times v \cos\varphi = 54,5607 \text{ s}^{-1}$$

$$f_1 + f_2 = 2 c / L = 40.989 \text{ s}^{-1}$$

Calculul modulului de compresiune :

$$\rho = K_o / c^2 \Rightarrow K_o = 21,73 \times 10^9 \text{ g / s}^2 \text{ cm}$$

Calculul debitului volumic.

$$Q = A \times v = 5.654,87 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Calculul debitului masic :

$$q = \rho \times Q = 5.643,56 \text{ g/s sau } 5,6436 \text{ kg / s}$$

$$q = [2 K_o A (f_1 - f_2)] / L \cos\varphi (f_1 + f_2)^2 = 5.643,56 \text{ g / s}$$

Analog s-a calculat debitul masic si pentru celelalte lichide dupa cum urmeaza in tab.3.34

Tab.3.34 Variatia debitului masic in functie de densitatea fluidului

Lichid	Densitate la 20° C ρ [g / cm ³]	Debit volumic Q [cm ³ / s]	Debit masic q [g / s]	Debit masic q [Kg / s]
APA	0,998	5.654,87	5.643,56	5,64
AVI-8A	0,878	5.654,87	4.964,97	4,96
AVI-8	0,874	5.654,87	4.942,35	4,94
FH-51	0,872	5.654,87	4.931,04	4,93
PETROL	0,802	5.654,87	4.535,20	4,53

Modificandu-se viteza de curgere a fluidului (v) pentru apa, s-au observat urmatoarele schimbari prezentate in tab.3.35

tab.3.35 Variatia debitului masic in functie de viteza de curgere a apei prin conducta

Viteza de curgere V (km/h)	Viteza de curgere V (cm/s)	Debit volumic Q [cm ³ / s]	Debit masic q [g / s]	Debit masic q [Kg / s]
10	277,78	5.654,87	5.643,56	5,64
20	555,56	11.309,73	11.287,12	11,28
30	833,33	16.964,60	16.930,67	16,93
40	1.111,11	22.619,47	22.574,23	22,57
50	1.388,89	28.274,34	28.217,79	28,21

3.5.6. SISTEMATIZAREA SI PRELUCRAREA DATELOR

In urma testelor prezentate in subcapitolul "3.5.3. Prezentarea rezultatelor pentru fiecare experiment realizat" se pot trage concluzii pertinente despre propagarea ultrasunetelor in lichide. S-a studiat comportarea ultrasunetelor in apa ,si apa sarata, petrol de aviatie (kerosen) aditivat si neaditivat, lichid hidraulic de aviatie de tip FH-51, ulei de aviatie AVI-8A pentru motor turboreactor si ulei de stocaj de tip AVI-8. Aceste studii sunt valabile si pentru alte lichide similare cod NATO prezentate in Anexa nr.13 .

Folosindu-se trei aparate de emisie ultrasonora s-a dorit a se inlatura subiectivismul asupra rezultatelor obtinute din teste. Astfel se trag urmatoarele concluzii :

A. Pentru setul unu de teste

1. In ulei undele ultrasonore se atenuaza mult mai mult decat in apa. Undele ultrasonore se propaga mai bine in medii cu densitati mai mari. Rezulta ca in apa, undele ultrasonore se propaga de cinci ori mai bine decat in ulei.

2. Schimbandu-se frecventa palpatorului de la 4 MHz la 2 MHz, pentru realizarea aceleiasi oscilogramme , s-a marit amplitudinea de la 10 la 20 dB(vezi tab.3.19).

3. Cu ajutorul ultrasunetelor s-a reusit sa se delimiteze intr-un vas zona cu lichid si zona fara lichid precum si reflexia totala a ultrasunetelor cand intalnesc un mediu de separatie otel-aer (fig.3.19).

B. Pentru setul doi de teste

1. Cu aparatul DI-6 nu s-a reusit sa se sesizeze cu ajutorul oscilogrammei, influenta temperaturii asupra propagarii ultrasunetelor in lichide. Studiindu-se tab.3.36 se observa ca la apa exista o diferenta de densitate de $0,020 \text{ g/cm}^3$ de la temperatura de 20°C la 60°C . Cu ajutorul aparatului USD-10 (in subcapitolul "3.5.4. Calculul densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor") s-a demonstrat aceasta influenta asupra vitezei de propagare a ultrasunetelor.

Tab.3.36 Variatia densitatii lichidelor in functie de variatia temperaturii

Lichidul	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	50°C	60°C	Diferenta intre 20 si 60°C
APA	0,995	0,993	0,990	0,988	0,985	0,980	0,975	0,020
AVI-8A	0,871	0,868	0,864	0,861	0,858	0,851	0,844	0,027
AVI-8	0,874	0,871	0,867	0,864	0,861	0,854	0,847	0,027
FH-51	0,872	0,869	0,865	0,862	0,859	0,852	0,845	0,027
PETROL	0,802	0,798	0,794	0,791	0,787	0,779	0,771	0,031

2. S-a pus in evidenta legatura stransa intre nivelul de lichid din vas si distanta parcursului sonor.

3. La suprafata de separatie apar reflexii multiple ale semnalului ultrasonor, datorate undelor de suprafata (care apar odata cu agitarea apei in vas).

4. Pentru propagarea in ulei, fata de apa, este necesara o amplificarea a semnalului mult mai mare pentru a obtine aceeasi oscilograma. Cu cat scade densitatea lichidului cu atat trebuie sa se mareasca amplificarea semnalului ultrasonor.

5. Impulsul de reflexie secundar, din testul cu lichid hidraulic FH-51, a fost dublu fata de impulsul de reflexie din testul cu uleiul AVI-8A. Acest lucru se datoreste faptului ca densitatea lichidului hidraulic FH-51 ($\rho_{FH-51} = 0,872 \text{ g/cm}^3$) este mai mica decat densitatea uleiului de aviatie AVI-8A ($\rho_{AVI-8A} = 0,871 \text{ g/cm}^3$). Acest lucru este ilustrat si in fig.3.54.

Marime impuls de reflexie secundar

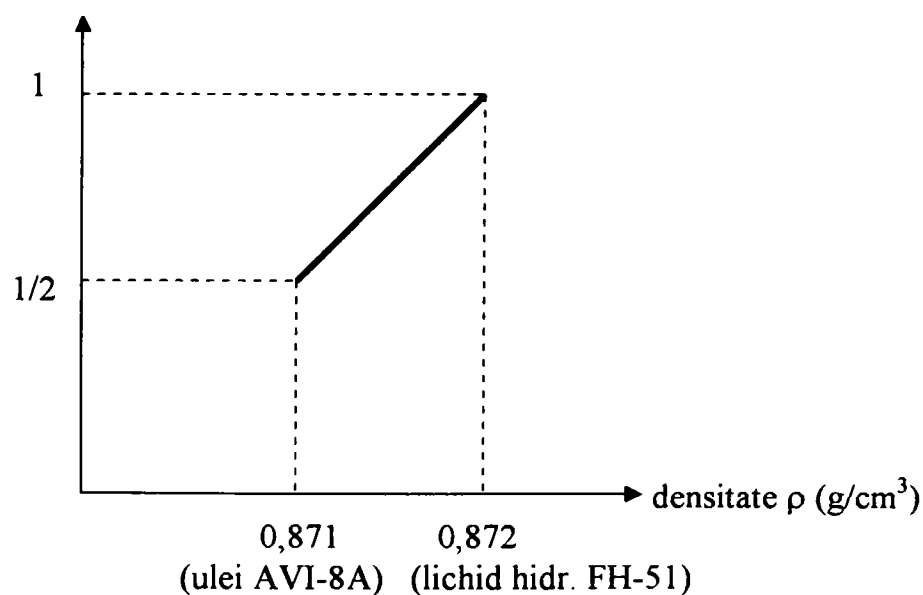


Fig. 3.54 Variatia semnalului reflectat in functie de de densitate

6. Cu aceleasi setari ale aparatului DI-6 din testul cu apa ($\rho_{APA} = 0,995 \text{ g/cm}^3$). Acest lucru este ilustrat si in fig.3.54., la testul cu ulei ($\rho_{T-90} = 0,872 \text{ g/cm}^3$) au fost necesare corectii de amplificare de la 40 dB la 88 dB. Acest lucru este ilustrat si in fig.3.55.

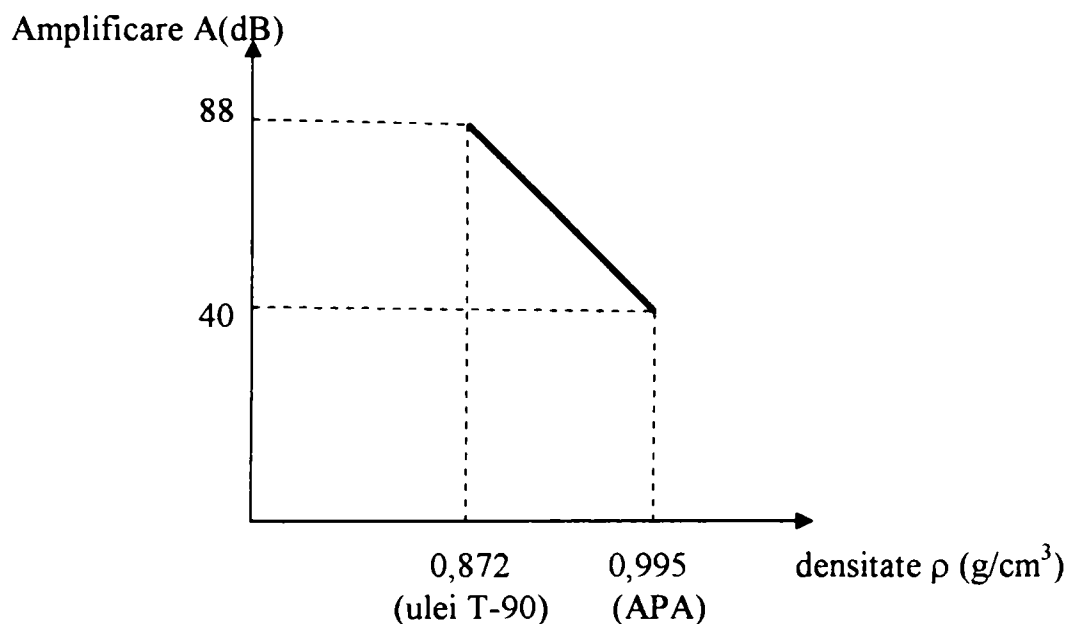


Fig. 3.55 Variatia amplificarii in functie de de densitate

7. S-au folosit aceleasi reglaje initiale (testul cu apa). Pentru testul cu petrol ($\rho_{PETROL} = 0,802 \text{ g/cm}^3$) a fost necesara o corectie de viteza ultrasonora de la 3,7 la 3,4 Km/s, iar pentru lichid hidraulic AMG-10 (similar cu FH-51 $\rho_{FH-51} = 0,872 \text{ g/cm}^3$) a fost necesara o corectie de la 3,7 la 3,5 Km/s, pentru realizarea aceleiasi oscilograme. Acest lucru este evidentiat in fig.3.56.

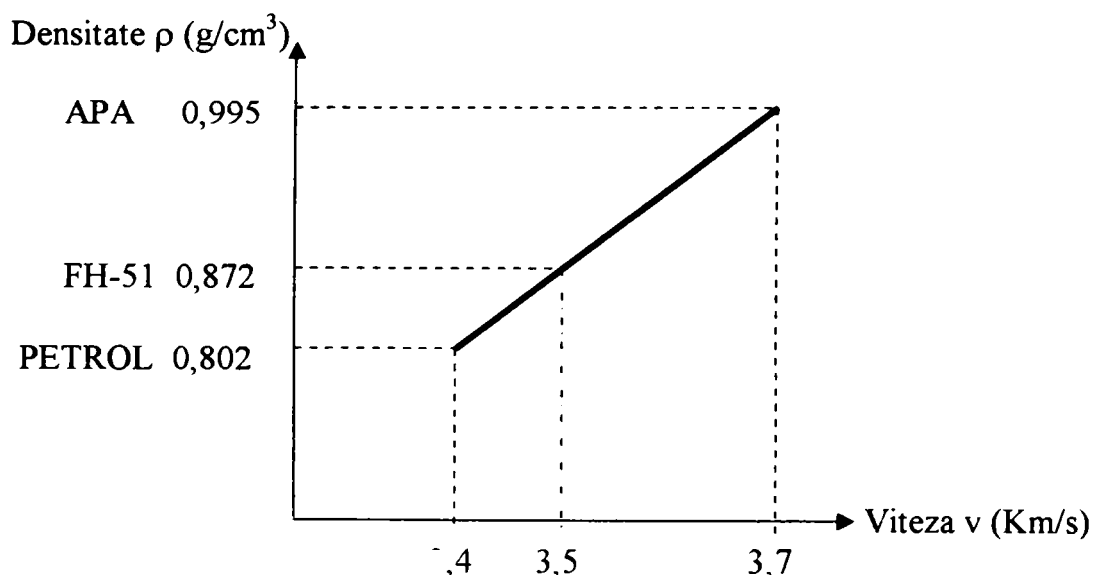


Fig. 3.55 Variatia densitatii lichidelor in functie de variatia vitezei ultrasunetelor (DI-6)

C. Pentru setul trei de teste

1. Odata cu schimbarea palpatorului pentru acelasi semnal pe osciloscop de la frecventa de 2MHz la 4 MHz se observa in cele 3 medii (apa,petrol,ulei) ca a trebuit sa marim semnalul ultrasonor si anume pentru:

- petrol de la 29 dB pentru frecventa de 2 MHz la 37 dB pentru frecventa de 4 MHz ;
- ulei de la 42,6 dB pentru frecventa de 2 MHz la 67 dB pentru frecventa de 4 MHz ;
- apa de la 24,9 dB pentru frecventa de 2 MHz la 29 dB pentru frecventa de 4 MHz ;

Aceste rezultate sunt grupate in tab.3.37 si materializate grafic in fig.3.56

Tab.3.37. Variatia amplificarii US in functie de frecventa palpatoarelor si densitatea diferite lichide

frecventa palpator (MHz)	2	4
amplificarea(dB)-PETROL (0,802 g/cm ³)	29	37
amplificarea(dB)-ULEI (0,871 g/cm ³)	42,6	67
amplificarea(dB)-APA (0,995 g/cm ³)	24,9	29

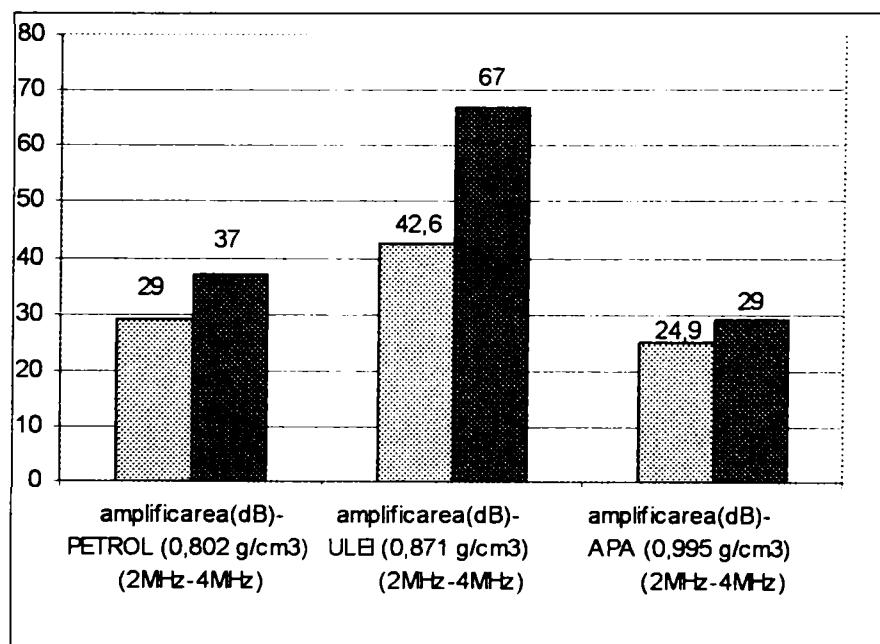


Fig.3.56 Variatia amplificarii US in functie de frecventa palpatoarelor si densitatea diferite lichide

2. In testul cu amestecuri de lichide :

a. 50% apa + 50% petrol , s-a observat ,dupa un timp de zece minute, separarea celor doua lichide prin aparitia semnalului de reflexie intermediar (fig.3.39), insotit de o micorare de

amplificare a celor doua semnale. Pentru a se realiza aceeași oscilograma, s-a marit amplificarea de la 35,7 dB la 40 dB.

b. 50% apa + 50% ulei SAE 20W50 s-a observat ca separarea celor doua lichide s-a facut mult mai lent decat in testul precedent, fiind necesare douazeci si patru de ore pentru aparitia semnalului de reflexie intermediar. La fel si aceste doua semnale au nevoie de o corectie de amplificare de la 46 dB la 52 dB pentru a se realiza aceeași oscilograma.

Concluzie : In ambele teste scaderea de amplificare este intre 4,3 dB si 6 dB. Timpul de separatie a celor doua lichide fiind diferit.

D. Pentru setul patru de teste

1. Nu s-au constat variatii ale oscilogramei in cazul propagarii ultrasunetelor in camp magnetic permanent.

2. In primele trei figuri (fig.3.46 a ,b si c) s-a scazut progresiv amplitudinea semnalului ultrasonor de la 67 dB la 61dB respectiv 55 dB realizandu-se reflexia la suprafata de separatie intre apa si OL (cu pastila). In fig.3.47 s-a scos pastila de OL si s-a lasat sa se stabilizeze graficul. Fara pastila din OL, la agitarea apei, semnalul apare cu intermitente, pana la linistirea suprafetei de separatie apa –aer. Se observa o scadere a amplificarii de la 55 dB in cazul cu pastila, la 25 dB fara pastila, precum si disparitia celorlalte impulsuri de reflexie (in dreapta cifrei 10). Explicatia consta in faptul ca exista (in cazul fig.3.47) o singura zona de reflexie (apa-aer). In celelalte trei cazuri (fig.3.46) se afla multiple zone de reflexie determinate de pastila din OL.

3. Pentru testele cu acelasi tip de lichid , modificandu-se densitatea se observa :

a. Pentru testul cu apa, la care se adauga 50g sare, lichidul ajunge la densitatea de

$\rho_{\text{APA SARATA}} = 1,025 \text{ g/cm}^3$. Ca urmare apare o modificare de viteza de propagare dupa cum rezulta in tab. 3.38 si fig.3.57.

Tab.3.38

Lichid	Densitate la 20° C ρ [g / cm ³]	Amplificare dB	Viteza de propagare (m/s)
APA	0,998	30,6	1474
APA SARATA	1,025	30,6	1605

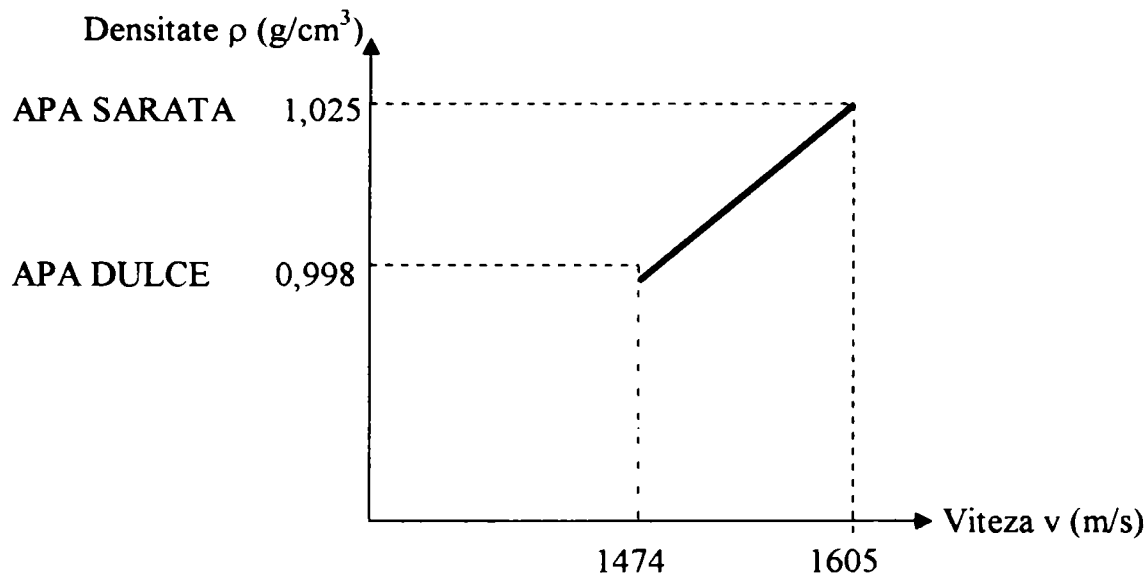


Fig.3.57 Variatia densitatii lichidelor in functie de variatia vitezei ultrasunetelor (USD-10)

b. Pentru testul cu ulei proaspăt, după un timp de 30 ore funcționare, lichidul ajunge la densitatea de $\rho_{\text{ULEI FOLOSIT}} = 0,873 \text{ g/cm}^3$. Ca urmare apare o modificare de viteză de propagare după cum rezulta în tab. 3.39 și fig.3.58.

Tab.3.39

Lichid	Densitate la 20° C ρ [g / cm ³]	Amplificare dB	Viteza de propagare (m/s)
ULEI PROASPAT	0,869	30,6	1393
ULEI FOLOSIT	0,873	30,6	1399

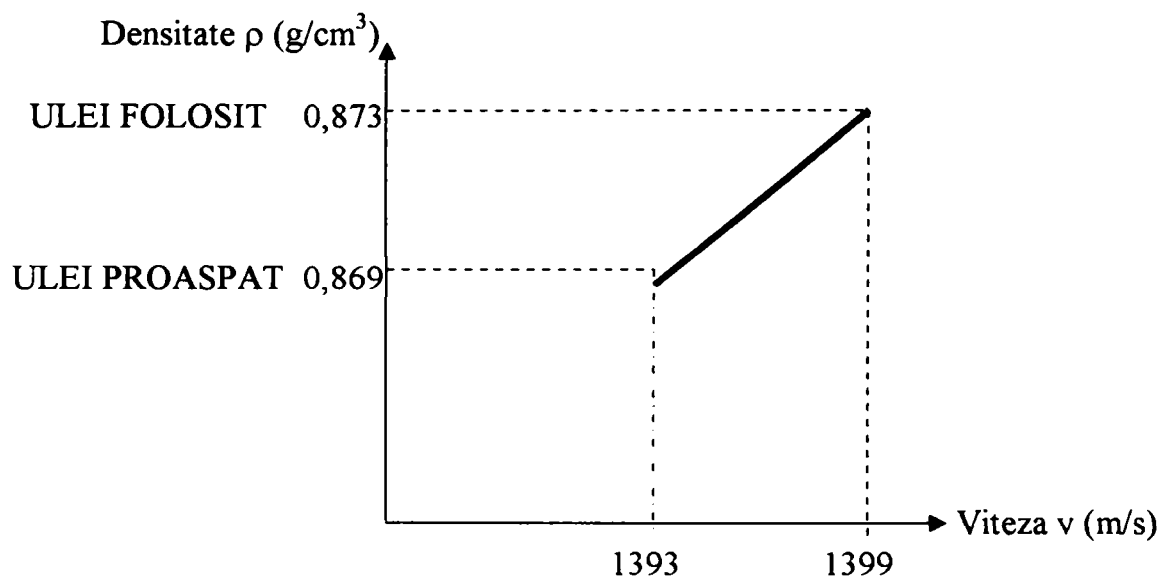


Fig.3.58 Variatia densitatii lichidelor in functie de variatia vitezei ultrasunetelor (USD-10)

E. Pentru calculul densitatii cu ajutorul ultrasunetelor

1. In fig.3.59 si tab.3.40 este prezentata variatia densitatii apei in functie de variatia temperaturii .

Tab.3.40 Variatia densitatii apei in functie de variatia temperaturii

	1	2	3	4	5
temperatura	20	30	40	50	60
densitatea	0,995	0,990	0,985	0,980	0,975

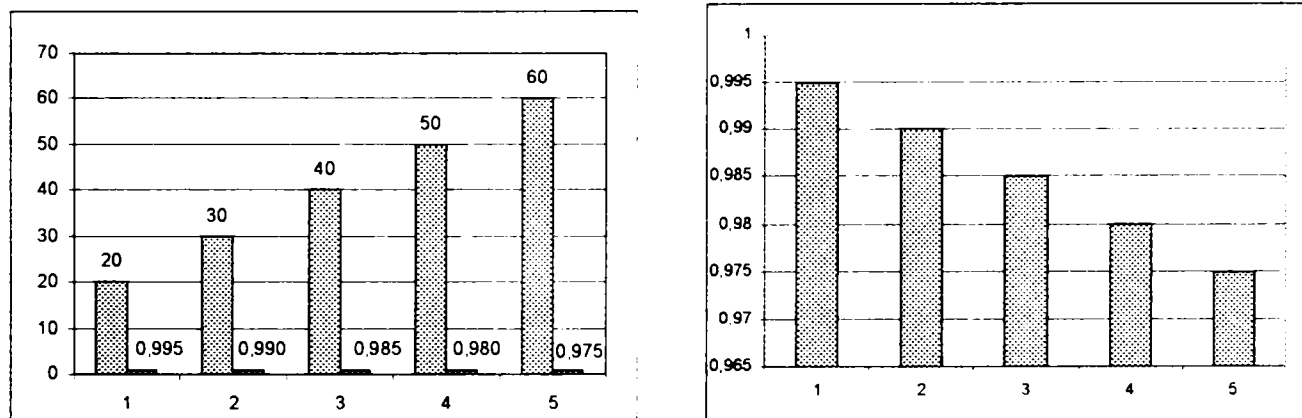


Fig.3.59 Variatia densitatii apei in functie de variatia temperaturii

2. Numai in cazul apa sarate –apa dulce am avut o eroare de calcul $0,01 \text{ g/cm}^3$. In celelalte trei cazuri, eroarea de calcul a densitatii cu ajutorul ultrasunetelor a fost intre $0,001$ si $0,002 \text{ g/cm}^3$.

3. Prin metoda cu ultrasunete, la o diferenta de densitate intre lichide de $0,001 \text{ g/cm}^3$ este o diferenta de viteza de propagare ultrasonica de $3,26 \text{ m/s}$.

Sintetizand datele din tab.3.33 a rezultat tab.3.41 si graficul din fig.3.60, unde densitatea creste odata cu viteza de propagare a ultrasunetelor in acel mediu.

Tab.3.41 Variatia vitezei de propagare a ultrasunetelor in functie de densitatea lichidului

	FH-51	AVI-8 (stocaj)	AVI-8A proaspat	AVI-8A folosit	Apa	Apa sarata
	1	2	3	4	5	6
densitatea(g/cm^3) la 32°C	0,864	0,866	0,869	0,873	0,989	1,018
viteza US (m/s)	1359	1373,75	1377	1393	1475,6	1603,14

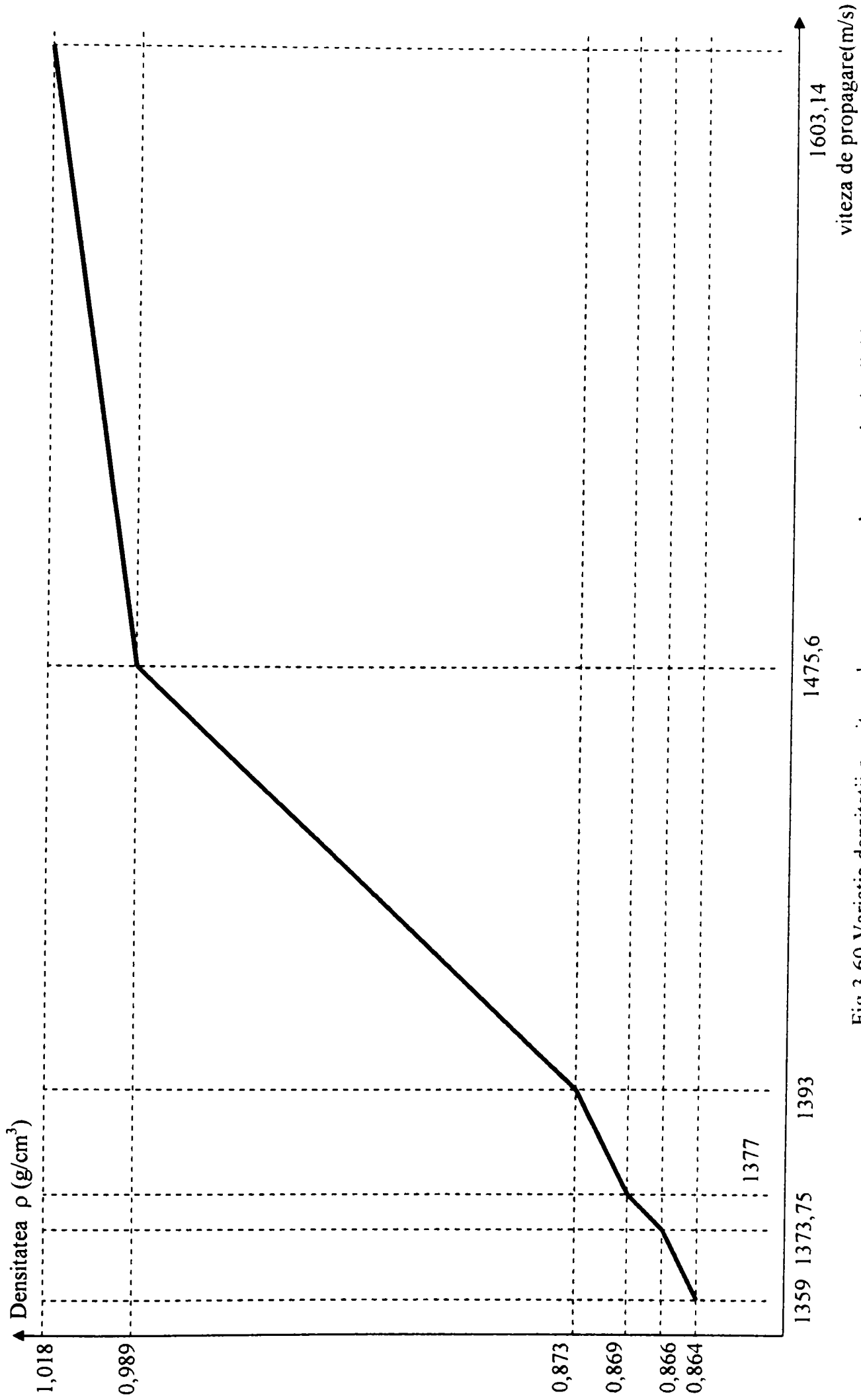


Fig.3.60 Variatia densitatii cu viteza de propagare a ultrasunetelor in lichide

Un alt mod de prezentare al variatia densitatii cu viteza de propagare a ultrasunetelor in lichide este si in fig.3.61 a,b c

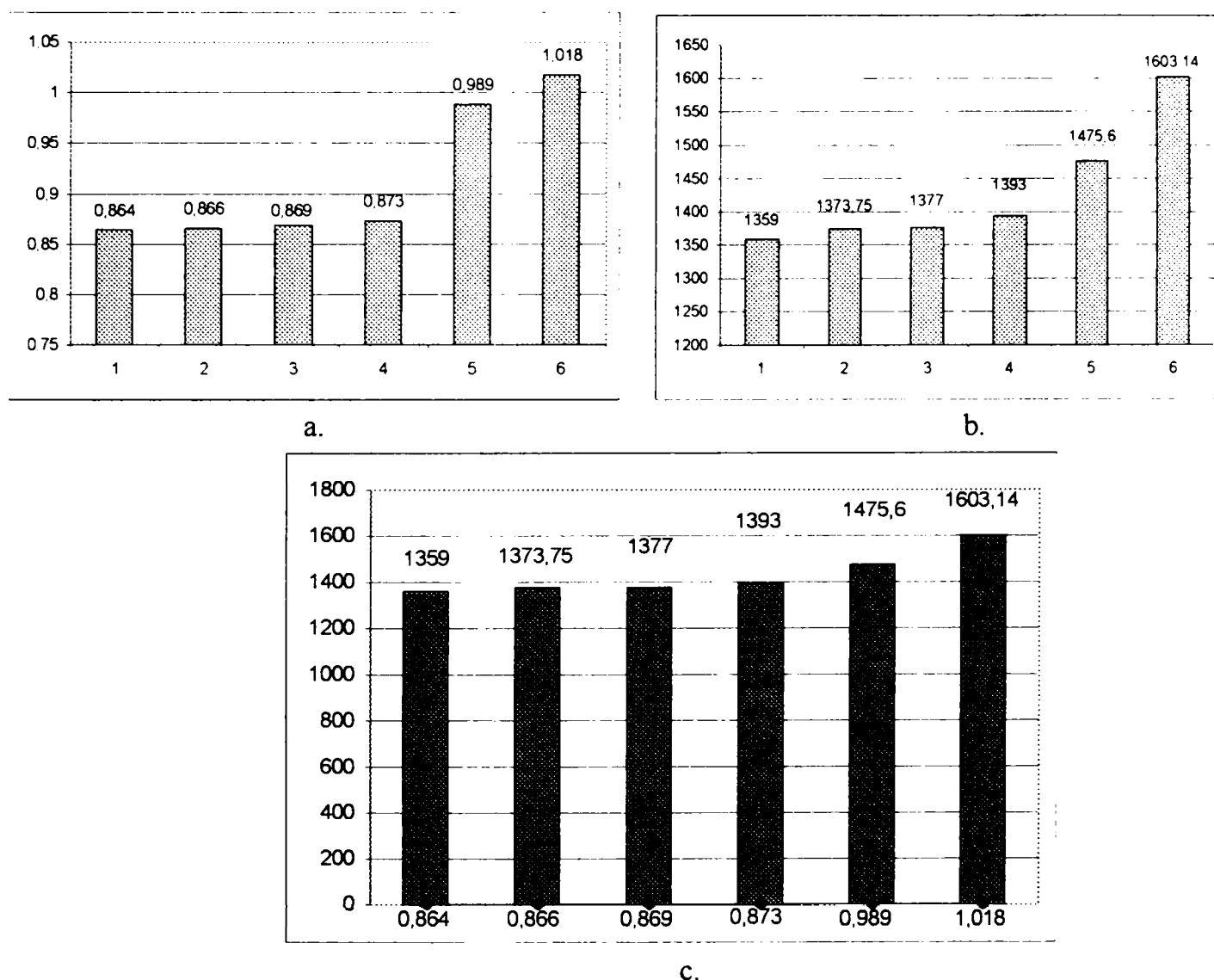


Fig.3.61 Variatia densitatii cu viteza de propagare a ultrasunetelor in lichide
 a.variatia densitatii ;
 b variatia vitezei ultrasonore ;
 c.variatia vitezei ultrasonore in functie de variatia densitatii.

F. Pentru masurarea debitului cu ajutorul ultrasunetelor

In urma calculelor vitezelor ultrasunetelor in aval si in amonte c_1 si c_2 , a timpilor de scurgere t_1 si

t_2 , a frecventelor de succesiune a impulsurilor f_1 si f_2 s-a calculat debitul masic q pentru lichidele studiate,

avand urmatoarele densitati prezentate in tab.3.42 si ilustrate sugestiv in fig.3.62

Tab.3.42 Variatia debitului masic in functie de densitatea fluidului

densitatea (g/cm^3)	0,802	0,872	0,874	0,878	0,998
debitul masic q (kg/s)	4,5352	4,93104	4,94235	4,96497	5,64356

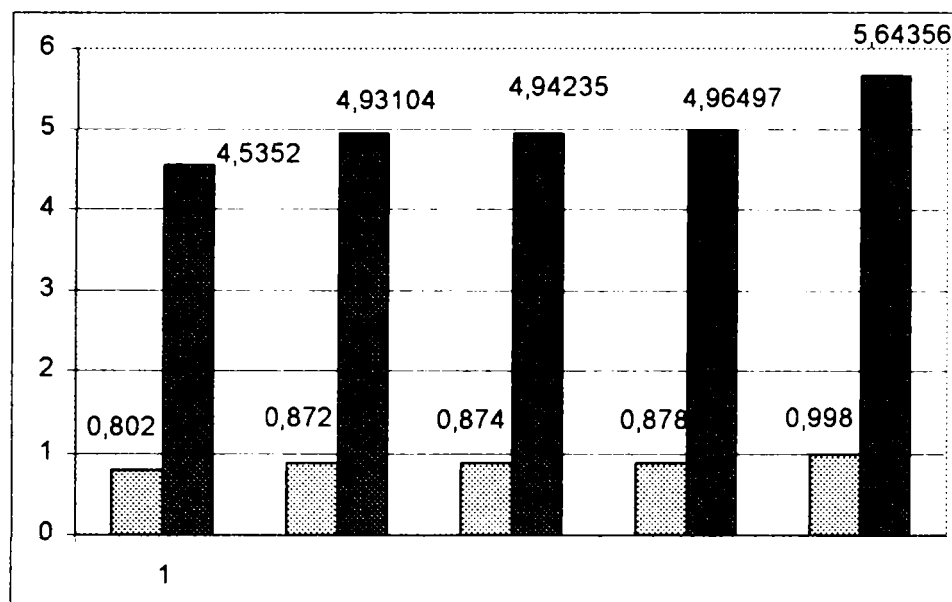


Fig 3.62 Variatia debitului masic in functie de densitatea lichidului

In tab.3.43 si fig.3.63 se prezinta variatia debitului masic in functie de variatia vitezei de curgere a apei prin conducta.

Tab.3.43 Variatia debitului masic functie de viteza de curgere a apei prin conducta

viteza apa v (km/h)	10	20	30	40	50
debitul masic q (kg/s)	5,64	11,28	16,93	22,57	28,21

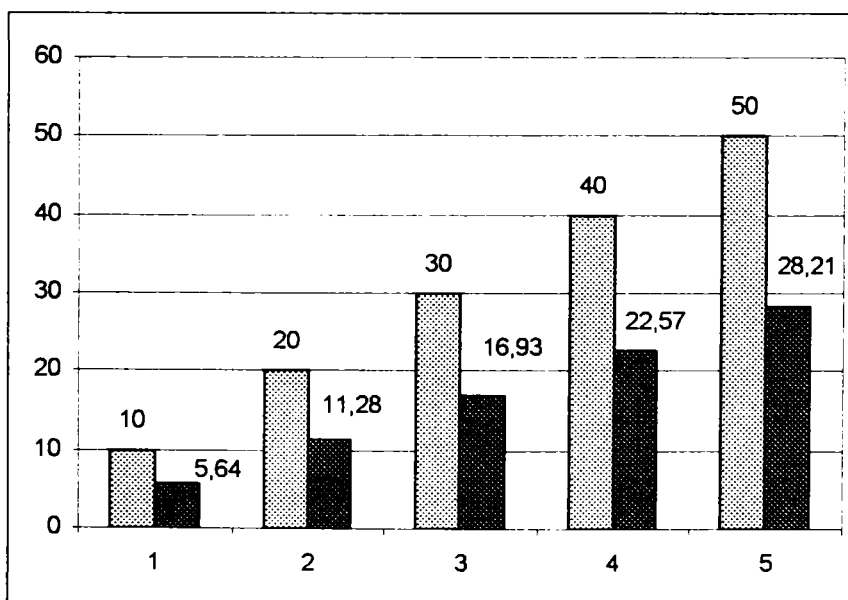


Fig.3.63 Variatia debitului masic in functie de variatia vitezei de curgere a apei

3.6. CONCLUZII

1. CALCULUL IMPEDANTEI ACUSTICE

S-a calculat impedanta acustica (3.45) pentru mediile folosite in cele patru seturi de teste pentru apa , aer si otel (vezi tab.3.7. si 3.9). Impedanta acustica a fost utilizata in calculul coeficientului de reflexie si de refractie (vezi tab.3.8) a mediilor studiate in cap. "3.4.4.2 Studiul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala prin trei medii diferite ".

2. STUDIUL PROPAGARII UNDELOR ULTRASONICE CU INCIDENTA NORMALA PRIN TREI MEDII, FORMATE DIN SUCCESIUNILE APA-ALUMINIU-APA, APA-OTEL-APA SI APA-WOLFRAM-APA

Realizandu-se montajul din fig.3.7."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-aluminiu-apa " s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 77% din semnalul de emisie. La fel realizandu-se montajul din fig.3.8."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-otel-apa " s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 89,03 % din semnalul de emisie. De asemenea realizandu-se montajul din fig.3.9."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-wolfram-apa "s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 94,42 % din semnalul de emisie, realizandu-se astfel cea mai buna propagare a ultrasunetelor din cele trei cazuri.

3. CALCULUL CORECTIILOR TERMICE ALE DENSITATII RELATIVE LA PRODUSELE PETROLIERE SI MEDIILE LICHIDE FOLOSITE IN TESTE

Acest calcul este foarte util, deoarece nedispunandu-se de termodensimetru, s-a putut determina densitatea lichidelor la care s-au facut masuratori, luind ca baza, densitatea indicata in buletinele de analiza (vezi Anexele nr.9 si 10). Astfel s-a ajuns la cunoasterea densitatii tuturor lichidelor la temperatura de 22,5°C (vezi tab.3.12 si tab.3.36). Aceasta densitate este foarte importanta atat la calculul impedantei acustice a mediului de propagare precum si la coeficientii de reflexie si refractie. De altfel se poate observa in fig.3.55 si fig.3.58 importanta acestui parametru in ceea ce priveste viteza de propagare a ultrasunetelor. In concluzie odata cu scaderea densitatii lichidelor scade si viteza de propagare a ultrasunetelor.

4. CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND CONDITIILE DE REFLEXIE SI REFRACTIE A ULTRASUNETELOR LA INTERFATA DINTRE DIFERITE MEDII

S-au prezentat rezultatele experimentale obtinute cu trei aparate diferite si patru seturi de teste folosindu-se ca medii de lucru : apa, ulei T-90, ulei de aviatie AVI-8A, petrol de aviatie, lichid hidraulic de aviatie de tip FH-51. Factorii variabili au fost : forma vasului, frecventa palpatorului, temperatura lichidului, distanta parcursului sonor, vibratii suplimentare in recipient, viteza ultrasunetelor, amplificarea semnalului ultrasonor, campul magnetic, gradul de salinitate al apei precum si uzura uleiului.

Din teste s-au desprins urmatoarele concluzii :

- odata cu marirea frecventei palpatoarelor de la 2 MHz la 4 MHz s-a marit si amplitudinea semnalului ultrasonor de la 10 la 20 dB ;
- in apa, undele ultrasonore s-au propagat de cinci ori mai bine decat in ulei ;
- s-a delimitat zona cu si fara lichid, folosind palpatorul in exteriorul recipientului experimental ;
- influenta temperaturii asupra propagarii ultrasunetelor este scoasa in evidenta ma bine la aparatul USD-10 fata de DI-6 ;
- s-a pus in evidenta legatura stransa dintre nivelul de lichid din vas si distanta parcursa de undele ultrasonore ;
- cu cat scade densitatea lichidului cu atat trebuie sa se mareasca amplificarea semnalului ultrasonor. In tab.3.36 se prezinta scaderea densitatii lichidelor studiate ;
- impulsul de reflexie secundar creste odata cu cresterea densitatii (vezi fig.3.54) ;
- cu cat creste densitatea lichidului cu atat creste si viteza de propagare a ultrasunetelor (fig.3.55). In cazul apei s-a observat cea mai mare viteza ultrasonora 3,7 Km/s ;
- s-a pus in evidenta sensibilitatea undelor ultrasonice de a depista amestecuri de lichide apa-petrol si apa-ulei in proportie de 50% fiecare. Acest lucru este deosebit de util in urmarirea fiabilitatii motoarelor, depistandu-se la timp schimbarea in densitate a uleiurilor folosite ;
- nu s-au constatat variatii ale propagarii ultrasunetelor in camp magnetic permanent ;
- s-au depistat diferente de viteza de propagare a ultrasunetelor la lichide apropiate ca densitate (apa-apa sarata si ulei proaspat- ulei folosit). Aceasta concluzie este deosebit de utila in ceea ce priveste fiabilitatea motoarelor in general si a uleiurilor folosite de catre acestea in special (fig.3.57 si fig.3.58 cat si tab.3.38 si tab.3.39) ;
- s-au depistat reflexii multiple ale semnalului ultrasonor odata cu agitarea apei in vas, rezultat al aparitiei undelor de suprafata. Aceasta concluzie a dus practic la realizarea "Traductorului ultrasonic de vibratie" tratat in cap.4 "Cercetarea conditiilor de propagare a ultrasunetelor in medii lichide vibrante".

5. REALIZAREA UNEI NOI METODE DE AFLARE A DENSITATII UNUI LICHID

Cunoscandu-se viteza de propagare ultrasonora s-a conceput o noua metoda de calcul a densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor cu o eroare cuprinsa intre $0,01 \text{ g / cm}^3$ si $0,001 \text{ g / cm}^3$. Pe de alta parte s-a demonstrat legatura dintre densitatea lichidelor si viteza de propagare a ultrasunetelor (la o diferenta de densitate intre lichide de $0,001 \text{ g / cm}^3$ corespunde o diferenta de viteza de propagare ultrasonica de $3,26 \text{ m/s}$ –fig.3.60).

6. FOLOSINDU-SE FENOMENUL DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR PRIN LICHIDE S-A PUTUT CALCULA DEBITUL MASIC SI VOLUMIC IN CAZUL CURGERILOR PRIN CONDUCTE

In acest scop s-a conceput montajul din fig.3.53 in care, pe o portiune de conducta s-au montat patru palpatoare piezoelectrice doua de emisie si doua de receptie, la distante egale (L) unele fata de altele, inclinate cu unghiul de $\alpha = 45^\circ$. Utilizandu-se viteza de propagare a ultrasunetelor (c_1 si c_2) avand ca mediul de propagare lichidul care curge prin conducta cu viteza (v) s-a calculat debitul masic si volumic. In tab.3.42 si tab.3.43 si fig.3.62 si fig.3.63 se prezinta variatia debitului masic in functie de densitatea fluidului sau viteza de curgere a apei prin conducta .Astfel se trage concluzia ca odata cu cresterea densitatii lichidului sau vitezei de curgere a lichidului creste si debitul masic.

3.6.ANEXE

BULETIN DE ANALIZĂ

Nr. 32 din 04.02.2003.

Car. combustibil pentru reacție TIP TH STAS 5639/83 Reper Receptorale: 1; 2 (aditiv)
 Probă trimisă la analiză de U.M. 01981 cu nr. 11 din 24.01.2003.
 Înregistrată la nr. _____ din 27.01.2003.

CARACTERISTICI	Impuse	VALORI				Metoda de analiză
		Căpătate		Căpătate		
		Rez 1	Rez 2 (ad)			
Densitate la 20°C g/cm³	max 0,875 min 0,115	0,802	0,805			35/81
Punct lațim de fierbere °C	max 201	162	167			35/81
Temper. dist. min la °C	max 221	177	176			
Temper. dist. max la °C	max 232	197	200			
Temper. dist. med. la °C	max 235	222	235			
Temper. dist. min. la °C	max 233	214	258			
Temper. dist. max. la °C	max 15	15	15			
Temper. dist. min. la °C	max 15	-	-			117/887
Temper. dist. max. la °C	max 20	-	-			75/1766
Temper. dist. min. la °C	max 0,1	0,0021	0,0035			5639/83
Temper. fus. de cristalizare °C	max 53	-53°	-53°			5339/87
Temper. de inflamabilitate °C	min 30	56°	56°			5188/80
Temper. de inflamabilitate °C	max 5	5	5			7508/66
Temper. de inflamabilitate °C	max 20	3,5	9			7508/66
Conținut acru ml/100 ml	max 6	1,6	1,6			49/70
Conținut acru ml/100 ml	max 14	-	-			31/170
Conținut acru ml/100 ml	max 0,1	0,01	0,019			119/76
Conținut acru pe lama de Cu	negativ	negativ	negativ			40/73
Conținut acru pe lama de Ag	max 1	10	6			8943/80
Hidrogen sulfurat	lipsă	-	-			7580/66
Gră. mercaptanic %	max 0,001	-	-			8042/83
Aciditate min. și alcalinitate	lipsă	lipsă	lipsă			22/64
Căldura de ardere inf. Kcal/Kg	min 10250	-	-			8887/71
Periștia cu apa asp. interfață	max 16	-	-			9002/87
Acid și imunități mecanice	lipsă	lipsă	lipsă			5639/88
Acid test	negativ	negativ	negativ			
Stabilit. termică — dep. pe tub	max 3	max 0,15	0,15			
Preincalzitor Conf. unit Nycorol — cădere de pres. mm Hg	max 96	-	-			9053/71
Indice peroxizi actual m Echiv/i	max 1	-	-			5639/88
Indice peroxizi potent. m Echiv/i	max 1	-	-			5639/88

CONCLUZII: Valorile obținute la parametri analizați se încadrează în limitele impuse de uzură.

Buletinul de analiză este valabil până la data de: 04.05.2003.

ȘEFUL U.M. 02588 - Laborator,

INTOCMIT

imp. Manol

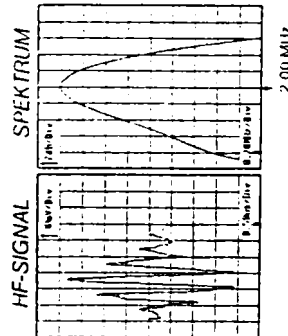
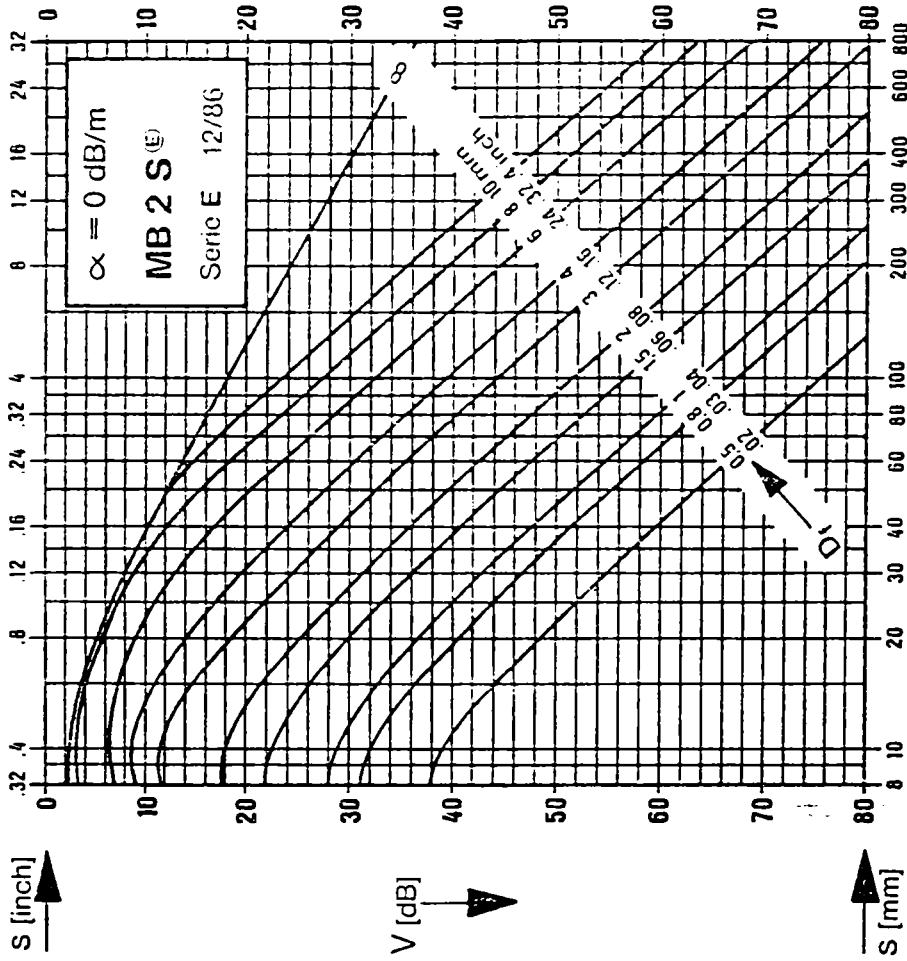
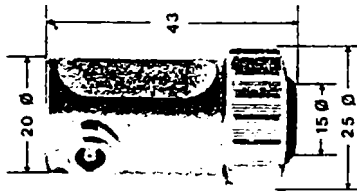
M. Manolescu

ANEXA NR.10

Krautkrämer



Serie E



DAIENBLATT MB 2 S^(E) USD 10
 DATA SHEET MB 2 S^(E) + MPKL 2 + USL32(31,4) USIP 12 (11)
 FICHE TECHNIQUE *MB 2 S^(E) + MPKL 2 + USK 7 (8) USL32(31,4) USK 7 (8)
 USM 3 (S) USM 3 (S)

l_0	$2,0 \pm 0,1$	MHz	s_0	18	mm
B ₆	35 ± 10	%	s_{20}	29	mm
N	$8,0 \pm 1$	mm	s_{40}	80	mm
FB ₆	$1,25 \pm 0,1$	mm	l_0	13	mm
D ₀	$10 - 0,1$	mm	l_{20}	24	mm
D _{eff}	$9,7 \pm 0,2$	mm	l_{40}	56	mm
β	$0 \pm 0,8$	Grad	e_0	7	mm
Z	0,6	mm	e_{20}	21	mm
γ_0	$9,0 \pm 1,1$	Grad	f_0	4	mm
M	0,03	mm/km	f_{20}	14	mm
M_L	0,5	mm			
ρ	100	N			
T_h	$-20 \dots + 60$	°C			
$T_{5, soc}$	120	°C			
V_f	88 ± 6	dB			

s. l. e. r. Toleranz/
tolerance 50%

B. G. -- Bandbreite/bandwidth/largeur de bande (-6 dB)

Bestell-Nr. 57743 -
*57975 -
Zähl-Nr. *12/86*
KRAUTKRÄMER GMBH & CO.
Robert Bosch Str. 3 5030 Hürth 5 (Liferen)
Telefon (02233) 601-0 - Telex 8881643 echo d
Durchwahl Service-Center 601-111

Ausgabe Dezember 1986
Edition December 1986
Édition Décembre 1986

Anderungen vorbehalten;
Modifications reserved;
Modifications réservées;

Printed in W. Germany

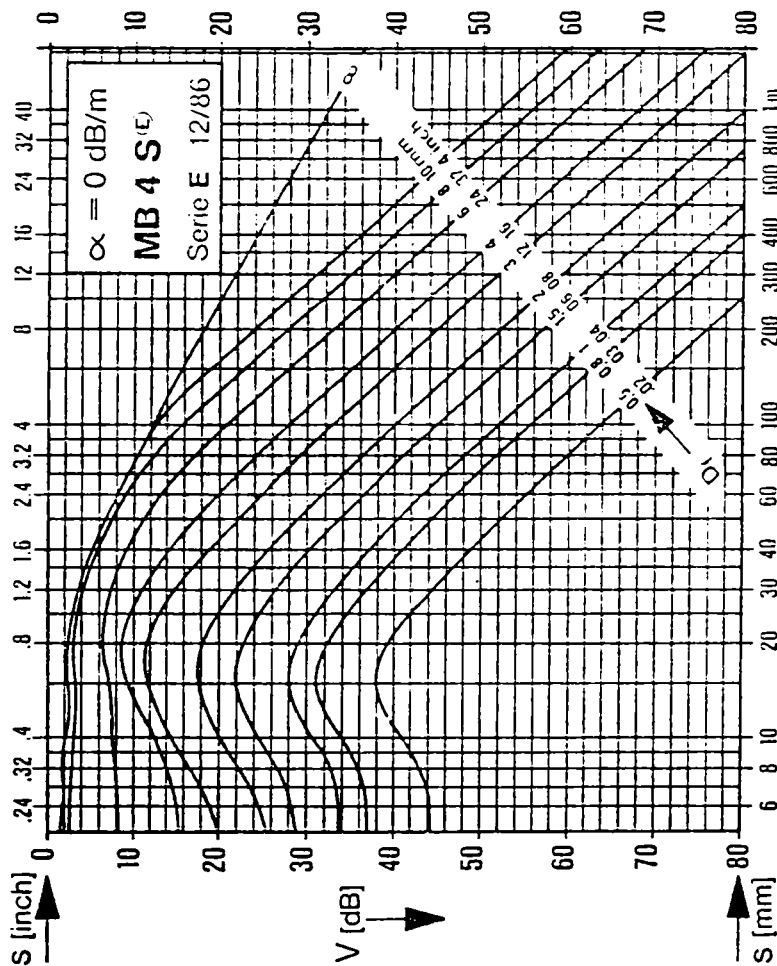
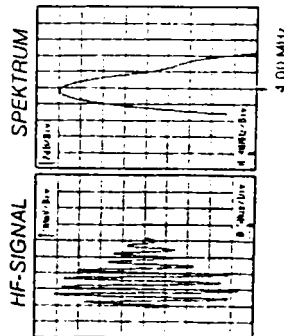
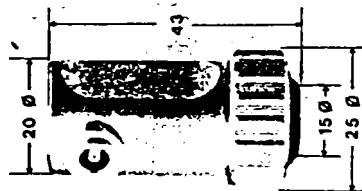
Id.-Nr. 20859-6.310

4/91 II.



Krautkrämer

Serie E



DATENBLATT **MB 4 S (E)** USD 10
 DATA SHEET **MB 4 S (E)** USIP 12 (11)
 FICHE TECHNIQUE ***MB 4 S (E)** + MPKL 2 + USL 32 (J1, 48)
 USK 7 (6)
 USM 3 (S)

f_0	4,0 J _r -0,2	kHz	s_0	10	mm
B_0	25 ± 10	%	s_{20}	16	mm
N	15,6 ± 1,6	mm	e_{40}	30	mm
FB ₆	1,25 ± 0,1	mm	l_0	15	mm
D ₀	10 - 0,1	mm	l_{20}	12	mm
D _{eff}	9,6 ± 0,2	mm	l_{40}	18	mm
β	0 + 0,8	Grad	e_0	5	mm
Z	0,6	mm	e_{20}	10	mm
Y ₆	4,5 ± 0,5	Grad	e_{40}	24	mm
M	0,03	mm/km	f_0	3	mm
M _z	0,5	mm	f_{20}	5	mm
ν	100	N	f_{40}	10	mm
T _n	-20... + 60	°C			
T _{5 sec}	120	°C			
V _i	84 ± 6	dB			

s. l. e. r.: Toleranz/
tolerance 50%

B₀ = Bandbreite/bandwidth/largeur de bande (-6 dB)

Bestell-Nr.
57749 -
***57976 -**

Zahl-Nr.

Ausgabe Dezember 1986
Edition December 1986
Édition Décembre 1986

W. Krautkrämer
KRAUTKRÄMER GMBH & CO.
Robert-Bosch-Str. 3 5030 Hürth 5 (Eifelren)
Telefon (02233) 6 01-0 Telefax 8881643 echou
Durchwahl Service-Center 6 01-111

Anderungen vorbehalten:
Modifications reserved:
Modifications réservées:

Printed in W. Germany

28860-6-310

S-91 FK

ANEXA NR.13

A.ULEIURI MINERALE DE LUCRU SI STOCARE PENTRU MOTOARE DE AVIATIE CARE SE POT AMESTECA –COD NATO

Tipul uleiului de baza	Tipul uleiului similar admis pentru utilizare		Specificatii impuse uleiurilor similare admise pentru utilizare	Domeniul de utilizare pentru uleiuri similare
	Firma (tara) producatoare	Denumirea		
MK-8P GOST 6457-66	ROMANIA	AVI-8A	STAS 12621-88	ULEIURI MINERALE DE LUCRU PENTRU MOTOARE DE AVIATIE CU TURBINA
	SHELL	TURBINE OIL 3P sau FLUID	GOST 6457-66	
	CASTROL	AERO GT-85		
	NYCO	TURBOYCOIL 282 Gr.8P sau TURBONYCOIL 321		
MK8 GOST 6457-66	ROMANIA	AVI-8	STAS 12621-88	ULEIURI MINERALE PENTRU STOCAREA MOTOARELOR DE AVIATIE CU TURBINA
	SHELL	TURBINE OIL 3	FRANTA: AIR-3515B ANGLIA: DERD-2490 COD NATO: 0-135	
	MOBIL	AVREX M TURBO 201/1010	SUA : MIL-L-6081 C COD NATO : 0-133	
	CASTROL	AERO GT-11	ANGLIA : DERD-2490 COD NATO : 0-135	
	NYCO	TURBONYCOIL 282 Gr.8	GOST 6457-66	

B.LICHIDE HIDRAULICE MINERALE PENTRU SISTEMELE HIDRAULICE ALE AERONAVELOR CARE SE POT AMESTECA-COD NATO

Tipul lichidului hidraulic de baza	Tipul lichidului hidraulic similar admis pentru utilizare		Specificatii carora trebuie sa le corespunda lichidele hidraulice similare admise pentru utilizare	Domeniul de utilizare
	Firma	Denumirea		
AMG-10	SHELL	FLUID 41 sau ROYCO MICRONIC – 756 D	SUA : MIL-L-5606 E FRANTA: AIR-3520 H-515 ANGLIA: DEF STAN 91-48 Grad superclean COD NATO : H-515	LICHID HIDRAULIC MINERAL SUPERCURAT PENTRU SISTEMELE AERONAVELOR
	CASTROL	AERO 585 B sau BRAYCO MICRONIC 756		
	MOBIL	BRAYCO MICRONIC 757		
	NYCO	AERO HFE		
GOST 6794-75		HIDRAUNYCOIL FH-51	GOST 6794-75	

CAPITOLUL 4. CERCETAREA CONDITIILOR DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR IN MEDII LICHIDE VIBRATE

4.1.VIBRATII

4.1.1.COMPUNEREA VIBRATIILOR DE-A LUNGUL ACELEIASI DIRECTII

Sub actiunea unor forte, un punct material poate fi supus simultan la doua sau mai multe vibratii pe o aceeaasi directie sau pe directii diferite .Acest punct material va avea o miscare rezultanta, care depinde si de raportul frecventelor.

Compunerea a doua vibratii cu frecvente egale

Se considera un punct material care este supus in acelasi timp la doua forte care imprima vibratii armonice avand aceeaasi frecventa.Ecuatia miscarii armonice a primei forte F1 este

$$x_1 = X_1 \cos (\omega t + \varphi_1) \quad (4.1)$$

si a celei de-a doua forte

$$x_2 = X_2 \cos (\omega t + \varphi_2) \quad (4.2)$$

Elongatia rezultanta este

$$x = x_1 + x_2 = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + 2X_1 X_2 \cos (\varphi_2 - \varphi_1)} \quad (4.3)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_1 \sin \varphi_1 + X_2 \sin \varphi_2}{X_1 \cos \varphi_1 + X_2 \cos \varphi_2} \quad (4.4)$$

$\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1)$ se numeste diferenta de faza

Cand : $\Delta\varphi = 2 n \pi$ - sunt valori maxime ale amplitudinii vibratiei rezultante

$\Delta\varphi = (2 n + 1) \pi$ - sunt valori minime ale amplitudinii vibratiei rezultante

Pentru "n" vibratii care supun punctul material se aplica formula

$$x = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i \cos \varphi_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n x_i \sin \varphi_i\right)^2} \quad (4.5)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sin \varphi_i}{\sum_{i=1}^n X_i \cos \varphi_i} \quad (4.6)$$

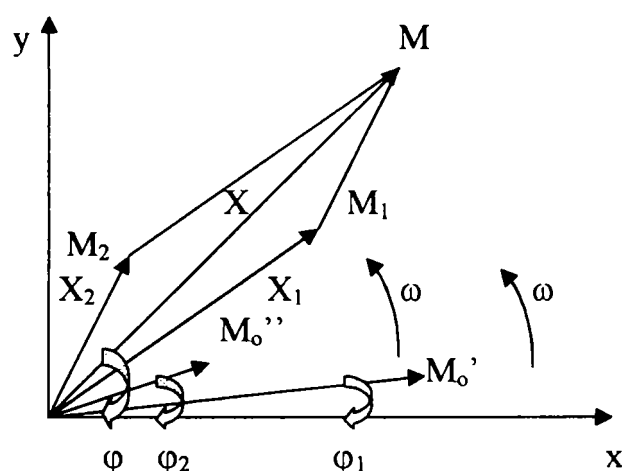


Fig.4.1 Reprezentarea grafica pentru doua vibratii armonice care se propaga pe aceeasi directie cu frecvente egale

Deoarece vectorii $\overline{OM1}$ si $\overline{OM2}$ se rotesc cu aceeasi viteza unghiulara ω se obtine vectorul rezular \overline{OM} avand ecuati

$$x = x_1 + x_2 = X \cos(\omega t + \varphi) \quad (4.7)$$

Compunerea a doua vibratii cu frecvente inegale

Pe baza acelorasi considerente trebuie sa se indeplineasca relatiile :

$$x_1 = X_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \quad (4.8)$$

$$x_2 = X_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \quad (4.9)$$

$$x = x_1 + x_2 = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + 2X_1 X_2 \cos[(\omega_2 - \omega_1)t + (\varphi_2 - \varphi_1)]} \quad (4.10)$$

Pentru ca vectorul rezular sa revina in aceeasi pozitie si sa aiba aceeasi marime (miscare periodica)

trebuie ca $f_1/f_2 = n$, unde n este nr. intreg. Daca miscarea este periodica ea nu mai este niciodata armonica.

Compunerea a doua sau mai multe vibratii cu frecvente apropiate

Fie doua vibratii armonice avand ecuatiile

$$x_1 = X_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \quad (4.11)$$

$$x_2 = X_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \quad (4.12)$$

astfel incat frecventele lor sa fie foarte apropiate si sa respecte conditia $\omega_1 - \omega_2 = \Delta\omega$ ($\Delta\omega \ll \omega_1$)

$$x = x_1 + x_2 = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + 2X_1 X_2 \cos[(\Delta\omega)t + (\varphi_2 - \varphi_1)]} \quad (4.13)$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{X_1 \sin \varphi_1 + X_2 \sin [(\Delta\omega)t + \varphi_2]}{X_1 \cos \varphi_1 + X_2 \cos [(\Delta\omega)t + \varphi_2]} \quad (4.14)$$

Amplitudinea devine maxima si egala cu

$$X_M = X_1 + X_2 \text{ pentru } \cos [(\Delta\omega)t + \varphi_2 - \varphi_1] = 1 \quad (4.15)$$

$$\text{sau } (\Delta\omega)t + \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi k \text{ unde } k=0,1,2,3,\dots \quad (4.16)$$

Daca amplitudinile sunt egale minimul devine zero, fenomenul numindu-se " batai " caracterizat prin faptul ca amplitudinea variaza asemanator unei sinusoide de perioada mare. Intervalul de timp θ la care se succed maximile si minimile este dat de relatia

$$\theta = 2\pi / \Delta\omega \quad (4.17)$$

Frecventa " batailor " f_B se obtine din relatia:

$$f_B = 1 / \theta = \Delta\omega / 2\pi = (\omega_1 - \omega_2) / 2\pi = f_1 - f_2 \quad (4.18)$$

Bataile sunt cu atat mai rare cu cat frecventele sunt mai apropiate. In fig.4.2. este reprezentata grafic producerea " batailor " prin compunerea a doua vibratii de frecvente $f_1 = 60$ Hz si $f_2 = 70$ Hz avand amplitudini egale.

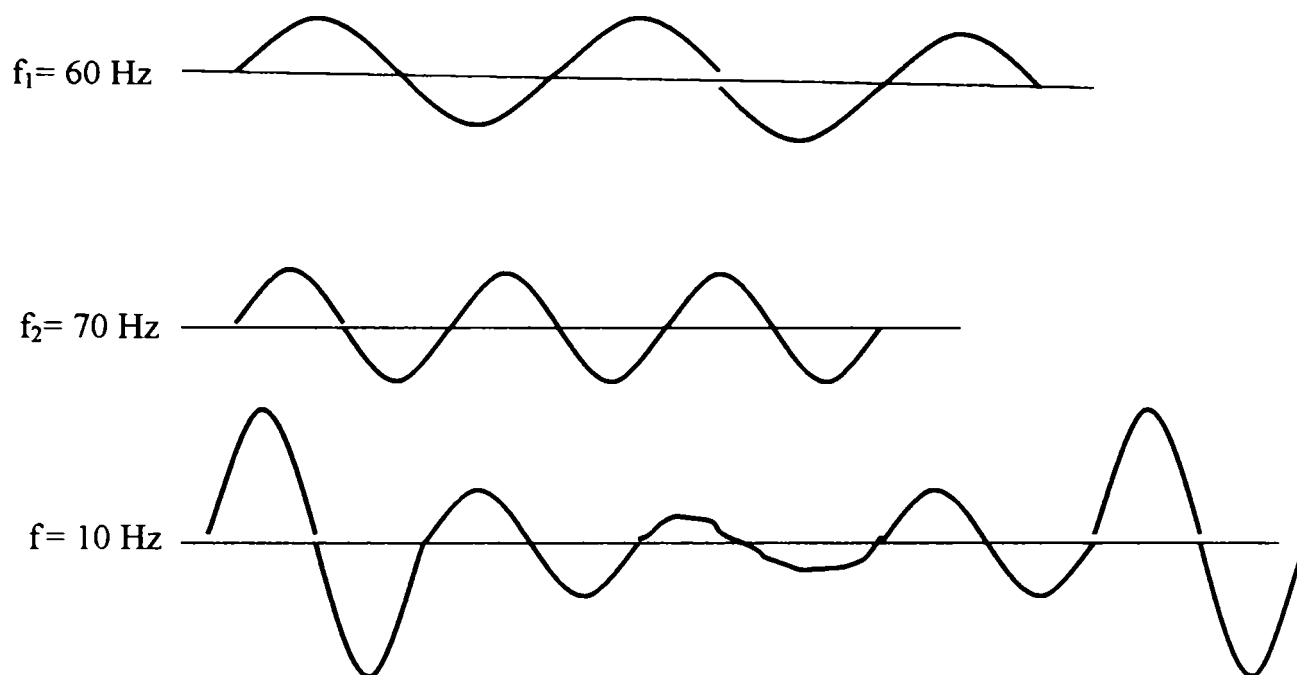


Fig.4.2. Reprezentarea compunerii a doua vibratii cu frecvente apropiate.

Ultima curba reprezinta miscarea rezultanta care contine 10 maxime /secunda , $\Delta\varphi = 0$.

Fie mai multe vibratii armonice avand aceeasi amplitudine si pulsatii diferind una fata de cealalta cu o cantitate $\Delta\omega$ mica .

$$x_1 = X \cos \omega t, x_2 = X \cos (\omega + \Delta\omega)t, x_3 = X \cos (\omega + 2\Delta\omega)t, x_4 = X \cos (\omega + 3\Delta\omega)t, \dots, \quad (4.19)$$

$$x_n = X \cos (\omega + (n-1)\Delta\omega)t \text{ atunci} \quad (4.20)$$

$$x = X \sum_{i=0}^{n-1} \cos (\omega + i\Delta\omega) = X \cos \left\{ \omega + \frac{(n-1)\Delta\omega}{2} t \right\} \frac{\sin(n\Delta\omega t)/2}{\sin(\Delta\omega t)/2} \quad (4.21)$$

pentru $t=0$ amplitudinea este maxima . Amplitudinea este minima cand se respecta relatia

$$(n\Delta\omega t)/2 = \pi \text{ pentru } t = 2\pi / (n\Delta\omega) \quad (4.22)$$

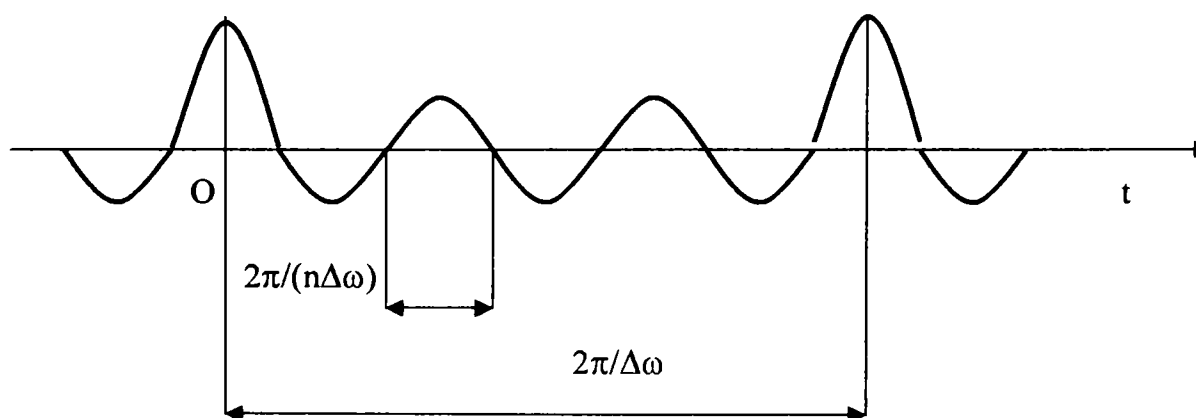


Fig.4.3 Reprezentarea compunerii a n vibratii cu frecvente apropiate

4.1.2.VIBRATII AMORTIZATE SI FORTATE

In realitate vibratiile punctelor materiale nu au loc fara o disipare de energie .Datorita acestui fenomen amplitudinea vibratiilor libere descreste in timp devenind vibratii amortizate.

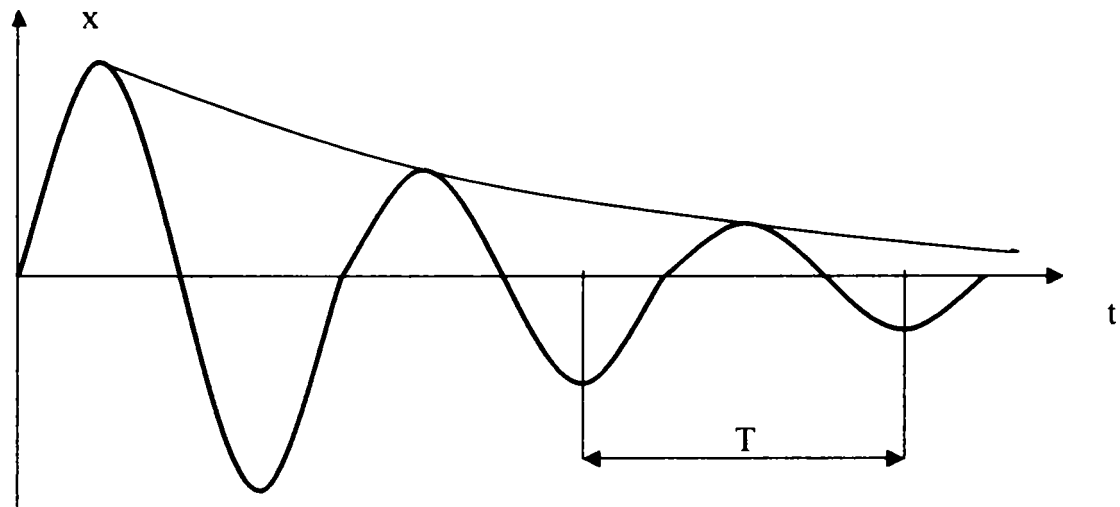


Fig.4.4 Reprezentarea unei vibratii amortizate

Disiparea de energie are loc datorita fortelor de frecare dintre mediu si punctul material .Acest lucru este reprezentat in fig.4.4. unde :

$$X_{\max} = X e^{-\alpha t} \text{ si } T = 2 \pi / \omega \quad (4.23)$$

Numeroase surse acustice (generatori de ultrasunete) sunt mentinute in stare de vibratie prin actiunea unei forte periodice exterioare numita si forta excitatoare. Aceste vibratii se numesc vibratii fortate .

In realitate forta excitatoare este foarte rar o forta sinusoidala.

10WΔ/I0⊙≡

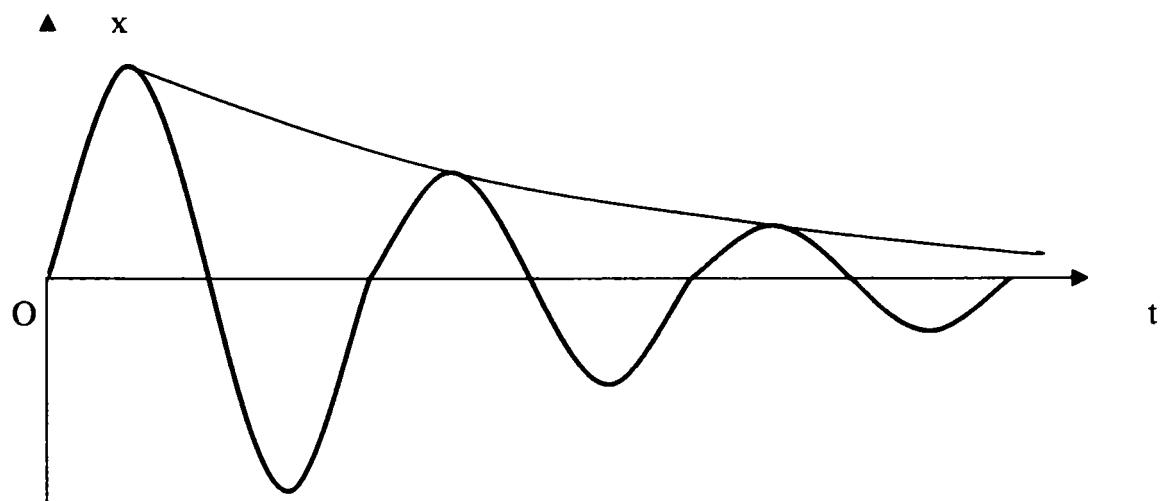


Fig. 4.5.a.

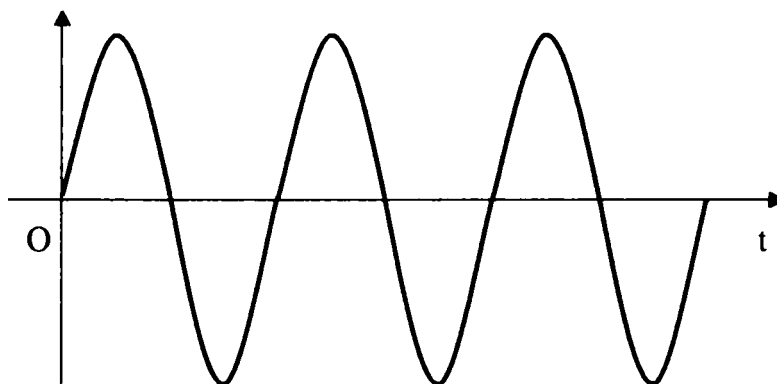


Fig.4.5.b.

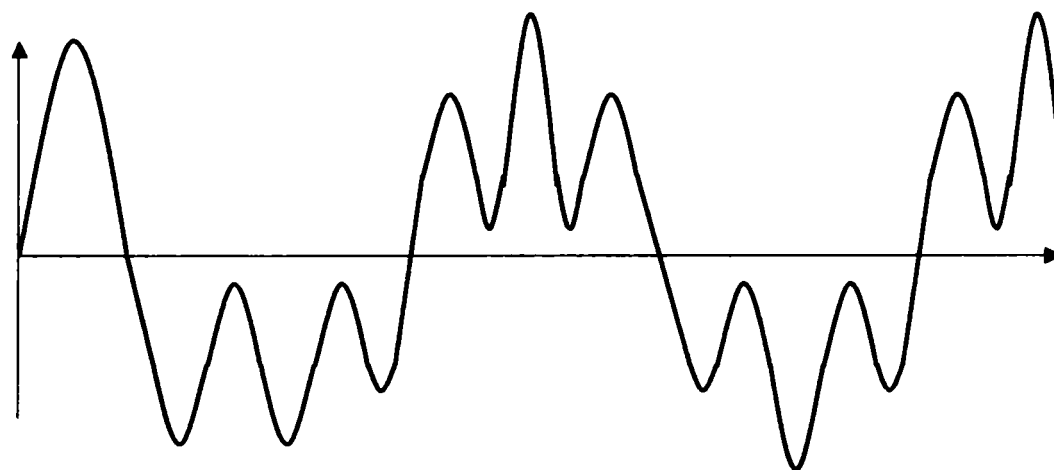


Fig.4.5.c.

Fig.4.5. Compunerea a doua vibratii (a. amortizata, b. fortata, c. rezultanta)

4.1.3.FENOMENUL DE INTERFERENTA

4.1.3.a. Interferenta a doua unde care se propaga de-a lungul aceleiasi directii

Daca se prezinta doua surse sonore S_1 si S_2 situate intre ele la distanta $2l$ (vezi fig.4.6.) cu amplitudini egale si un punct M situat pe dreapta care uneste cele doua surse la distanta $S_1M=l+x$ de sursa S_1 si $S_2M=l-x$ de sursa S_2 , acesta va fi supus la doua miscari vibratorii componente.

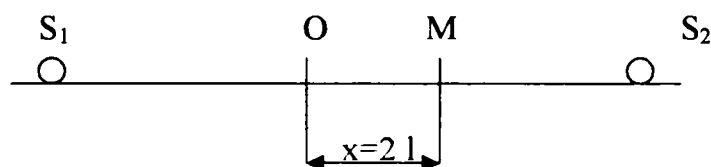


Fig.4.6. Interferenta a doua unde

Presiunea acustica datorita sursei S_1 este :

$$p_1 = P \sin [\omega t - k(l+x)] \quad (4.24)$$

iar presiunea acustica datorita sursei S_2 este

$$p_2 = P \sin [\omega t - k(l-x)] \quad (4.25)$$

in care P este amplitudinea presiunii acustice.

Daca se unesc cele doua presiuni rezulta presiunea totala exercitata asupra punctului M si anume

$$p = p_1 + p_2 = 2P \cos kx \sin (\omega t - kl) \quad (4.26)$$

Din ultima relatie se trage concluzia ca presiunea acustica rezultanta este o functie de timp si de pozitia punctului considerat, variind dupa o lege sinusoidala cu maxime si minime ale presiunii .

Punctele in care presiunea este minima se numesc noduri si respecta relatia

$$\cos kx = 0 \quad \Leftrightarrow \quad kx = 2(n+1)\pi/2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.27)$$

$$\text{sau } x = (2n+1) \pi / (2k) = (2n+1) \lambda / 4 \quad (4.28)$$

Punctele in care presiunea este maxima se numesc antinoduri sau ventre si respecta relatia

$$\cos kx = 1 \quad kx = 2n \pi / 2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.29)$$

$$\text{sau } x = 2n \pi / (2k) = 2n \lambda / 4 \quad (4.30)$$

Concluzii : Distanta dintre doua ventre precum si intre doua noduri succesive este egala cu o jumatate de lungime de unda. Distanta dintre un ventru si un nod vecin este egala cu un sfert de lungime de unda . Pozitia ventrelor si a nodurilor nu se schimba, ea depinzand de timp, de aici si denumirea de unde stationare . Presiunea acustica variaza cu distanta.

4.1.3.b. Interferenta a doua unde care se propaga in spatiu

Se considera doua surse de unde sferice care se propaga intr-un mediu omogen (vezi fig. 4.7)

Se presupune ca amplitudinile si frecventele sunt egale. Presiunile acustice corespunzatoare punctelor

S_1 si S_2 sunt :

$$p_1 = P \sin (\omega t - k r_1) \quad (4.31)$$

$$p_2 = P \sin (\omega t - k r_2). \quad (4.32)$$

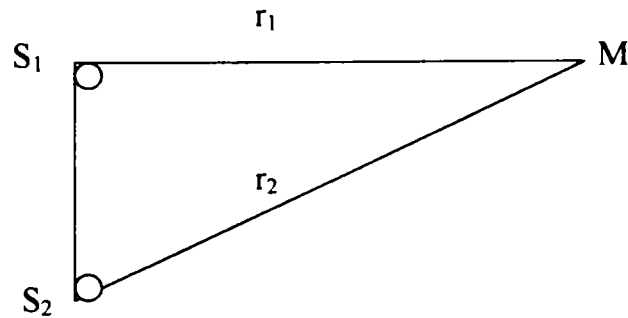


Fig.4.7. Interferenta a doua unde in spatiu

Presiunea rezultanta va fi :

$$p = p_1 + p_2 = \underbrace{2P \cos k(r_2 - r_1)/2}_{\text{amplitudinea presiunii rezultante}} \sin \underbrace{[\omega t - k(r_2 + r_1)/2]}_{\text{faza la momentul initial}} \quad (4.33)$$

amplitudinea presiunii rezultante faza la momentul initial

Presiunea acustica este minima pentru

$$\cos k \Delta r / 2 = 0 \implies k \Delta r / 2 = (2n+1)\pi/2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.34)$$

$$\text{sau } \Delta r = (2n+1) \pi / k = (2n+1)\lambda / 2 \quad (4.35)$$

Presiunea acustica este maxima pentru

$$\cos k \Delta r / 2 = 1 \quad k \Delta r / 2 = 2n\pi/2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.36)$$

$$\text{sau } \Delta r = 2n \pi / k = n\lambda \quad (4.37)$$

Locul punctelor in care presiunea este maxima rezulta din conditia $r_2 - r_1 = n\lambda$. In mod similar locul punctelor in care presiunea este minima rezulta din conditia

$$r_2 - r_1 = (2n+1)\lambda / 2. \quad (4.38)$$

4.1.3.c. Interferenta undei incidente cu unda reflectata

Se prezinta o unda directa care se propaga spre suprafata unui obstacol rigid. La contactul in punctul O unda incidenta se reflecta si se propaga invers undei incidente. Rezulta ca printr-un punct M situat pe directia de propagare vor trece in fiecare moment doua unde (unda directa si unda reflectata).

Se considera suprafata de separare a mediilor perfect reflectanta, intreaga energie din unda directa regasindu-se in unda reflectata. Ecuatia in punctul M la distanta x va fi

$$p = P \sin(\omega t - kx) + P \sin(\omega t + kx) = 2P \sin \omega t \cos kx \quad (4.39)$$

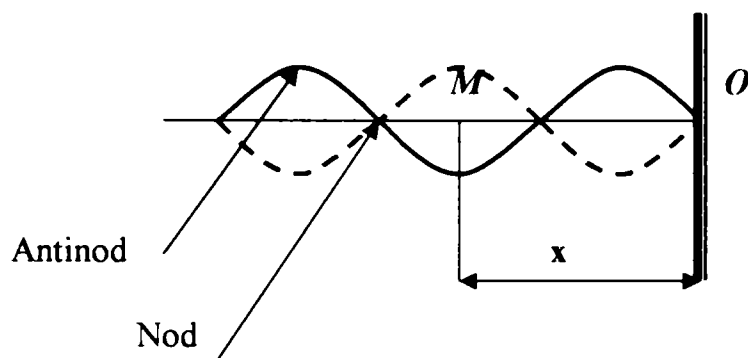


Fig.4.8. Interferenta unei incidente cu cea reflectata

Presiunea acustica este minima pentru

$$\cos kx = 0 \quad \Longrightarrow \quad kx = (2n+1)\pi/2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.40)$$

$$\text{sau } x = (2n+1) \lambda / 4 \quad (4.41)$$

In punctele distantate de suprafata de reflexie cu $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4, \dots$ cu alte cuvinte de un numar impar de sferturi de lungimi de unda exista noduri de presiune, presiunea acustica devenind nula. In punctele distantate de suprafata de reflexie cu $\lambda/2, \lambda, 3\lambda/2, \dots$ cu alte cuvinte de un numar par de sferturi de lungimi de unda, exista antinoduri de presiune, presiunea acustica devenind maxima.

$$\cos kx = 1 \quad kx = 2n\pi/2, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (4.42)$$

$$\text{sau } x = n \lambda / 2 \quad (4.43)$$

Din cele aratate mai sus rezulta ca prin interferenta unei incidente cu unda reflectata, se produce un sistem de unde stationare, caracterizat printr-o serie de noduri si antinoduri de presiune, respectiv de viteza. Distanta punctelor nodale si antinodale in raport cu suprafata rigida de reflexie ramane constanta si depinde doar de frecventa sunetului. Distanta dintre un punct nodal si un punct antinodal este de $\lambda/4$. Intr-un sistem de unde stationare nu exista o propagare de energie, ci exista doar un schimb local de energie. Cele doua unde, cea incidenta si cea reflectata, transporta fiecare aceeasi cantitate de energie. Sensurile de propagare fiind opuse, energia totala astfel transportata devine nula. In cele de mai sus, s-a considerat suprafata reflectanta perfect rigida, neintervenind vreo pierdere de energie prin transmitere prin acea suprafata. Este un caz limita neintalnit in practica. In realitate

datorita faptului ca exista o unda transmisa dincolo de suprafata reflectata, presiunea acustica reflectata nu este egala cu presiunea acustica incidenta. In consecinta prin interferenta, in nodurile de presiune, aceasta nu mai este egala cu zero, ci are o anumita valoare care depinde de impedanta acustica specifica a suprafetei reflectate. Se produce in acest caz un sistem de unde cvasistationare.

4.1.4. Undele de suprafata .Calculul tensiunii superficiale

La suprafata apei (lichidelor) iau nastere binecunoscutele unde de suprafata. Experienta arata ca la amplitudini nu prea mari traiectoriile particulelor de lichid sunt circulare. Particulele de la suprafata descriu cercuri cu razele cele mai mari, iar cele din profunzime descriu cercuri cu raze din ce in ce mai mici.

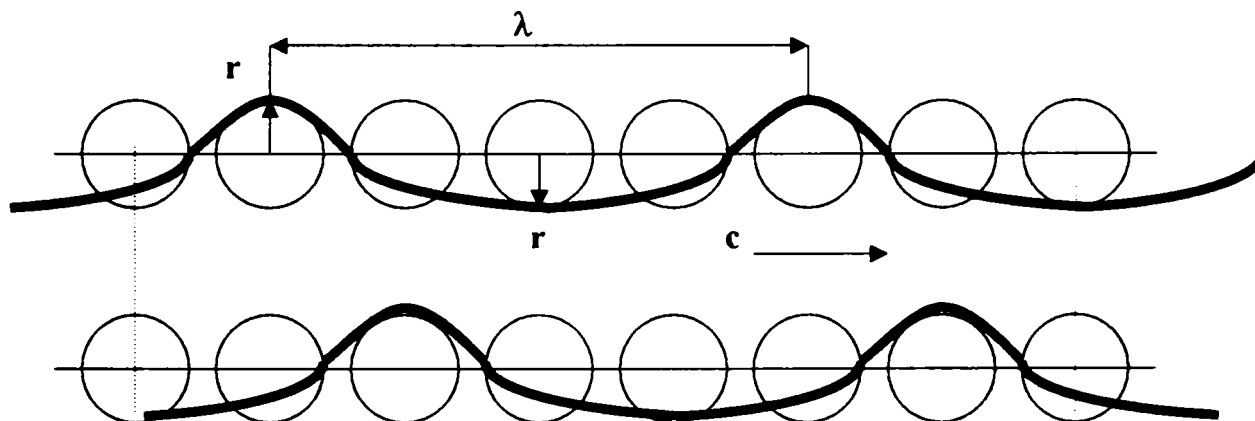


Fig.4.9. Undele de suprafata
unde :c-viteza undei ; λ-lungimea undei ; r-raza cercului.

De aici rezulta imediat, prin constructie grafica, forma undei de suprafata, care nu este sinusoidala. Varfurile sunt mult mai ascutite decat adanciturile. Amplitudinea undei este egala cu raza cercului descris de particulele de lichid.

Pentru apa $c_{\min} = 0,23 \text{ m/s}$, pentru $\lambda_m = 1,73 \text{ cm}$.

$$c = \sqrt{(g \lambda / 2\pi) + (2\pi\sigma / \rho \lambda)} \quad (4.44)$$

unde: g-acceleratia gravitationala;
λ-lungimea de unda;
ρ-densitatea fluidului;
σ- tensiunea superficiala.

In prima paranteza se observa contributia fortelor gravitationale, iar in a doua paranteza

contributia tensiunii superficiale in restabilirea suprafetei orizontale de echilibru a lichidului

Calculul tensiunii superficiale minime a apei la stratul de suprafata

$$c = \sqrt{(g \lambda / 2\pi) + (2\pi\sigma / \rho \lambda)} \quad (4.45)$$

viteza are un minim cand cele doua viteze sunt egale

$$g \lambda / 2\pi = 2\pi\sigma / \rho \lambda \quad (4.46)$$



$$\sigma = \rho g \lambda^2 / 4 \pi^2 \quad (4.47)$$

inlocuindu-se (4.47) in (4.45) rezulta

$$c_{\min} = \sqrt{(g \lambda / 2\pi) + (2\pi \rho g \lambda^2 / 4 \pi^2) / \rho \lambda} \quad (4.48)$$

$$c_{\min} = \sqrt{(g \lambda / 2\pi) + (\rho g \lambda^2 / 2 \pi \rho \lambda)} \quad (4.49)$$

$$c_{\min} = \sqrt{(\rho g \lambda^2 + \rho g \lambda^2) / 2 \pi \rho \lambda} \quad (4.50)$$

$$c_{\min} = \sqrt{g \lambda / \pi} = \sqrt{9,8 \times 0,0173 / 3,14} = 0,23 \text{ m/s} \quad (4.51)$$

$$\sigma_{\min} = \rho g \lambda^2 / 4 \pi^2 = 0,0009982 \times 9,8 \times (0,0173)^2 / 4 \times (3,14)^2 = 7,4236 \times 10^{-9} \text{ Kg/s}^2 \quad (4.52)$$

4.2. TRADUCTORUL DE VIBRATIE.

4.2.1. PREZENTAREA MONTAJULUI FOLOSIT IN DETECTAREA VIBRATIILOR

Studiul implementarii ultrasunetelor in detectarea vibratiilor constituie de asemenea unul din obiectivele lucrarii de fata. Vibratiile percepute de organism au o frecventa de la 2Hz pana la 16 Hz, intrand deci in spectrul sonor. Ca urmare, se doreste sa se obtina legatura intre aceste vibratii percepute in natura si semnalul ultrasonor, produs de un emitor, in mediul lichid . Studiind aceasta problema in laboratorul de control nedistructiv al Catedrei de Sudura a Universitatii "Politehnica" Timisoara s-a realizat modelul experimental al traductorului de vibratie prezentat in foto.17 incorporat in sistemul de emisie ultrasonora al aparatului tip USD-10 (foto.18).



foto17

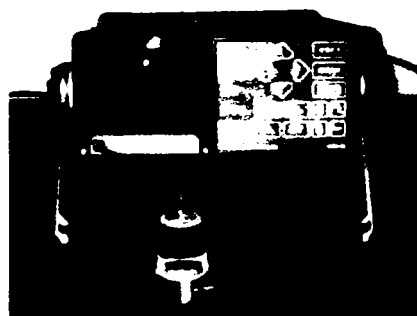


foto 18

In fig.4.10 se prezinta traductorul ultrasonic de vibratie compus din palpatorul tip MB 4S cu frecventa de 4 MHz (se poate folosi si palpator de tip MB 2S cu frecventa de 2 MHz) pozitionat la baza unui recipient din plastic cu ajutorul unui capac. In interiorul recipientului cu inaltimea de 68 mm se afla lichid (de regula apa dar poate fi si ulei in functie de sensibilitatea urmarita a traductorului) la inaltimea de $H_L = 50$ mm. Pentru detectarea vibratiilor, palpatorul tip MB 4S, trebuie sa fie in contact permanent cu lichidul din recipient. Pozitia verticala a traductorului este recomandata in detectarea vibratiilor, o alta pozitie necesitand calibrari din partea aparatului tip USD-10. In fig.4.11 se prezinta schema de principiu a sistemului folosit la detectarea vibratiilor , legatura dintre traductorul de vibratie cu aparatul tip USD-10 , care la randul lui este conectat la o unitate centrala de calculator personal. Informatiile legate de detectarea vibratiilor pot fi vizualizate

pe monitorul calculatorului personal sau pe ecranul aparatului tip USD-10 fiind salvate la imprimanta.

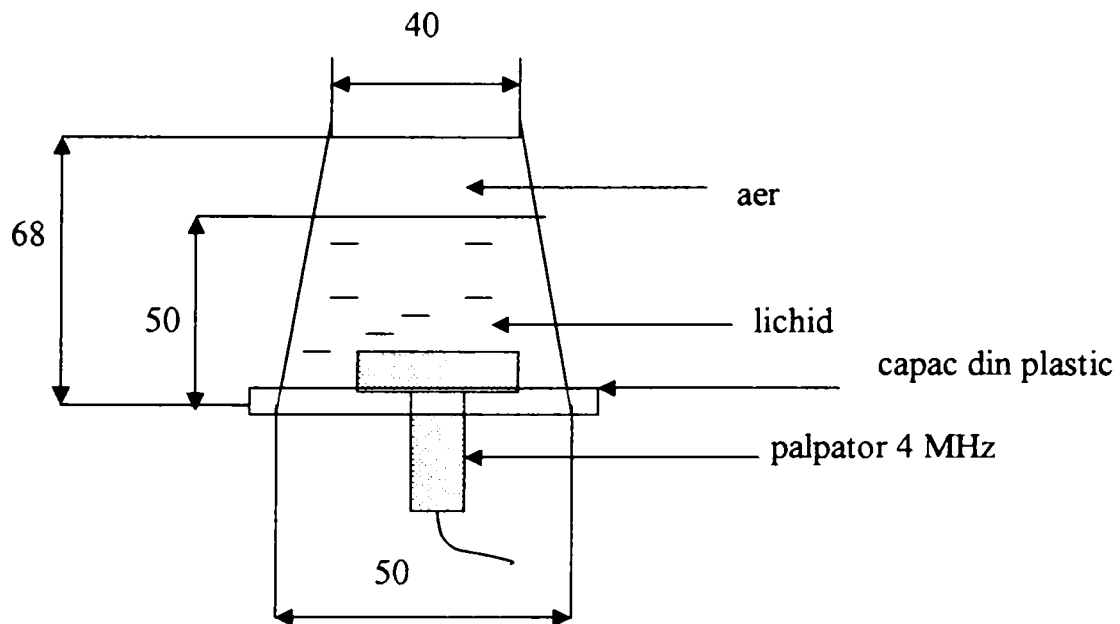


Fig.4.10 Traductorul ultrasonic de vibratie

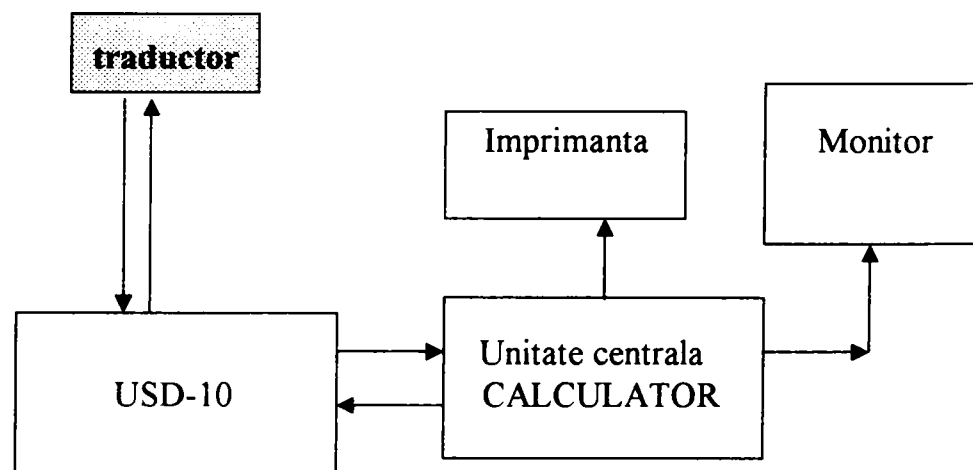


Fig.4.11. Schema de principiu a sistemului folosit in depistarea vibratiilor

4.2.2.PREZENTAREA FUNCTIONARII TRADUCTORULUI ULTRASONIC DE VIBRATII

Experimentandu-se fenomenul de propagare a ultrasunetelor pe mai multe lichide specifice de aviatie, s-a pus in evidenta un fenomen interesant in ceea ce priveste transmiterea si receptia undelor intr-un mediu de lichid agitat. Schematizarea fenomenului de propagare fara vibratie este prezentata in fig.4.12 .a si b.

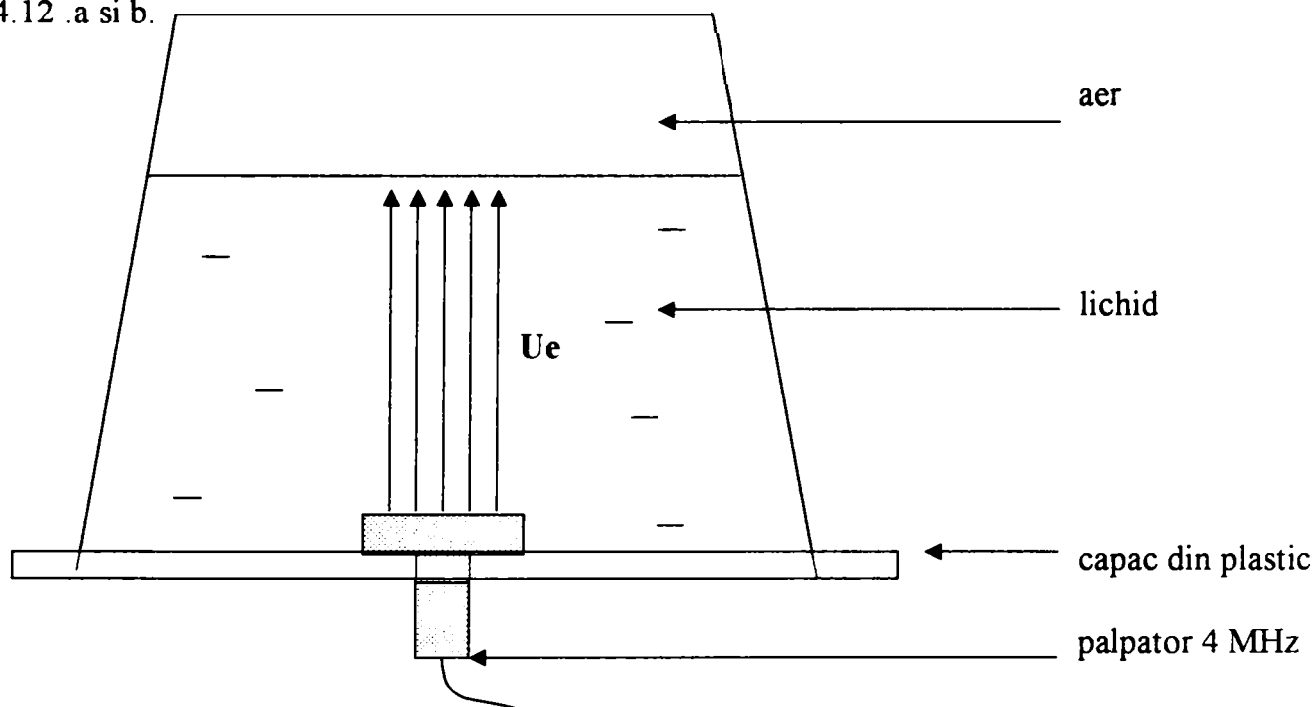


Fig.4.12.a Propagarea ultrasunetelor in traductor in cazul emisiei ultrasunetelor, fara vibratii exterioare

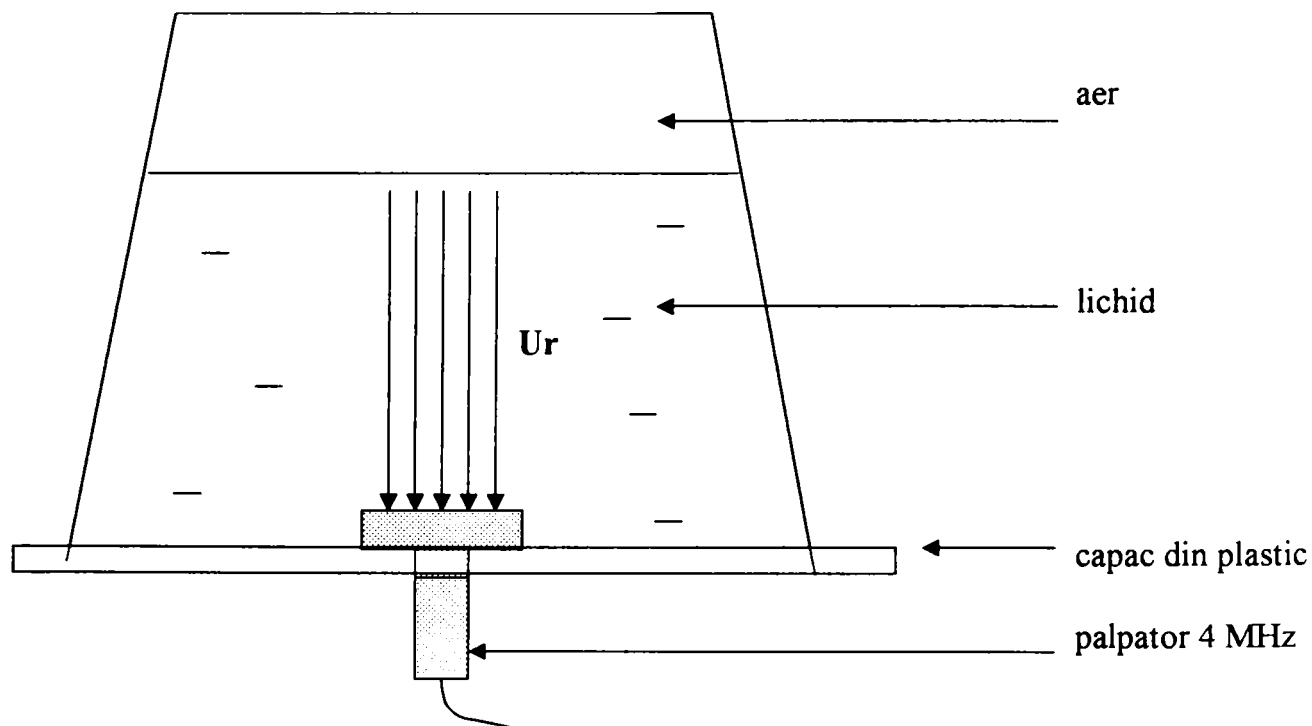


Fig.4.12.b. Propagarea ultrasunetelor in traductor in cazul reflexiei ultrasunetelor de suprafata de separatie apa-aer, fara vibratii exterioare

Se observa ca semnalul ultrasonor de emisie (U_e) are un parcurs perpendicular pe suprafata de separatie lichid -aer. In lipsa oscilatiilor de suprafata ultrasunetele se reflecta (U_r) in totalitate sub un unghi de 180° , revenind spre palpator cu atenuari minime.

In foto 19 se prezinta imaginea semnalului reflectat pe osciloscopul aparatului USD-10

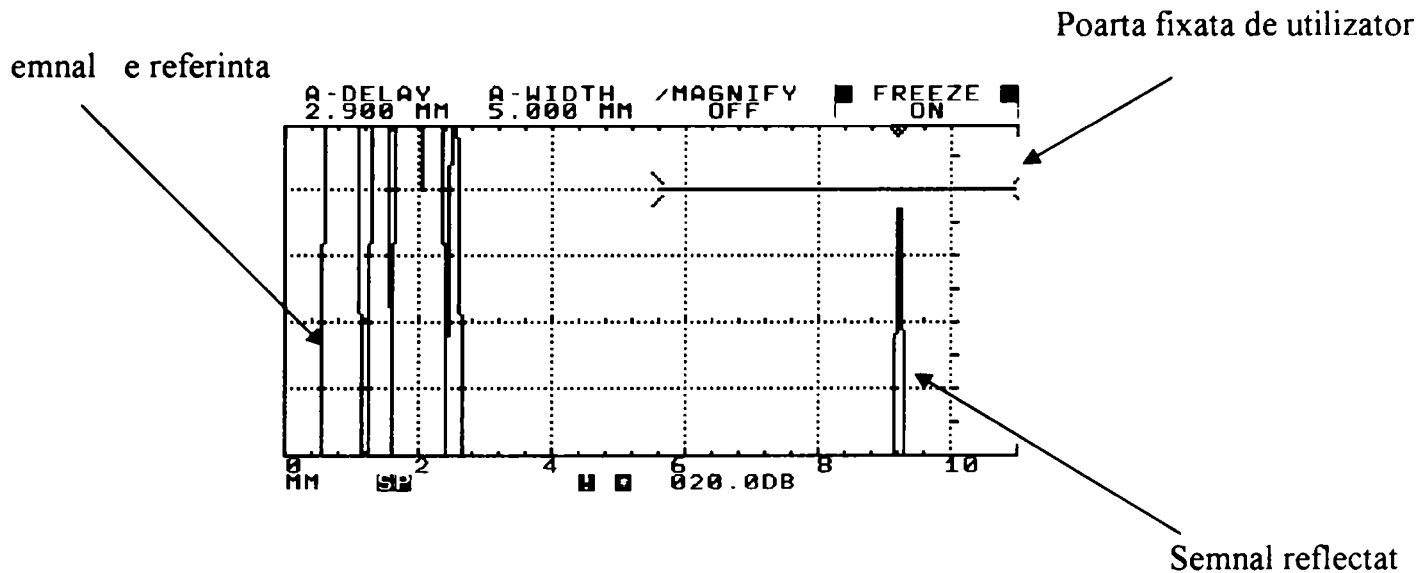


Foto 19 Semnal ultrasonor reflectat –cazul fara vibratii

Primul impuls (corespunzator cifrei 0) este impulsul de referinta, cel de-al doilea (corespunzator cifrei 10) este impulsul corespunzator reflexiei unei ultrasonice la suprafata de separatie lichid-aer. In cazul de fata, inaltimea lichidului este de 4,8 mm. Distanța de la 0 la 10 reprezinta tocmai aceasta inaltime H_L .

In fig.4.13 se prezinta cazul in care la o vibratie exterioara, suprafata de separatie lichid-aer incepe sa oscileze formandu-se undele de suprafata (4.1.4 Undele de suprafata). Intalnind suprafata de separatie osciland, semnalul ultrasonor de emisie U_e se reflecta in punctele A, B, C, D ... rezultand unghiuri de reflexie diferite $\alpha, \beta, \gamma, \theta$...dupa care se intoarce la palpator. Cazul prezentat este un caz ideal, in realitate o mare parte din undele ultrasonore se deplaseaza spre alte directii. Astfel se produc oscilatii in amplitudine rezultand modificari ale pozitiei impulsului reflectat (in jurul portii foto 20).

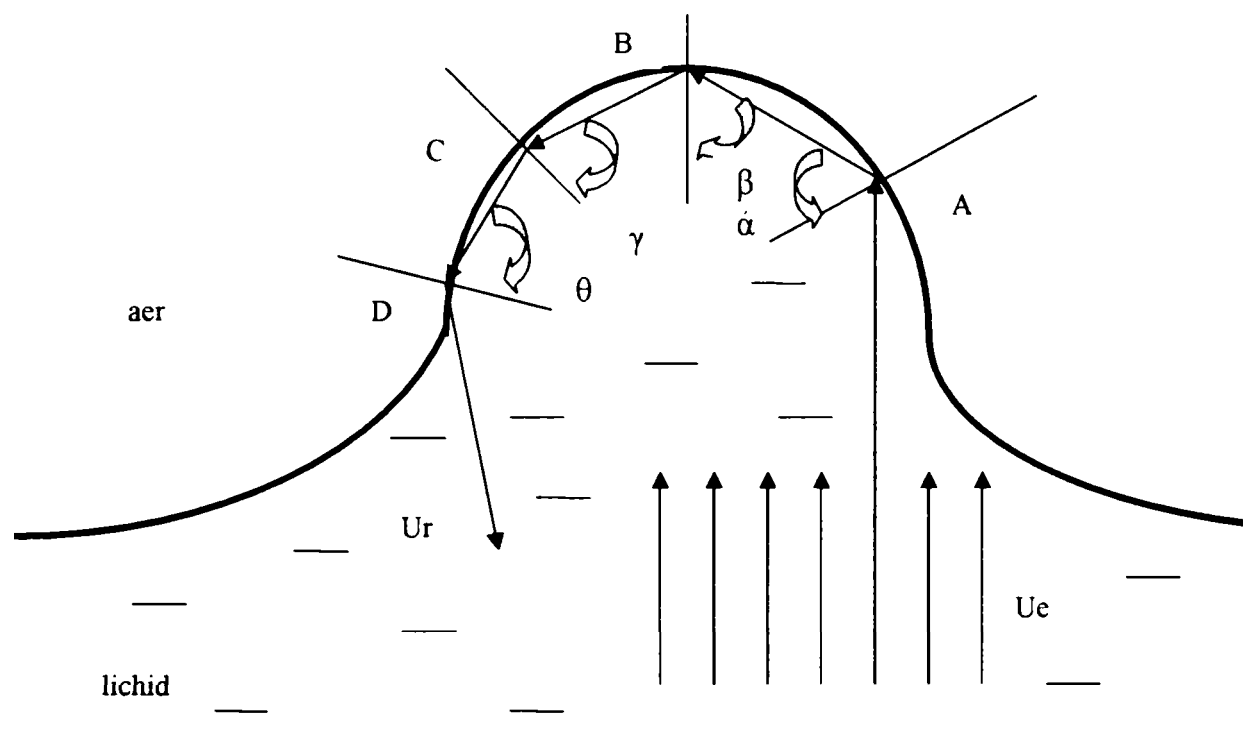


Fig.4.13 Reflexia semnalului ultrasonor la suprafata oscilanta de separatie lichid – aer

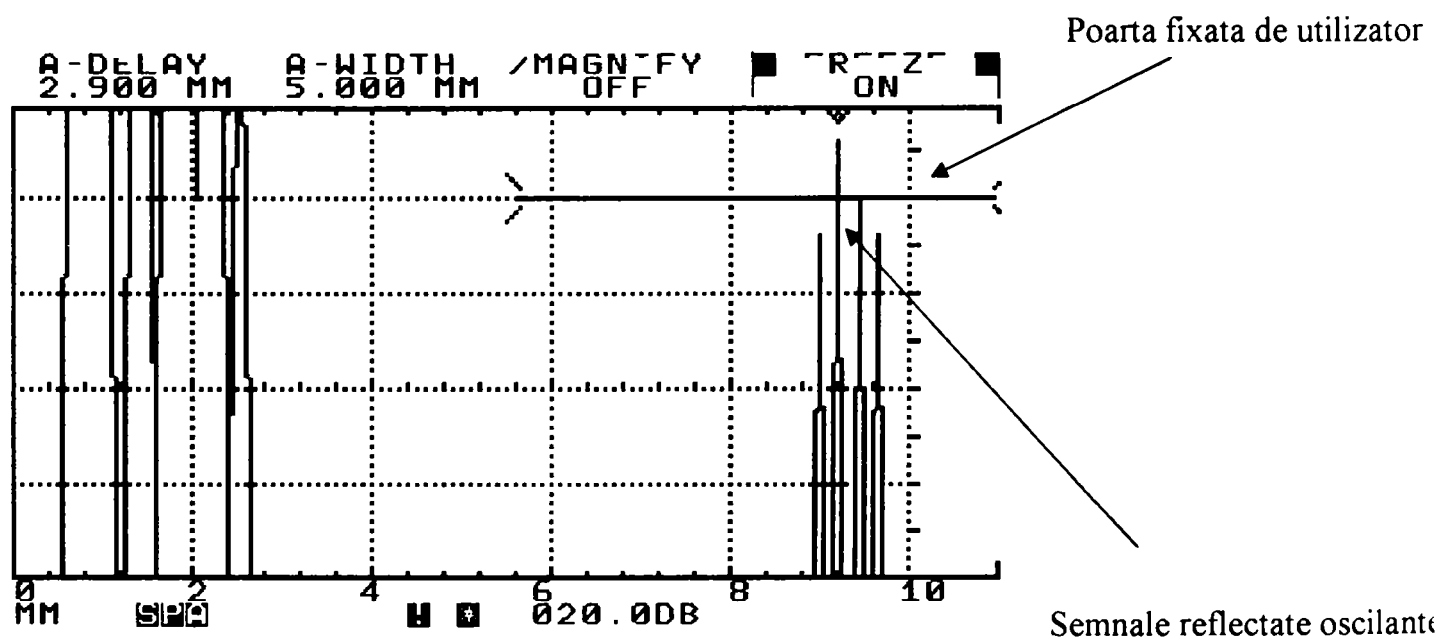


Foto.20 Semnal ultrasonor reflectat –cazul cu vibratii

In timp foarte scurt acest semnal se amotizeaza .La suprafata de separatie apa-aer nu se mai produc

unde de suprafata, deci nu mai exista vibratii (vezi foto nr. 19).

Un alt fenomen intalnit la undele de suprafata, este acel de reflexie la contactul cu peretele traductorului de vibratie, avand loc interferenta undei directe cu unda reflectata (vezi 4.1.3.c Interferenta undei incidente cu unda reflectata). Practic acest fenomen explica formarea undelor de suprafata intre lichid si aer. Vibratiile exterioare se propaga prin mediul elastic pana la peretele traductorului generand undele de suprafata. Palpatorul traductorului sesizeaza diferenta de presiune la nivelul undelor de suprafata, transmitand un semnal aparatului USD-10. Pe osciloscopul aparatului s afiseaza variatii de presiune prezentate prin oscilatii fata de nivelul portii fixate de utilizator (vezi foto nr. 20). Pozitia 10 corespunde inaltimii lichidului H_L (in cazul Pozei nr.20 $H_L = 5$ mm, amplificarea semnalului ultrasonor fiind de 20 dB).

Datorita faptului ca viteza de oscilatie este foarte mare , nu se poate vizualiza cu ochiul liber multitudinea de oscilatii pe unitate de timp. In foto nr.21 ,22 si 23 s-a surprins oscilatia semnalului ultrasonor dupa producerea vibratiei exterioare, solicitand functia de inghetare a imaginii, cu aparatul USD-10, la anumite intervale scurte de timp t_1 , t_2 respectiv t_3 (sutimi de secunda).

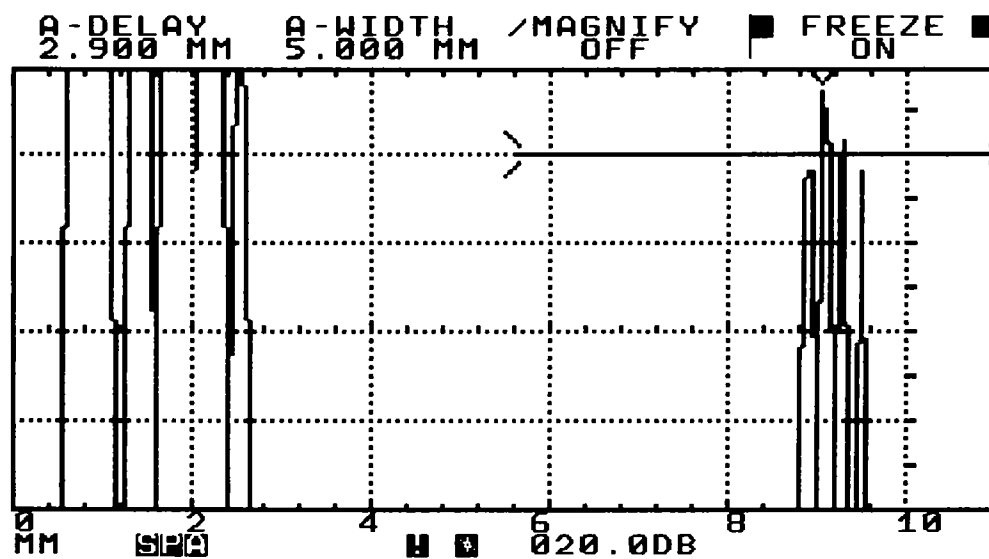
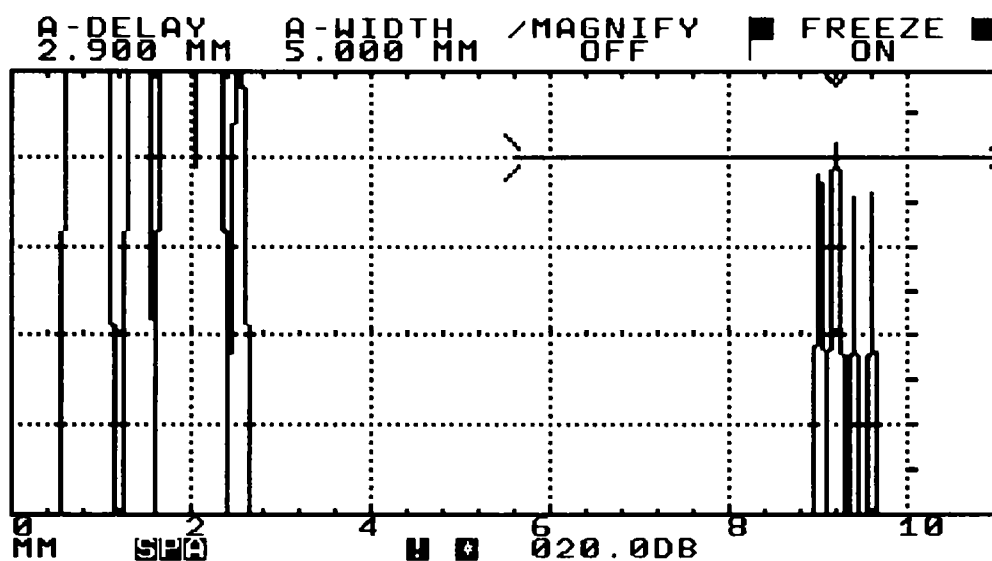
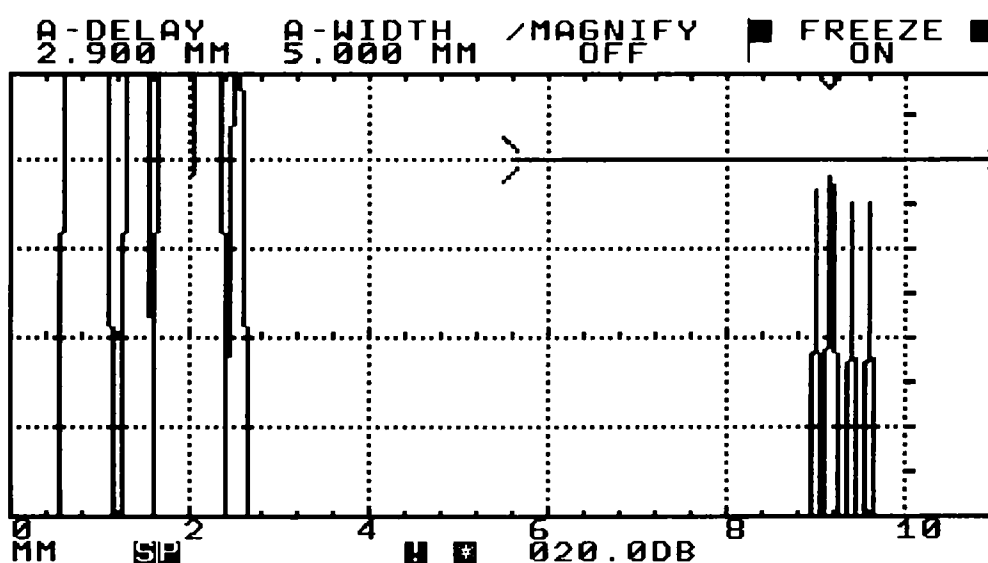


Foto nr.21 Semnal ultrasonor reflectat –cazul cu vibratii la t_1

Foto nr.22 Semnal ultrasonor reflectat –cazul cu vibratii la t_2 Foto nr.23 Semnal ultrasonor reflectat –cazul cu vibratii la t_3

De aceea s-au continuat observatiile, filmate cu o camera de vederi de tip Panasonic RX20, realizandu-se astfel in ANEXA NR.15 o succesiune de oscilograme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa de doua vibratii la un interval de 2,520 secunde una fata de alta avand sursele de oscilatie in acelasi punct pe o suprafata plana aflat la distanta d_1 fata de traductor (frame 8092-8155 de la 0:05:23:680 la 0:05:26:200). Oscilogramele sunt realizate cu aparatul USD-10 . Pornindu-se de la montajul prezentat in fig.4.10 si 4.11 s-a folosit ca lichid ulei in traductorul de vibratie. S-a setat corespunzator aparatul USD-10 astfel incat semnalul de reflexie sa fie la nivelul cifrei 10 imediat sub poarta (caz in care nu avem vibratie exterioara deci nici avertizare sonora a aparatului – foto nr.24).

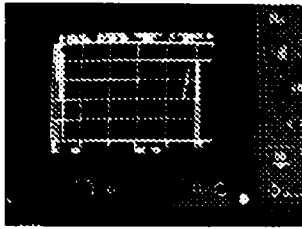


foto nr.24 Propagarea ultrasunetelor in traductor in cazul emisiei ultrasunetelor fara vibratii exterioare

In momentul producerii vibratiei exterioare suprafata lichidului incepe sa oscileze, impulsul reflectat deplasandu-se pe axa verticala in sus si in jos(vezi foto nr.25), atingand poarta fixata, astfel generandu-se avertizari sonore din partea aparatului USD-10.

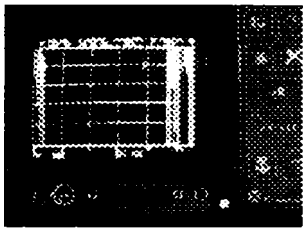


foto nr.25 Propagarea ultrasunetelor in traductor in cazul emisiei ultrasunetelor cu vibratii exterioare

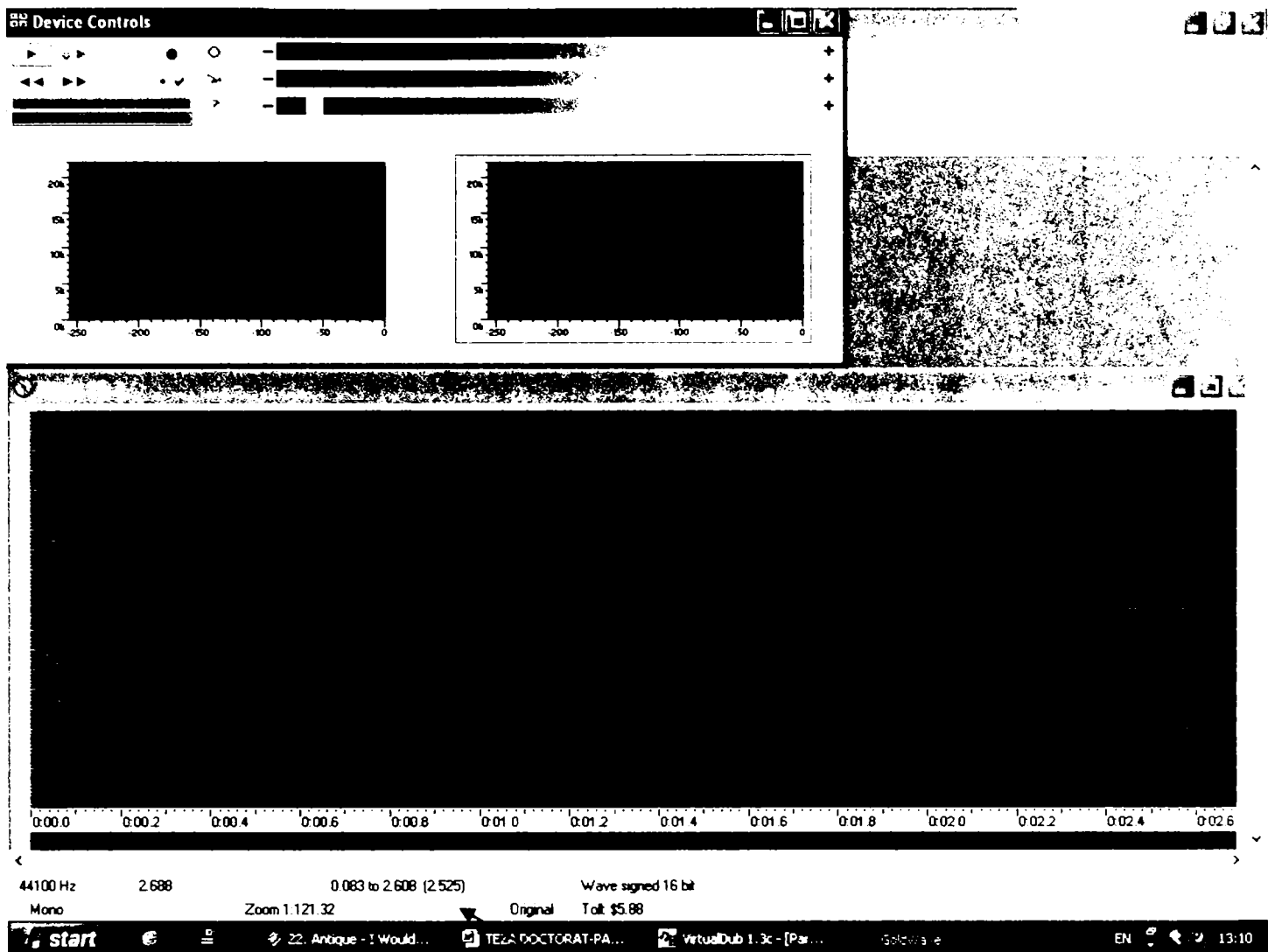
Problema a aparut la identificarea celei de-a doua vibratii deoarece in intervalul de 2,5 secunde sunt inregistrate pe osciloscopul aparatului USD-10 mai multe oscilatii asemanatoare cu foto nr.25.

Astfel la pozitia nr.8 (la secunda 23 :800), la pozitia nr.12 (la secunda 23 :960), la pozitia nr.14 (la secunda 24 :040), la pozitia nr.18 (la secunda 24 :200) si la pozitia nr.70 (la secunda 26 :280) sunt oscilatii cu amplitudini relativ egale.

S-a pus intrebarea care dintre aceste oscilatii reprezinta a doua vibratie exterioara.Cu ajutorul programului specializat in prelucrare de sunet GoldWave s-a identificat timpul exact dintre cele doua vibratii exterioare care a fost de 2,520 secunde(foto nr. 26).

In partea de sus se prezinta spectograma sunetului dintre cele doua vibratii. Impulsul unu (din jurul valorii -200) reprezinta prima vibratie, iar impulsul doi (din jurul valorii de -40) reprezinta a doua vibratie.

In partea de jos (foto nr.26) se prezinta (incadrat cu albastru) timpul exact dintre cele doua vibratii . Cunoscand astfel aceasta valoare s-a putut identifica cu exactitate ca pozitia nr.70 corespunde celei de-a doua vibratii.



Timpul de 2,525 secunde dintre 2 vibratii

Foto 26 Spectograma sunetului dintre cele 2 vibratii exterioare

Celelalte pozitii reprezentand impulsuri cu amplitudine intermediara (in descrestere-vezi

4.1.2 Vibratii amortizate).

In fig.4.14 se prezinta variatia presiunii la unda de suprafata. Studiind cu atentie

4.1.1. Compunerea vibratiilor de-a lungul aceleiasi directii partea "Compunerea a doua vibratii cu frecvente apropiate si fig.4.2 si 4.4. precum si 4.1.2. Vibratii amortizate si fortate si fig.4.5 se poate trage concluzia ca graficul din fig.4.14 raspunde la multe intrebari privitoare la fenomenul care are loc in traductorul ultrasonic de vibratie.

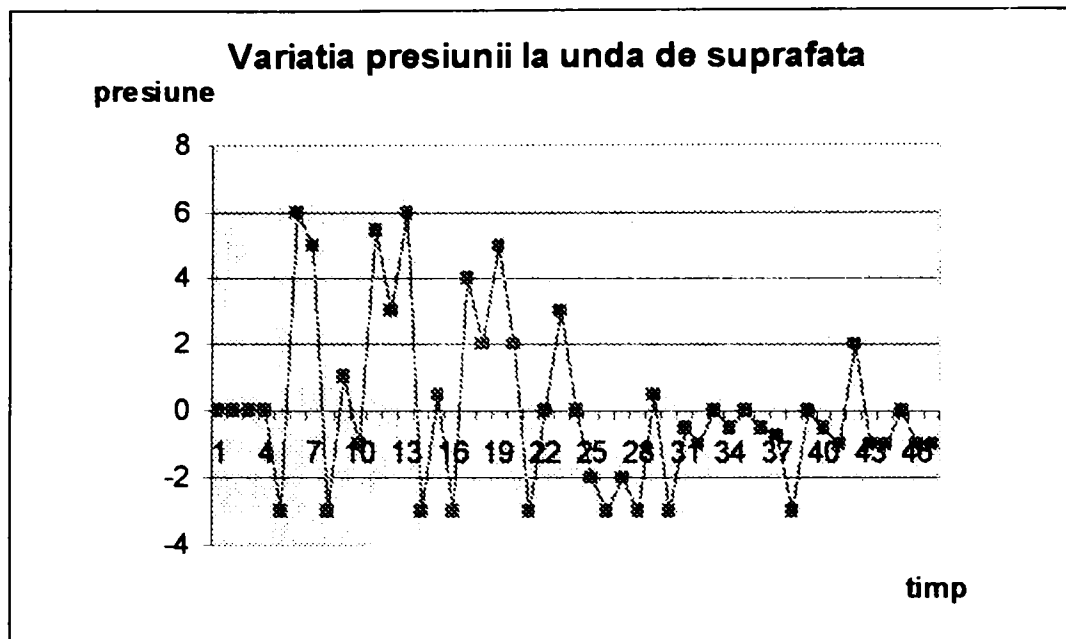


Fig.4.14 Variatia presiunii la unda de suprafata

Deci se poate afirma cu exactitate, ca la nivelul particulelor unde de suprafata (unda amortizata), presiunea vibratiei exterioare se aduna cu presiunea unde ultrasonore, rezultand acel salt de presiune care depaseste poarta fixata.

Pentru evidentierea calitatilor acestui traductor se cerceteaza urmatoorii factori de influenta :

- inaltimea lichidului in vas ;
- densitatea lichidelor (ulei de aviatie AVI8A si apa) ;
- inducerea de vibratii exterioare la distante diferite de traductor (pentru a scoate in evidenta sensibilitatea).

4.2.2.1. Influenta coloanei de lichid (H_L) din traductorul ultrasonic de vibratie asupra amplificarii semnalului ultrasonor

Se cerceteaza trei cazuri folosind $H_L = 46\text{mm}$ corespunzator cifrei 10 pe osciloscop (foto 27.a), $H_L = 22\text{mm}$ corespunzator cifrei 4,5 (foto 27.b) si $H_L = 9\text{mm}$ corespunzator cifrei 2 (foto 27.c).

In cazul "a" amplitudinea semnalului ultrasonor este fixata astfel incat sa nu atinga poarta fixata de utilizator, necesitand o amplificare de 33 dB. Micsorandu-se nivelul lichidului, cu aceleasi setari de la cazul "a" se ajunge la cazul "b". Pentru a se aduce semnalul langa poarta trebuie marita

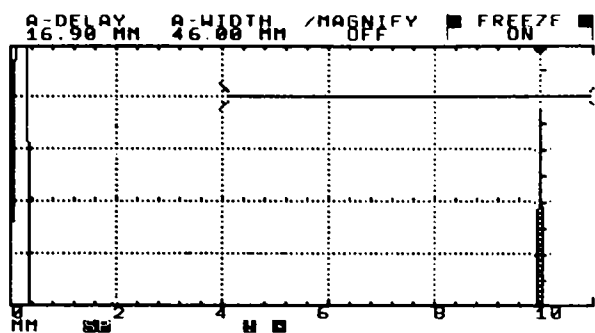


Foto 27.a

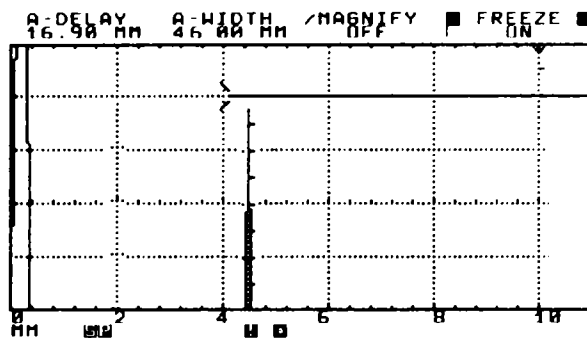


Foto 27.b

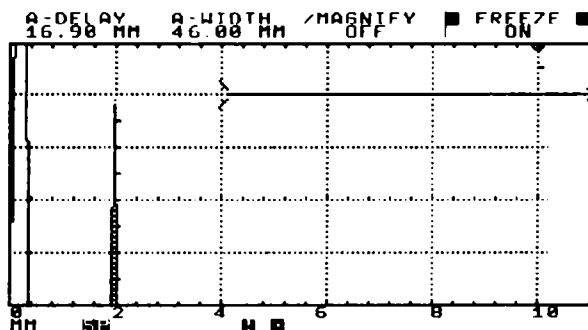


Foto 27.c

Foto 27 Semnal ultrasonor reflectat

a-cu amplificare 33 dB, b-cu amplificare 36,3 dB, c-cu amplificare 35,5 dB

amplificarea pana la 36,3 dB. In cazul "c" se micsoareaza nivelul lichidului la $H_L=9$ mm si odata cu aceasta se observa si deplasarea semnalului spre stanga pana la cifra 2. Amplificarea necesara este de 35,5 dB. In practica, la golirea apei din traductor si pozitionarea traductorului cu noul nivel de lichid pe masa de lucru, daca nu se aseaza acesta pe acelasi loc (avand aceeasi planeitate dintre suprafata apei din traductor si suprafata mesei de lucru) apar erori de masurare. Aceste erori difera de la caz la caz. Pentru eliminarea acestor erori s-a cautat sa se pozitioneze traductorul pe acelasi loc, inasa datorita manipularii capacului din plastic (a traductorului), apar erori cuprinse intre 2-5dB in amplificare. S-a cautat sa nu se mai manipuleze acest capac, construind o gaura in el cu un ac de seringa si golindu-se apa cu un debit constant (foto nr.28). Semnalul de reflexie a ramas la aceeasi amplificare in toate cazurile a,b, si c, cu mentiunea ca acest semnal s-a deplasat spre stanga urmarind inaltimea lichidului din traductor.

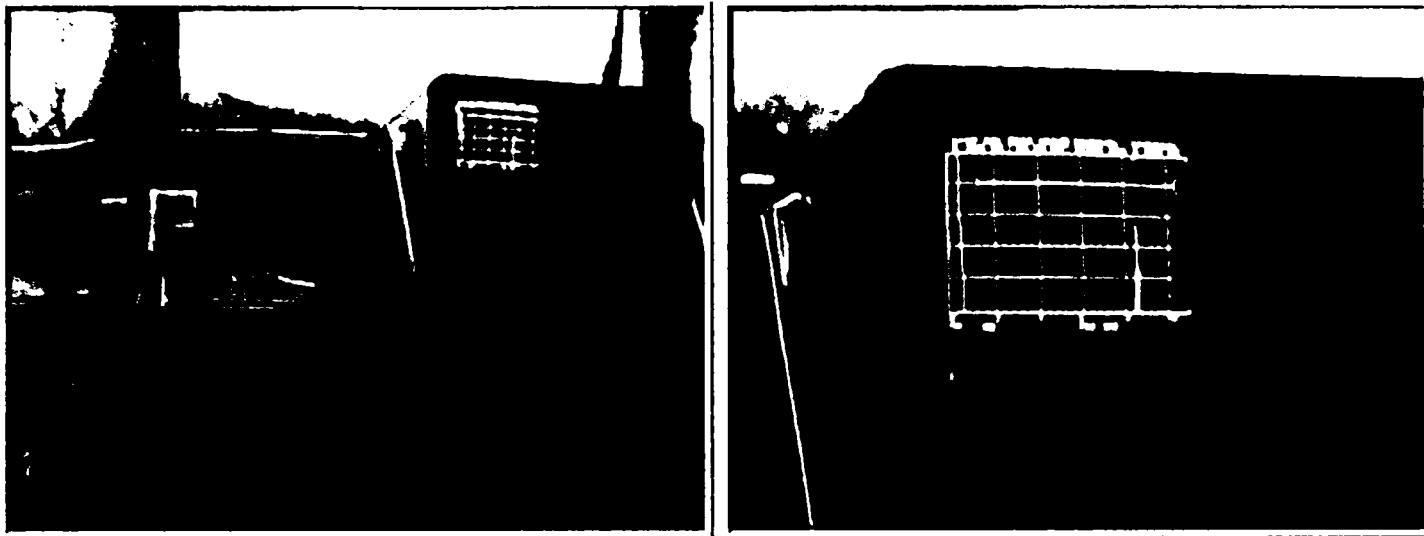


Foto nr.28 Instalatie pentru a pune in evidenta influenta inaltimii coloanei de lichid H_L din traductor asupra amplificarii semnalului ultrasonic

Concluzie : Tinandu-se cont de aceste observatii se poate afirma ca la variatii ale distantei dintre palpatorul MB4S si suprafata de separatie lichid-aer din traductor nu apar modificari semnificative de amplitudine. Aceste diferente incadrandu-se in erorile de masurare.

4.2.2.2 Studiul sensibilitatii traductorului de vibratie la aparitia vibratiei exterioare in functie de distanta D_L fata de traductor si de densitatea lichidului folosit in traductor

Se studiaza sensibilitatea traductorului de vibratie folosind ca lichid in traductor apa, respectiv ulei Avi 8A. Schema dispozitivului utilizat este prezentat in fig.4.15.

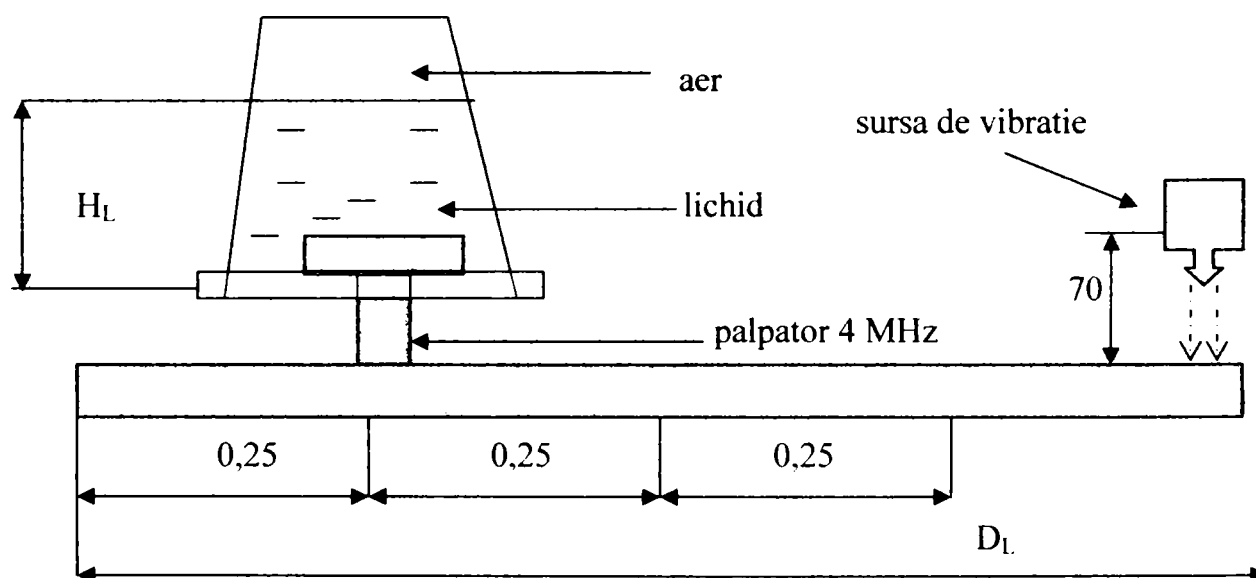


Fig.4.15 Montaj pentru scoaterea in evidenta a sensibilitatii traductorului de vibratie

Ea se compune din pahar din plastic la care este atasat un palpator de 4 MHz asezat pe o placa de

lemn numerotata din 0,25 in 0,25 mm. Palpatorul este conectat la aparatul USD-10. In paharul din plastic se afla apa respectiv ulei la inaltimea de $H_L=46$ mm. Pentru a se realiza acelasi impuls mecanic pe placa de lemn (aceeasi vibratie) s-a folosit o seringa de 5ml din plastic si s-a lasat sa cada de la inaltimea de 70 mm. Pe osciloscopul defectoscopului USD-10 se observa semnalul din foto nr.29

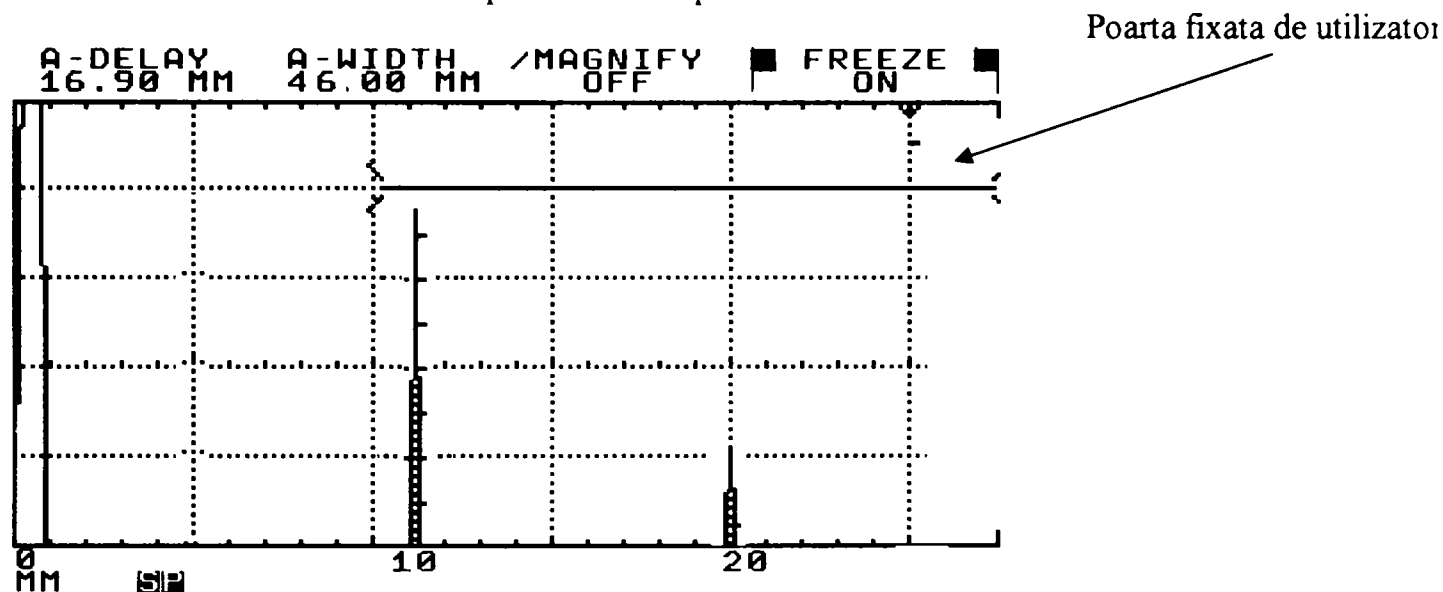


Foto nr.29 Propagarea ultrasunetelor in traductor in cazul emisiei ultrasunetelor fara vibratii exterioare (pentru punerea in evidenta a celui de-al doilea ecou de reflexie)

S-a analizat fenomenul de sesizare a vibratiei in doua cazuri atat pentru apa cat si pentru ulei astfel:

1. Sensibilitatea primului ecou ultrasonor ;
2. Sensibilitatea celui de-al doilea ecou.

Observatie : In momentul in care se produc vibratii, semnalul ultrasonor incepe sa penduleze in sus si in jos atingand poarta, aparatul USD-10 generand un semnal sonor de avertizare.

Pentru traductor cu apa

La primul ecou ultrasonor pentru acelasi impuls pe placa (aceeasi vibratie) se constata ca la distanta $D_{LI}=4,75$ m de traductor nu mai avem semnal sonor de avertizare. Rezulta ca impulsul nu mai depaseste poarta (fixata de utilizator) la aceasta distanta. Masurandu-se de mai multe ori aceasta distanta s-a ajuns la urmatoarele valori din tab.4.1

Distanta D_{LI} (m)	4,79	4,8	4,74	4,75	4,69	4,73
Amplificarea (dB)	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
Valoarea maxim sesizabila V_m (m)	0,1157	0,1159	0,1144	0,1147	0,1132	0,1142

Tab.4.1 Masuratori privind valoarea maxim sesizabila de traductorul de vibratie –cazul apei la primul ecou

Pentru o intelegere mai buna a sensibilitatii traductorului se introduce notiunea de **valoare maxim sesizabila (Vm)** si reprezinta raportul dintre distanta maxima la care traductorul nu mai sesizeaza vibratia si amplificarea semnalului ultrasonor.

$$V_m = D_L / A$$

Valoarea medie maxim sesizabila la apa pentru primul ecou

$$V_{1_{medie\ apa}} = 4,75 / 41,4 = 0,11 \text{ m/dB}$$

Se muta poarta si pentru al doilea ecou pastrandu-se aceeasi amplitudine de 41,4 dB. Pentru acelasi impuls pe placa se constata ca la distanta $D_{L2}=1,75$ m de traductor nu se mai inregistreaza semnal sonor de avertizare (tab.4.2). Oscilograma nu mai are aceleasi valori de oscilatie ca la primul ecou.

Distanta D_{L2} (m)	1,73	1,78	1,76	1,79	1,73	1,76
Amplificarea (dB)	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
Valoarea maxim sesizabila V_m (m)	0,041	0,042	0,042	0,043	0,041	0,042

Tab.4.2 Masuratori privind valoarea maxim sesizabila de traductorul de vibratie –cazul apei la al doilea ecou

Valoarea medie maxim sesizabila la apa pentru al doilea ecou

$$V_{2_{medie\ apa}} = 1,75 / 41,4 = 0,042 \text{ m/dB}$$

Concluzie : Cu cat creste distanta fata de traductor, la aceeasi vibratie ,cu atat semnalul sonor de avertizare este mai scurt .La primul ecou sensibilitatea este de 2,7 ori mai mare ,adica $D_{L1}=4,75$ m fata de $D_{L2}=1,75$ m la cel de-al doilea ecou, pentru aceeasi amplitudine.

A doua notiune introdusa este **Sensibilitatea relativa (Sr)** si reprezinta raportul dintre valoarea maxim sesizabila pentru al doilea ecou si valoarea maxim sesizabila pentru primul ecou

$$S_r = V_{2_{medie\ apa}} / V_{1_{medie\ apa}} = 0,042 / 0,11 = 0,381 = \mathbf{38 \%}$$

Pentru traductor cu ulei

La primul ecou ultrasonor pentru acelasi impuls pe placa (aceeasi vibratie) se constata ca distanta D_{L1} este mult micsorata si anume are valoarea de 0,5 m fata de traductor. Masurandu-se de mai multe ori aceasta distanta s-a ajuns la urmatoarele valori din tab.4.3. Datorita faptului ca a scazut densitatea mediului de propagare a ultrasunetelor pentru acelasi semnal de reflexie trebuie sa se mareasca amplitudinea astfel de la valoarea de 41,4 dB la 49,4 dB

Distanța D_{L1} (m)	0,48	0,52	0,51	0,54	0,46	0,48
Amplificarea (dB)	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4
Valoarea maxim sesizabila V_m (m)	0,0097	0,0105	0,0103	0,0109	0,0093	0,0097

Tab.4.3 Masuratori privind valoarea maxim sesizabila de traductorul de vibratie –cazul ulei la primul ecou

Valoarea medie maxim sesizabila la ulei pentru primul ecou

$$V_{1_{medie}} \text{ ulei} = 0,5 / 49,4 = 0,01 \text{ m/dB}$$

Pentru al doilea ecou nu se mai afiseaza semnal de reflexie datorita atenuarii ultrasonore foarte mar

Sensibilitatea relativa (St) reprezinta raportul dintre valoarea maxim sesizabila pentru primul ecou ulei si valoarea maxim sesizabila pentru primul ecou apa

$$St = V_{1_{medie}} \text{ ulei} / V_{1_{medie}} \text{ apa} = 0,01 / 0,11 = 0,09 = 9 \%$$

Sensibilitatea relativa (Sd) reprezinta raportul dintre distanta maxim sesizabila pentru primul ecou ulei si distanta maxim sesizabila pentru primul ecou apa

$$Sd = D_{L1_{medie}} \text{ ulei} / D_{L1_{medie}} \text{ apa} = 0,5 / 4,75 = 0,10 = 10 \%$$

Concluzie : Pentru cazul in care se pune ulei in traductor sensibilitatea primului ecou scade vizibil

($D_{L1_{medie}} \text{ ulei} = 0,5\text{m}$ fata de $D_{L1_{medie}} \text{ apa} = 4,75 \text{ m}$.Cu cat densitatea lichidului este mai mare cu atat sensibilitatea este mai ridicata.Daca se schimba palpatorul MB4S(frecventa de 4 MHZ) cu palpatoru MB2S (frecventa de 2 MHZ) se constata o scadere a sensibilitatii traductorului de vibratie.

4.2.2.3.Studiul comportarii undelor la nivelul undei de suprafata

Pentru a se scoate in evidenta dimensiunile amplitudinii undei de suprafata (fig.4.16) care se genereaza in momentul aparitiei vibratie se umple traductorul de vibratie cu apa, astfel incat inaltimea lichidului H_L (distanța de la palpatorul MB4S la suprafata de separatie apa-aer) sa fie in jurul valorii de 5 mm. Oscilograma apare exact ca in foto nr.19(fara vibratie).In momentul producerii vibratiei, apar undele de suprafata (vezi 4.1.4. Undele de suprafata)generand in felul acesta un tren

de reflexii ultrasonore (vezi foto nr. 30) Interesanta este grosimea acestui tren de reflexii care este de 2,5 diviziuni, aproximativ 0,56 mm(vezi sagetile ingrosate din foto nr.30)

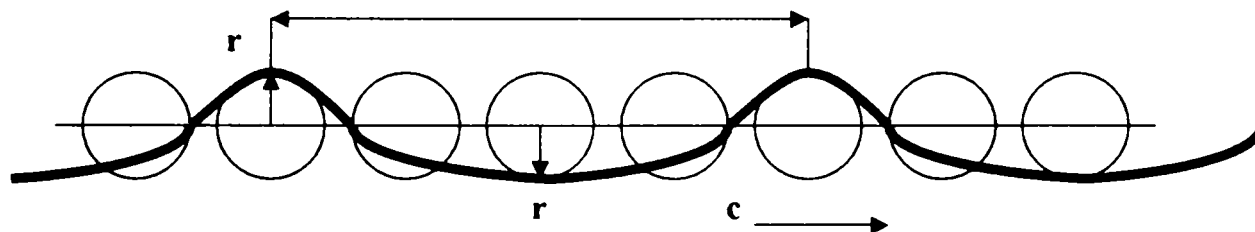


fig.4.16 Unda de suprafata generata de vibratie

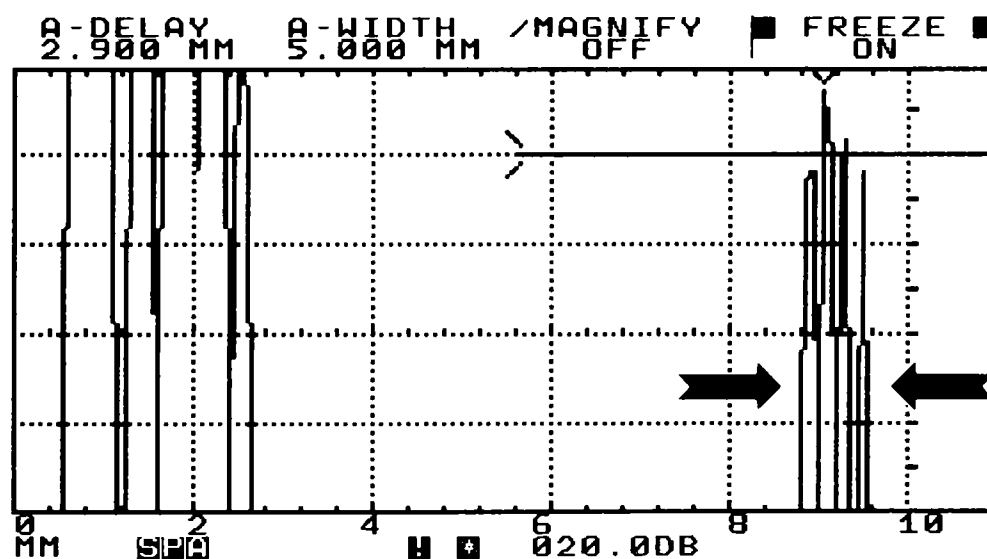


Foto nr.30 Semnal ultrasonor reflectat –cazul cu vibratii –pentru scoaterea in evidenta a amplitudini stratului de suprafata

Din masuratori rezulta ca

$$2 r = 2,5 \text{ diviziuni} = 0,56 \text{ mm}$$

$$\text{de unde } r = 0,56 / 2 = 0,28 \text{ mm}$$

Din relatia (4.1.4. Undele de suprafata .Calculul tensiunii superficiale)

$$C_{\min}^2 = g \lambda / \pi$$

unde: g -acceleratia gravitacionala;
 λ -lungimea de unda;
 ρ -densitatea fluidului;
 C_{\min} -viteza minima .

rezulta lungimea de unda a apei

$$\lambda = \pi C_{\min}^2 / g = 3,14 \times 0,23^2 / 9,8 = 0,0169 \text{ m}$$

Pentru a determina cu exactitate timpul de amortizare a undei de suprafata (din momentul

amplitudinii maxime-momentul producerii undei de suprafata si pana la amortizarea completa) este utilizat montajul din foto nr.31

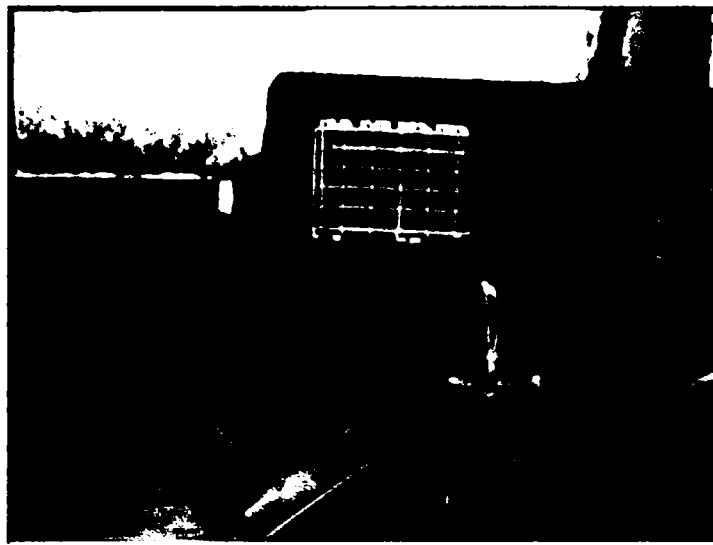
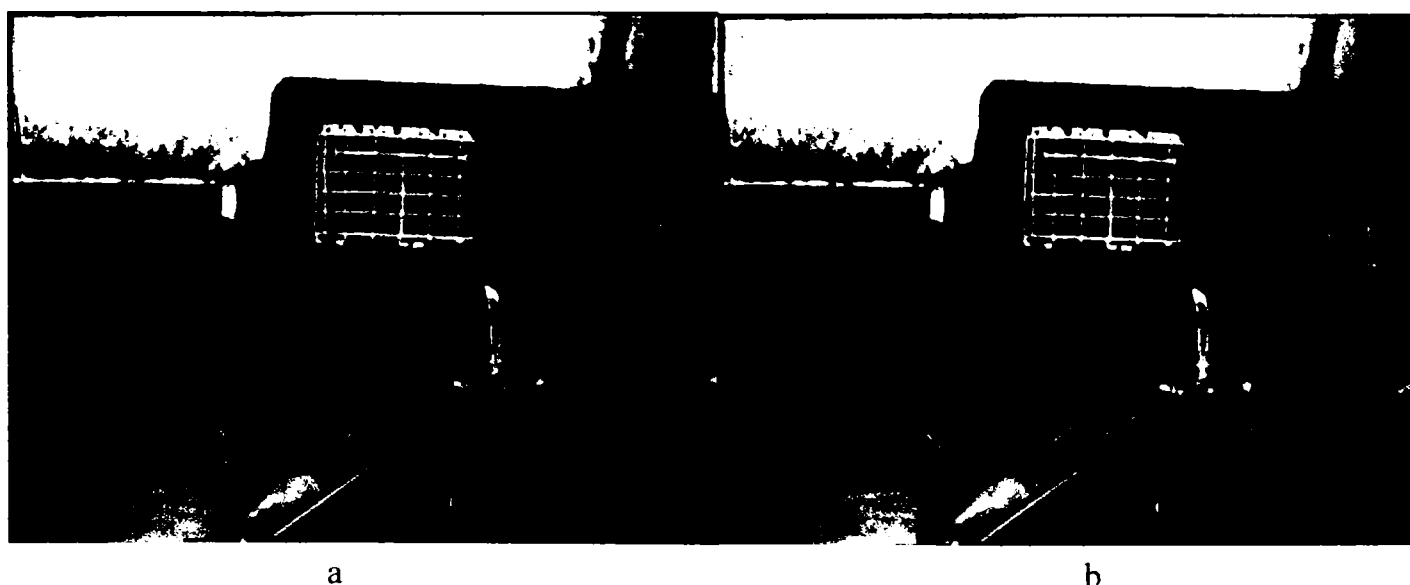


Foto nr.31 Montaj pentru scoaterea in evidenta a timpului de amortizare a stratului de suprafata. Acest montaj este cel prezentat anterior in fig 4.11, cu deosebirea ca se aplica o gaura in partea superioara a traductorului de vibratie. Prin aceasta se introduce un perfuzor astfel incat la un anumit interval de timp sa cada o picatura de apa in masa de lichid a traductorului (in felul asta generandu-se unde de suprafata). Se poate observa formarea picaturii si semnalul pe osciloscop (fara vibratie).

Impulsul de reflexie se afla la valoarea 6 pe scara osciloscopului in mijlocul oscilogramei.

Foto nr.31 este facut la frame 8173 cu timpul de 5:26:880 (minute:secunde: sutimi).



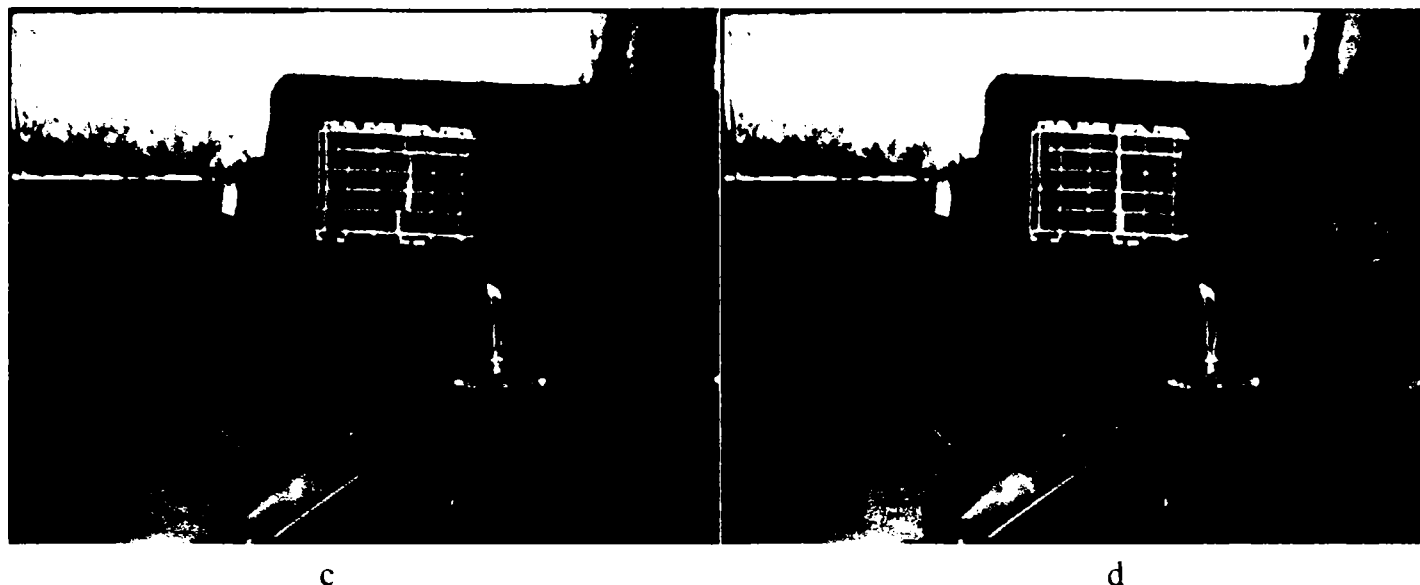


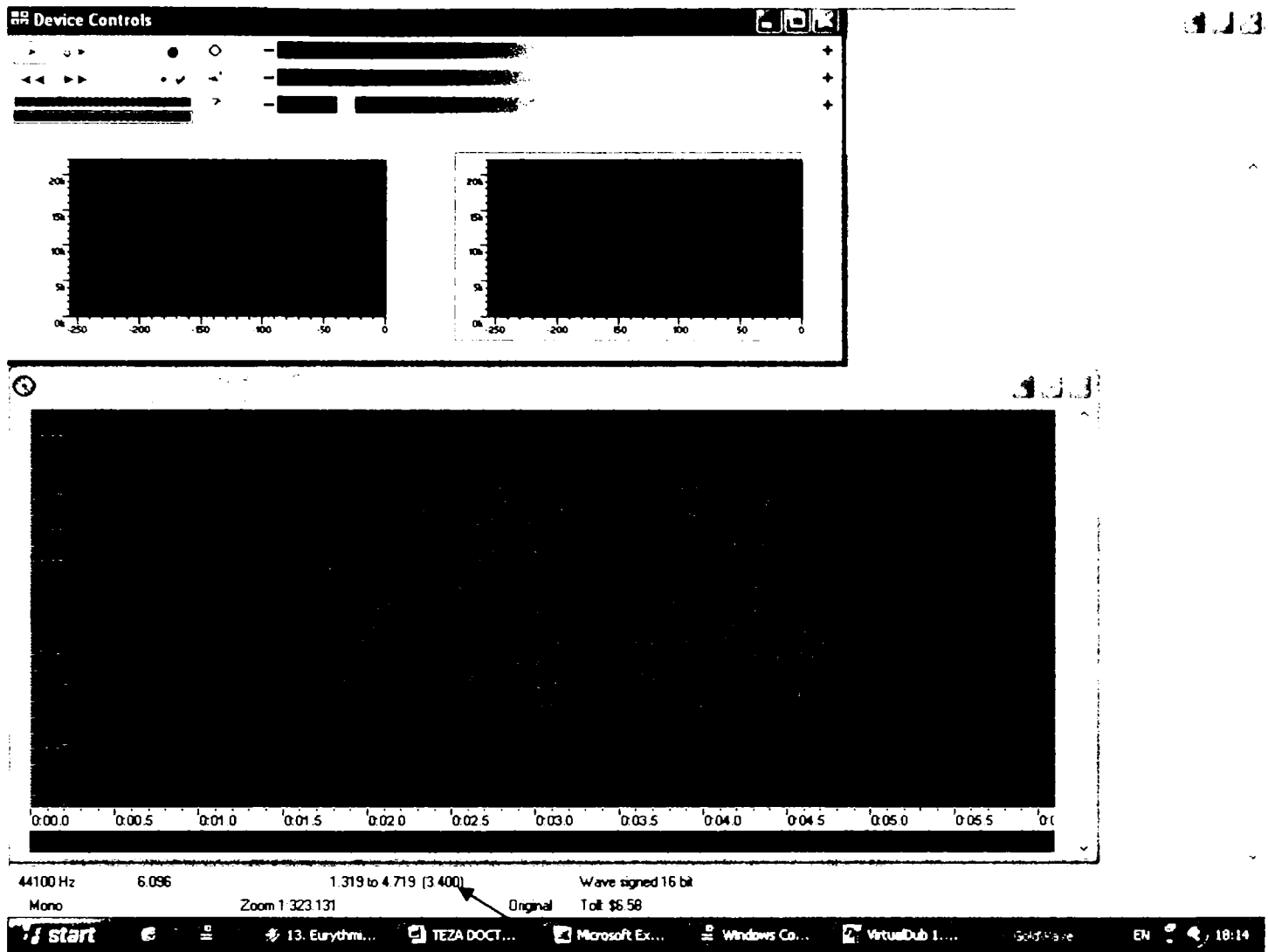
Foto nr.32 Succesiune de poze pentru a scoate in evidenta formarea stratului de suprafata
 a-inceputul caderii picaturii;
 b-momentul contactului cu suprafata apei si implicit de generare a undei de suprafata;
 c-momentul de crestere a impulsului de reflexie (vezi osciloscopul);
 d-momentul amplitudinii maxime a stratului de suprafata.(vezi osciloscopul).

In foto nr.32 pentru imaginea "a" corespunde frame 8174 cu timpul de 5:26:960 deci dupa 0,08 secunde fata momentul formarii picaturii din foto nr.31. Momentul de contact este cu timpul de 5:27:040, dar ceea ce este interesant este timpul de raspuns din partea aparaturii din momentul producerii undei de suprafata si indicatia semnalului de avertizare sonora (semn al depasirii portii). Acest timp este de 0,120 secunde un timp extrem de scurt. Pentru o mai buna intelegere in tab.nr.4.4 sunt redati acesti pasi.

Tab.nr.4.4 Timpii generarii undei de suprafata din traductor

Nr.fotografie	Timp	Frame	Observatie
Foto nr.35	5:26:880	8173	Formarea picaturii
Foto nr.36 a	5:26:960	8174	Caderea picaturii
Foto nr.36 b	5:27:040	8176	Contactul picaturii cu apa din traductor
Foto nr.36 c	5:27:160	8179	Generarea semnal sonor si atingerea portii de catre impulsul de reflexie
Foto nr.36 d	5:27:200	8180	Punctul de maxim la oscilatiei undei de suprafata

Timpul de amortizare a undei (vezi 4.1.2. Vibratii amortizate si fortate) este prezentat in foto nr.33 apelandu-se la programul de prelucrare sunet GoldWave.



Timpul sunetului generat de USD-10

Foto nr.33 Spectograma sunetului generat de aparatul USD-10 din momentul generarii stratului de suprafata si pana la amortizarea completa a acestuia.

In zona incadrata este semnalul sonor, timpul total de amortizare a unei stratului de suprafata este de 3,4 secunde. Acest timp este corespunzator generarii unei de suprafata de catre o picatura de apa.

4.2.2.4. Studiul saltului de presiune in traductorul de vibratie la aparitia a doua vibratii exterioare

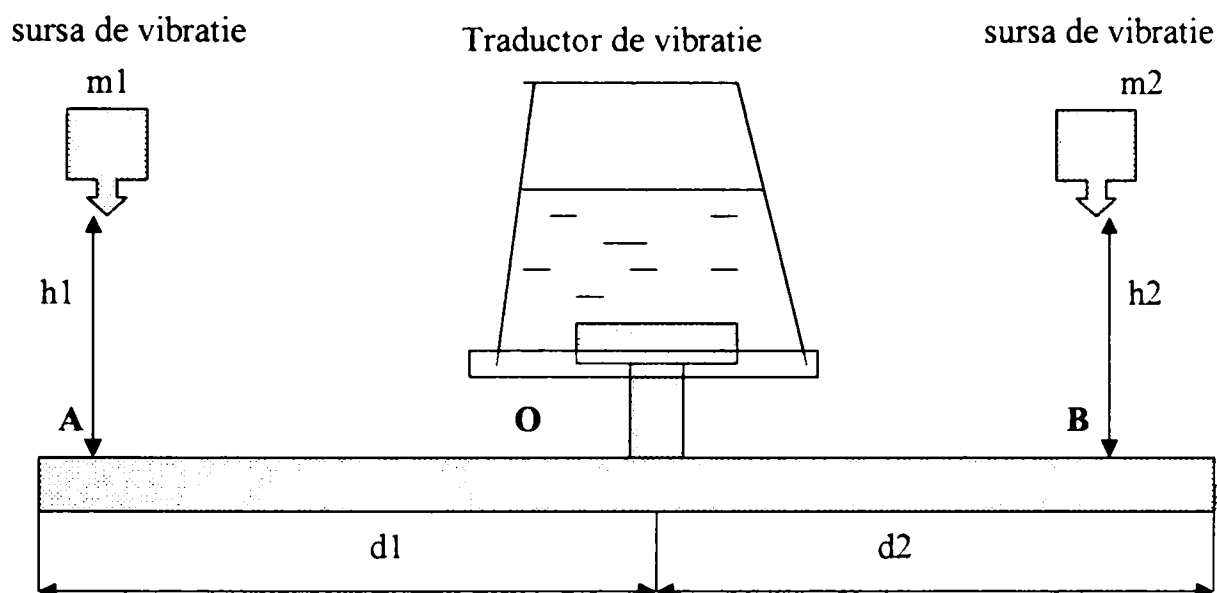


Fig.4.17 Montaj pentru scoaterea in evidenta a saltului de presiune in traductorul de vibratie cu ajutorul producerii a doua vibratii exterioare

In fig.4.17 se observa doua obiecte din metal de mase m_1 si m_2 ($m_1 \approx m_2$) pozitionate la inaltimea h_1 si h_2 ($h_1 \approx h_2$) fata de masa de lucru si la distantele d_1 si d_2 in stanga respectiv dreapta traductorului .

Testul are trei etape distincte :

Etapa 1

Se lasa sa cada liber de la inaltimea h_1 primul obiect din metal de masa m_1 . In punctul A la contactul dintre m_1 si masa de lucru se genereaza o unda mecanica care se propaga spre traductorul de vibratie. Pe osciloscopul aparatului USD-10 se inregistreaza graficele din Anexa nr.16 cu diferite amplitudini. Analizandu-se aceste grafice s-a observat ca pozitia 0,2, si 15 sunt egale (la fel si pozitiile 8,10,11,16 si 17). Pozitia 3 are amplitudine maxima (vezi fig.4.18 si Anexa nr.16) Amortizarea undei s-a realizat in $t_1=0,667$ secunde.

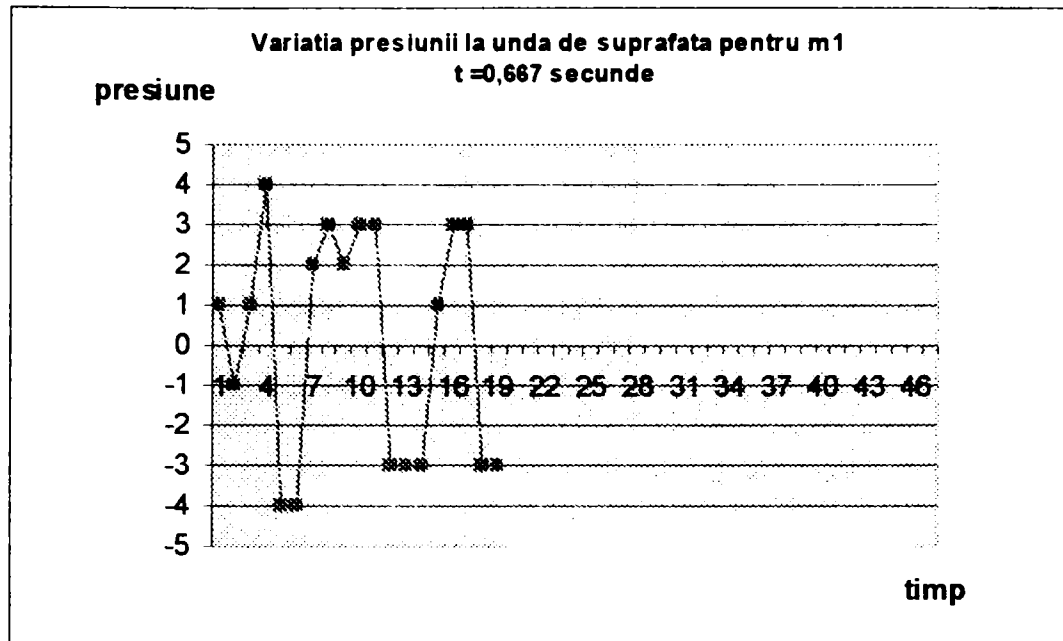


Fig.4.18 Variatia presiunii in traductorul de vibratii in momentul generarii undei de suprafata prin caderea corpului de masa m1 pe masa de lucru

Etapa 2

Se lasa sa cada liber de la inaltimea h_2 al doilea obiect din metal de masa m_2 . In punctul B la contactul dintre corpul m_2 si masa de lucru se genereaza o unda mecanica care se propaga spre traductorul de vibratii de asta data din partea dreapta. Pe osciloscopul aparatului USD-10 se inregistreaza graficele din Anexa nr.17 cu diferite amplitudini. Analizandu-se aceste grafice s-a observat ca pozitiile 0,14,15 si 17 sunt la fel precum si pozitiile 7,8,9 si 10. Saltul cel mai mare este la pozitiile 5 si 6 (fig.4.19 si Anexa nr. 17). Amortizarea undei s-a realizat in $t_2=0,766$ secunde

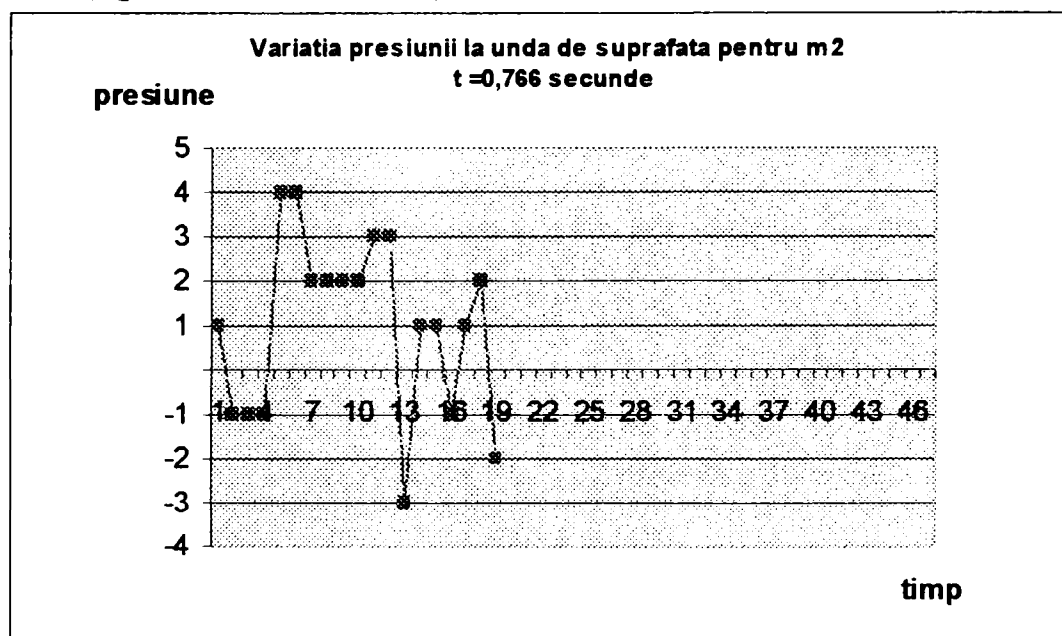


Fig.4.19 Variatia presiunii in traductorul de vibratii in momentul generarii undei de suprafata prin caderea corpului de masa m2 pe masa de lucru

Etapa 3

Se lasa sa cada de la aceeasi inaltime ($h_1 \approx h_2$), simultan obiectele de masa m_1 si m_2 . In punctele A respectiv B se genereaza doua unde relativ egale care se propaga spre punctul O(spre traductor) una din stanga cealalta din dreapta. Pe osciloscopul aparatului USD-10 se inregistreaza graficele din Anexa nr. 18 cu diferite amplitudini. Analizandu-se aceste grafice s-a observat ca saltul de presiune maxima este in pozitia 4 si 5. Mai sunt inregistrate salturi in pozitiile 11 si 12 respectiv 15-19 (vezi fig.4.20 si Anexa nr.18) urmand sa scada in amplitudine la pozitiile 21 si 24 respectiv 29 si 30. Timpul $t_3=1,133$ secunde.

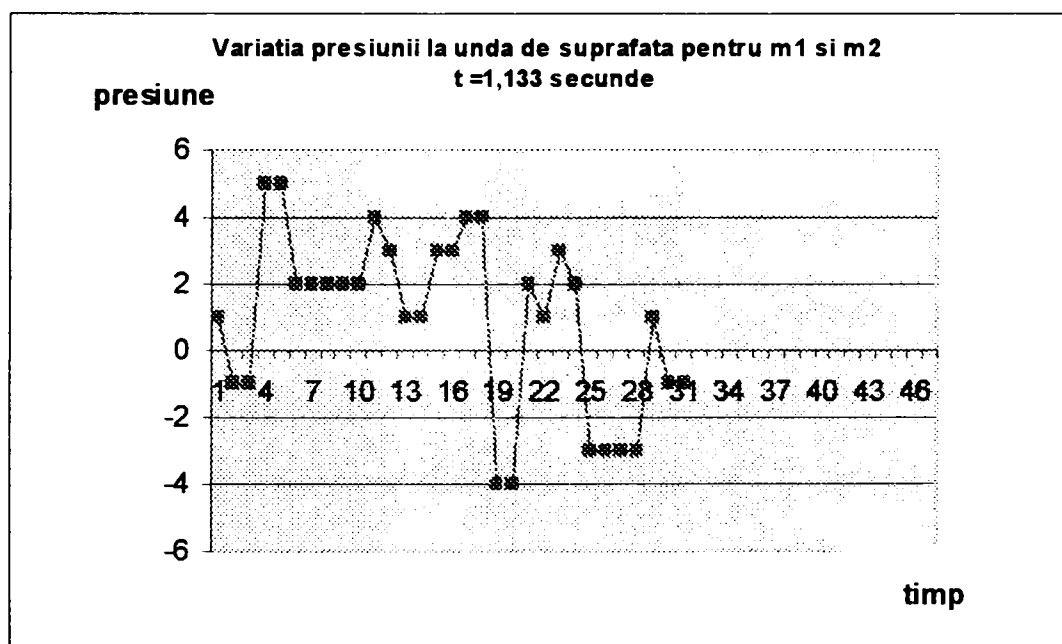


Fig.4.20 Variatia presiunii in traductorul de vibratii in momentul generarii undei de suprafata prin caderea corpurilor de masa m_1 si m_2 simultan pe masa de lucru

Concluzii : Daca se compara graficul din fig 88 cu fig.86 si fig 87 se observa ca are loc o compunere a trei unde. Doua generate de obiectele de masa m_1 si m_2 si a treia este unda ultrasonora produsa in interiorul traductorului de vibratie de palpatorul MB 4S.

Pe portiunea 3-6, in toate cele trei grafice, este cel mai mare salt de presiune urmand sa scada in amplitudine in intervalul 10-12. Pe portiunea 15-21 se observa o amortizare treptata pana la echilibru undei de suprafata.

4.3. CONCLUZII

1. CALCULUL TENSIUNII SUPERFICIALE MINIME A APEI LA STRATUL DE SUPRAFATA

Avandu-se in vedere faptul ca , cu cat creste densitatea lichidelor cu atat creste si viteza de propagare a ultrasunetelor, s-a ales apa (fiind mediul cu cea mai buna propagare a ultrasunetelor din lichidele studiate) pentru calculul tensiunii superficiale minime. Importanta studierii stratului de suprafata este cruciala in intelegerea functionarii " Traductorului ultrasonic de vibratie". Cunoscandu-se aceasta tensiune superficiala se poate calcula viteza de propagare a undei de suprafata (se pune in evidenta sensibilitatea traductorului ultrasonic de vibratie) a apei , care este de 0,23 m/s pentru $\lambda=1,73\text{cm}$ (vezi formula 4.51).

2. EXPERIMENTANDU-SE FENOMENUL DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR PE MAI MULTE LICHIDE, S-A PUS IN EVIDENTA UN FENOMEN INTERESANT IN CEEA CE PRIVESTE TRANSMITEREA SI RECEPTIA VIBRATIILOR

Studiindu-se propagarea ultrasunetelor pe mai multe lichide, s-a pus in evidenta un fenomen interesant in ceea ce priveste transmiterea si receptia vibratiilor. El este prezentat pe larg in subcapitolul 4.2."Traductorul de vibratie", subcapitol ce cuprinde prezentarea montajului folosit (foto 17, 18 si fig.4.10, 4.11) si functionarea acestuia. Au fost facute cercetari experimentale cu traductor ultrasensibil, datele obtinute prelucrându-se cu ajutorul calculatorului (avand introdus soft specializat in imaginerie). Pentru punerea in evidenta a oscilatiilor foarte rapide care s-au produs la inducerea vibratiilor (70 de oscilograme in intervalul de 2,5 secunde-Anexa nr.15) s-a folosit o camera de luat vederi. Studiul a cuprins :

A. Evaluarea sensibilitatii traductorului de vibratie prin influenta coloanei de lichid (H_L) din traductor asupra amplificarii semnalului ultrasonor (foto nr.28 si foto nr.27 a,b si c). Concluzia a fost ca semnalul de reflexie a ramas la aceeasi amplificare in toate cazurile a,b,si c respectiv la inaltimea lichidului in traductor de $H_L= 46 \text{ mm}$, $H_L= 22 \text{ mm}$ si $H_L= 9 \text{ mm}$.

B. S-a facut studiul sensibilitatii traductorului de vibratie la aparitia vibratiei exterioare in functie de distanta (D_L) fata de traductor si densitatea lichidului folosit in traductor (fig.4.15 si foto nr.29)

S-a analizat fenomenul de sesizare a vibratiei in doua cazuri (sensibilitatea primului ecou si sensibilitatea celui de-al doilea ecou) atat pentru apa cat si pentru ulei. In momentul in care se produc vibratii, semnalul ultrasonor incepe sa penduleze in sus si in jos, atingand poarta fixata pe aparatul USD-10, acesta generand un semnal acustic de avertizare. Acest semnal se produce la distanta maxima $D_L=4,75$ m, pentru cazul in care se foloseste apa in traductor. Vibratia a fost generata de o seringa de 5 ml din plastic lasata sa cada de la inaltimea de 70 mm. In modul acesta au fost trase urmatoarele concluzii :

1. In cazul apei, la aceeasi vibratie produsa, cu cat creste distanta fata de traductor, cu atat semnalul sonor de avertizare este mai scurt. La primul ecou sensibilitatea este de 2,7 ori mai mare fata de cel de-al doilea ecou ($D_{L1}= 4,75$ m fata de $D_{L2}=1,75$ M), pentru aceeasi amplitudine a semnalului de reflexie. Astfel sensibilitatea relativa, reprezentand raportul dintre valoarea maxim sesizabila pentru al doilea ecou si valoarea maxim sesizabila pentru primul ecou este de 38%.

2. In cazul ulei, sensibilitatea primului ecou scade vizibil fata de apa ($D_{L_{ulei}}= 0,5$ m fata de $D_{L_{apa}}= 4,75$ m). In acest caz, datorita densitatii uleiului, nu mai apare al doilea ecou, ca urmare nu s-a mai putut calcula sensibilitatea relativa dintre al doilea ecou si primul ecou.

3. Cu cat densitatea lichidului folosit in traductor este mai mare, cu atat sensibilitatea traductorului este mai ridicata.

4. Daca se schimba palpatorul MB4S (cu frecventa de 4 MHz) cu palpatorul MB2S (cu frecventa de 2 MHz) in traductor (fig.4.10), se constata o scadere a sensibilitatii traductorului de vibratie.

5. Calculandu-se sensibilitatea relativa (Sd), reprezentand raportul dintre distanta maxim sesizabila pentru primul ecou-ulei si distanta maxim sesizabila pentru primul ecou-apa, a rezultat valoarea de 10%. Deci avand un traductor cu ulei, sensibilitatea este de zece ori mai mica decat cu apa

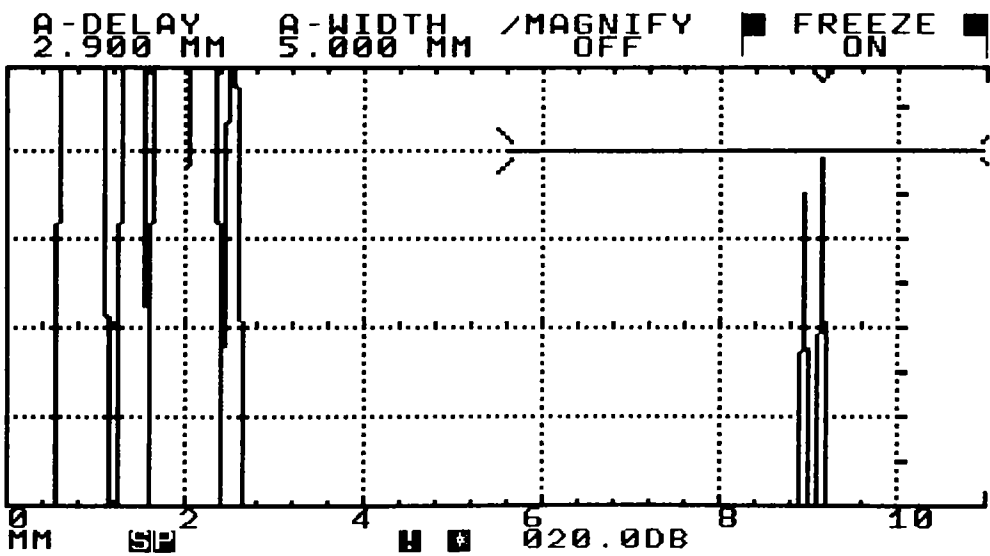
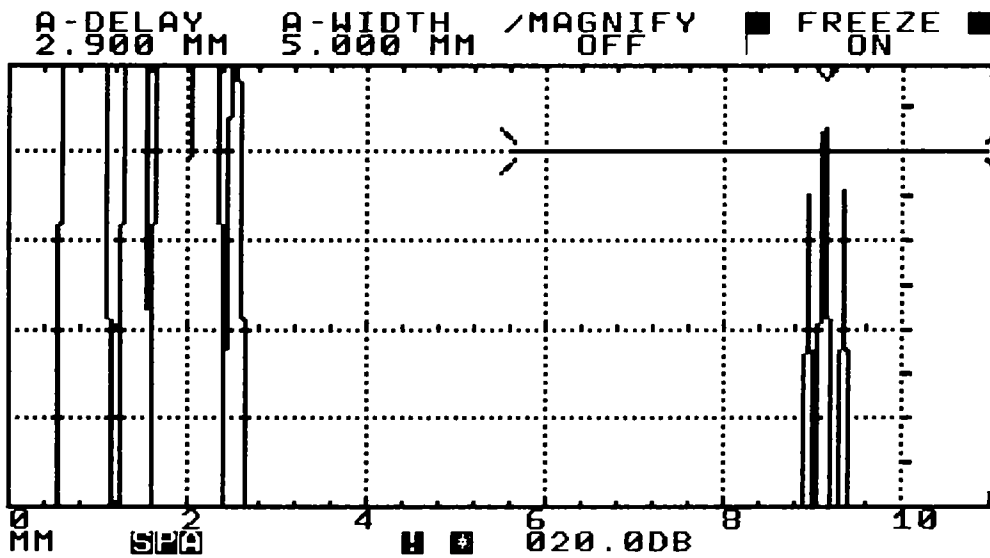
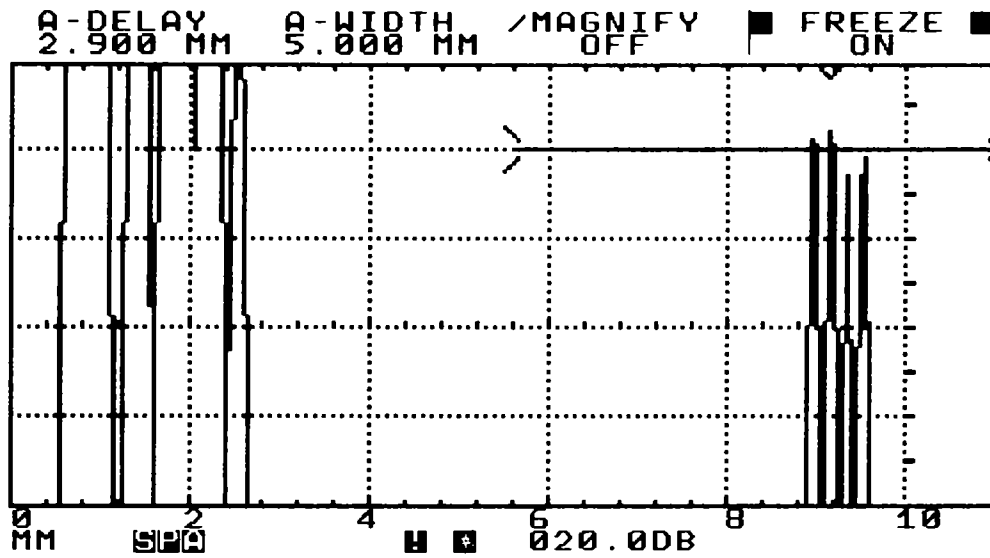
C. S-a masurat amplitudinea stratului de suprafata $r = 0,28$ mm (foto nr.30) si timpul de amortizare t stratului de suprafata (foto.31, 32 si 33) , $t = 3,4$ secunde. Pentru calculul lui t a fost generata o unda de suprafata , produsa de o picatura de apa.

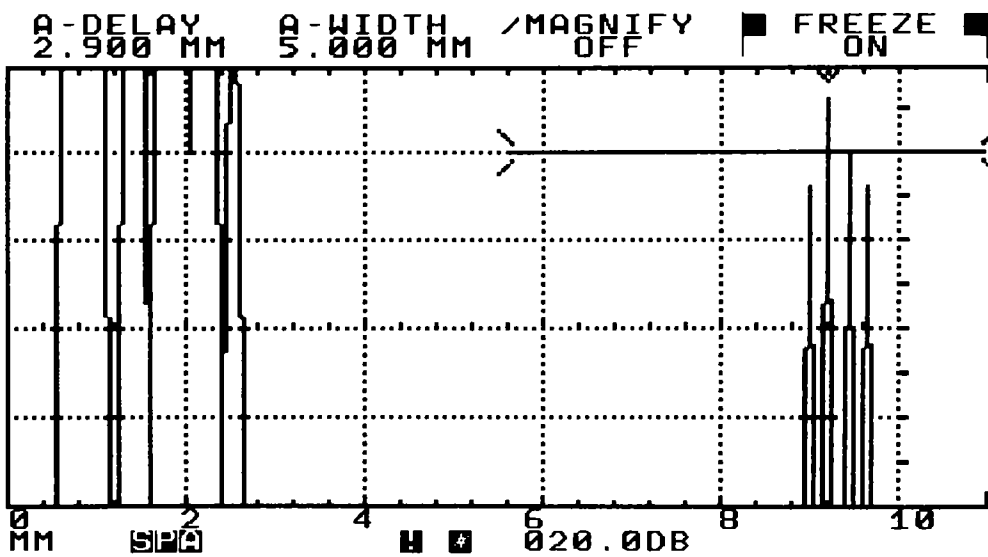
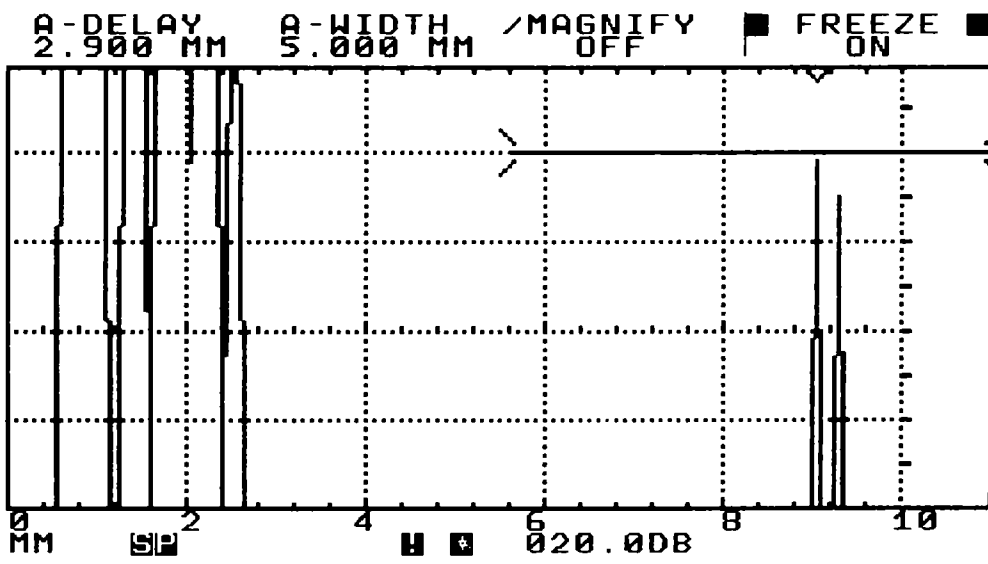
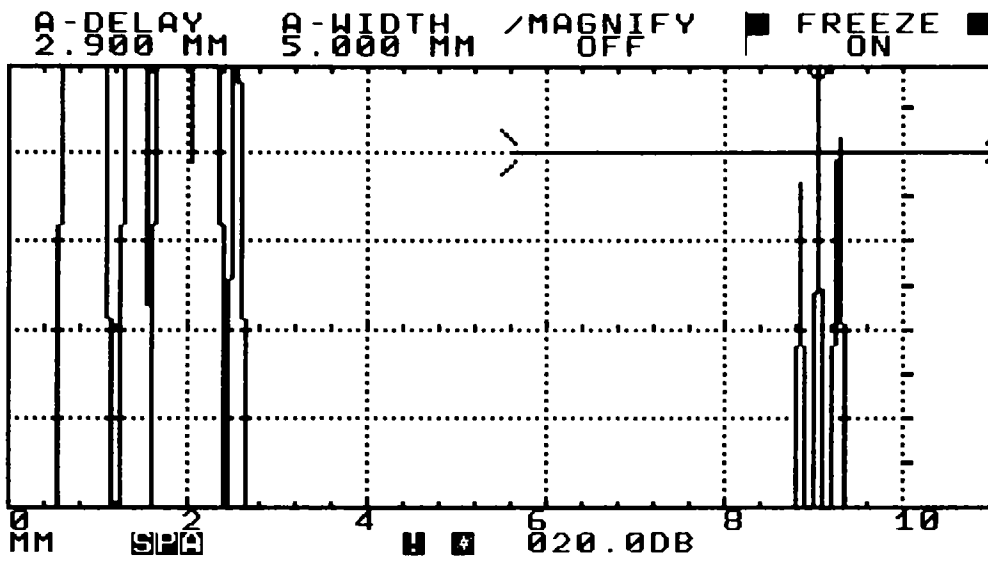
D. S-a mai efectuat studiul saltului de presiune in traductorul de vibratie la aparitia a doua vibratii exterioare (fig.4.17). In Anexa nr.16 este aratata o succesiune de oscilogramme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera a unui corp de masa m_1 , pe o suprafata plana, la distanta d_1 fata de traductor (vezi fig.4.17) .Intervalul de oscilatie este de $t_1=0,667$ secunde (frame 1430-1450 de la 0:00:47:666 la 0:00:48:333). In Anexa nr.17 este aratata o succesiune de oscilogramme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera a unui corp de masa m_2 , pe o suprafata plana la distanta d_2 fata de traductor (vezi fig.4.17).Intervalul de oscilatie este de $t_2=0,766$ secunde (frame 1648-1671 de la 0:00:54:933 la 0:00:55:699). In Anexa nr.18 este aratata o succesiune de oscilogramme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera simultan a doua corpuri, de mase m_1 si m_2 (aprox.egale), pe o suprafata plana, la distanta d_1 si d_2 fata de traductor (vezi fig.4.17) .Intervalul de oscilatie este de $t_3=1,133$ secunde (frame 2093-2127 de la 0:01:09:766 la 0:01:10:899).

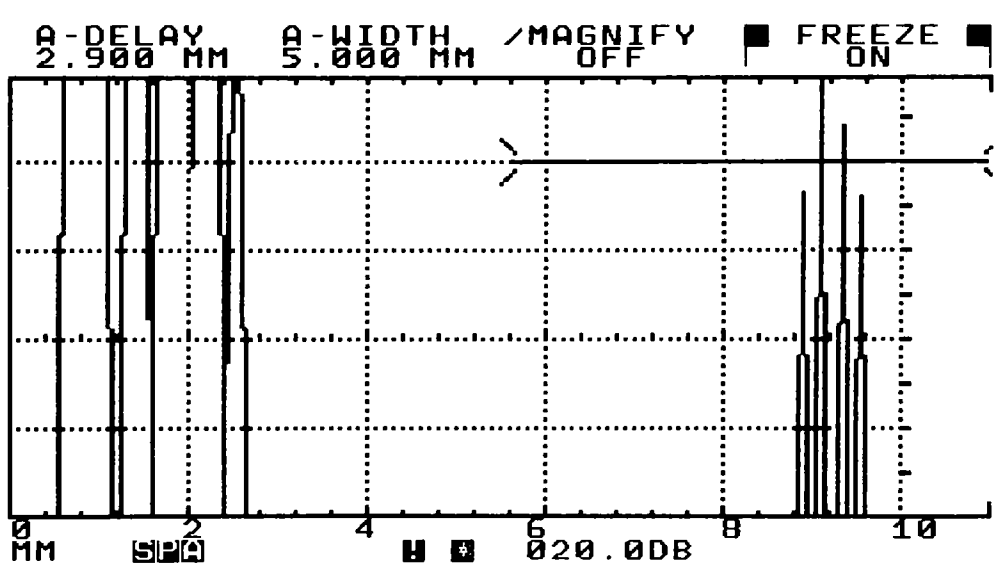
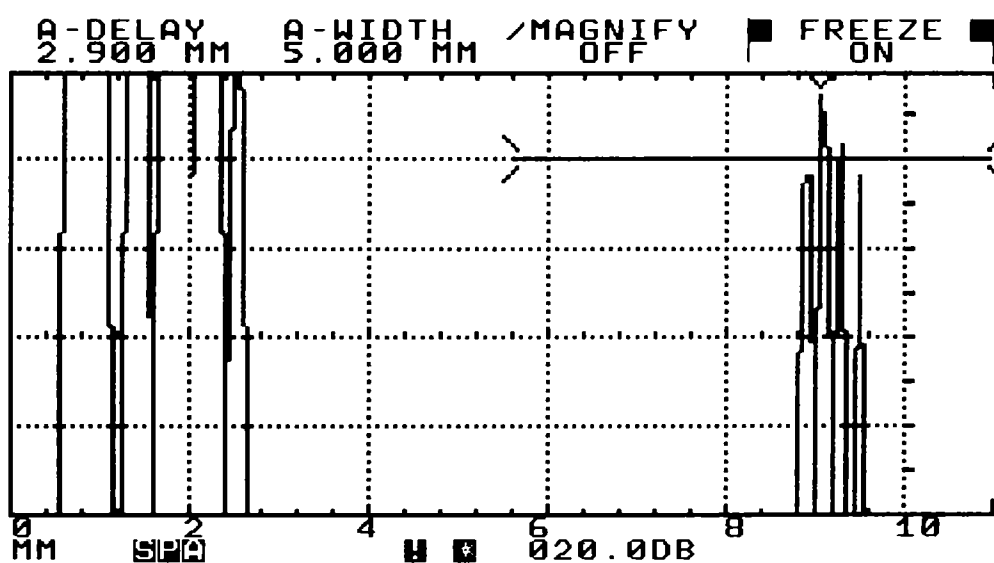
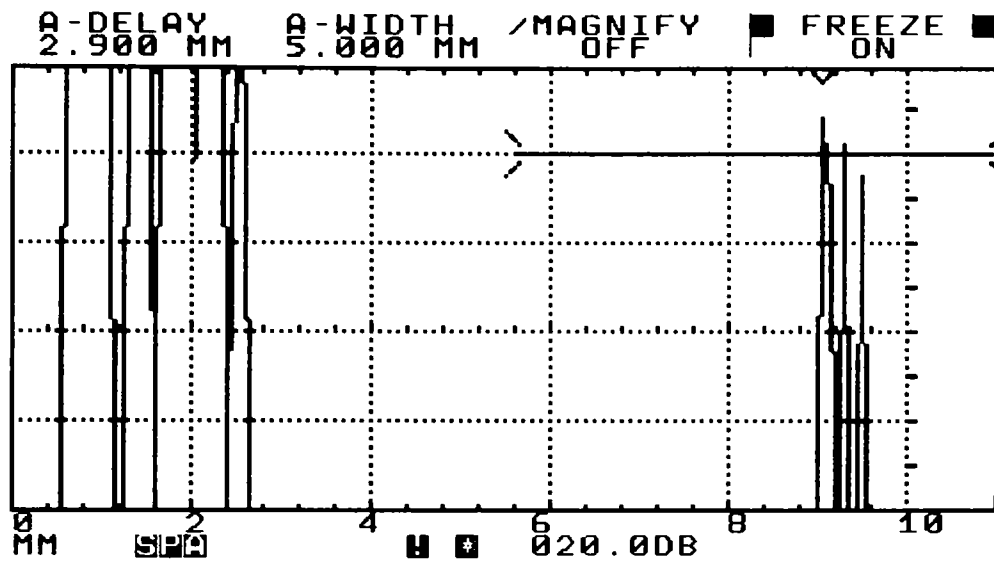
4.3.ANEXE

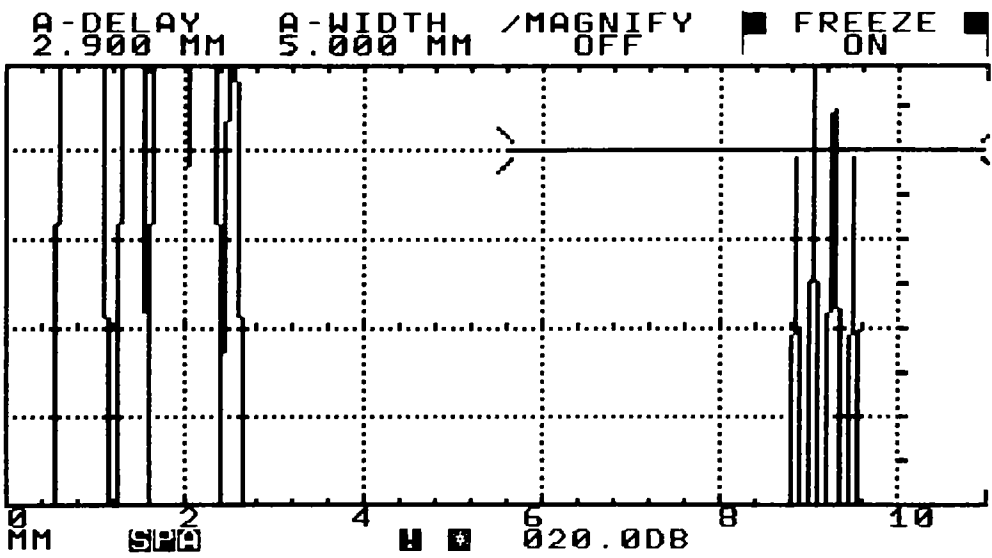
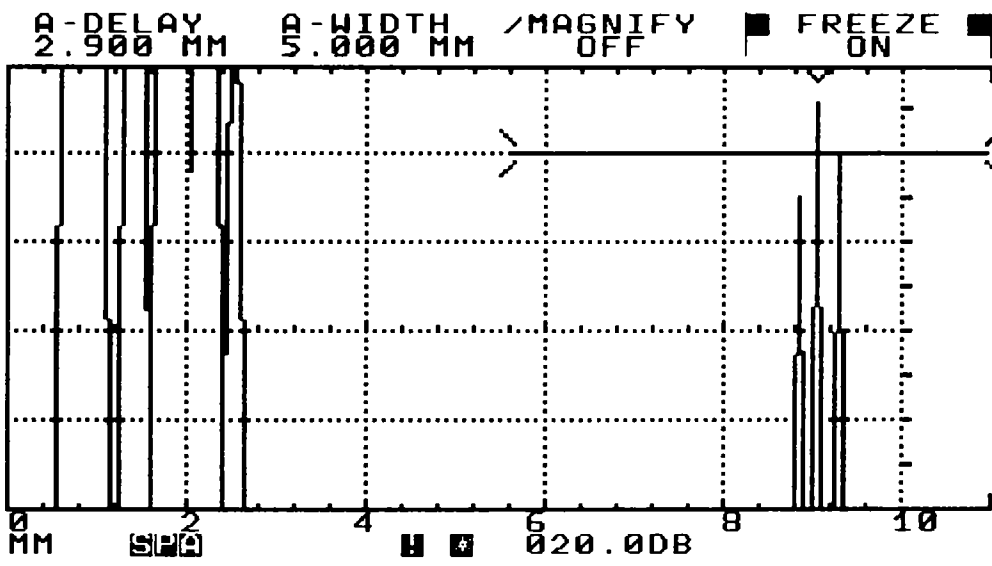
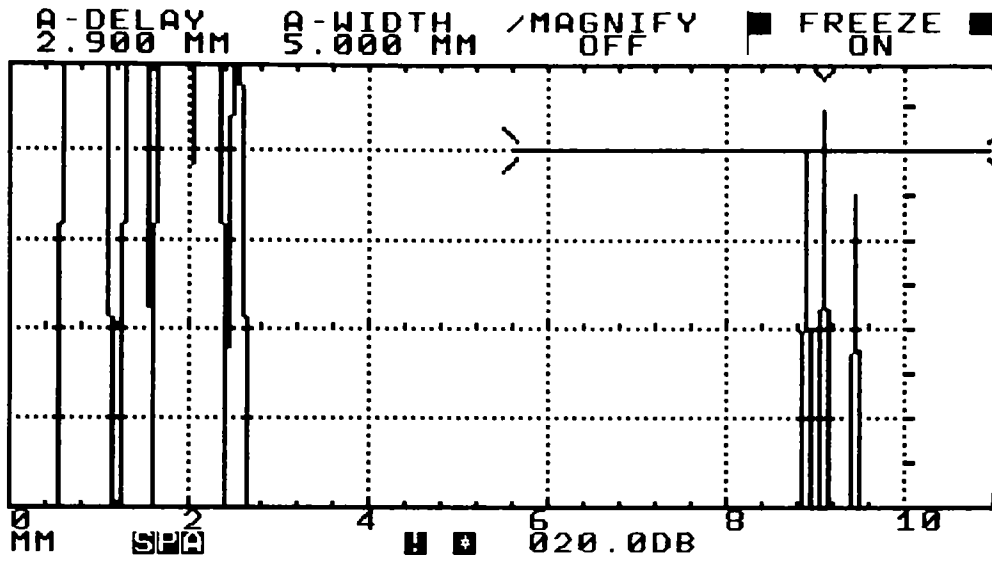
ANEXA NR.14

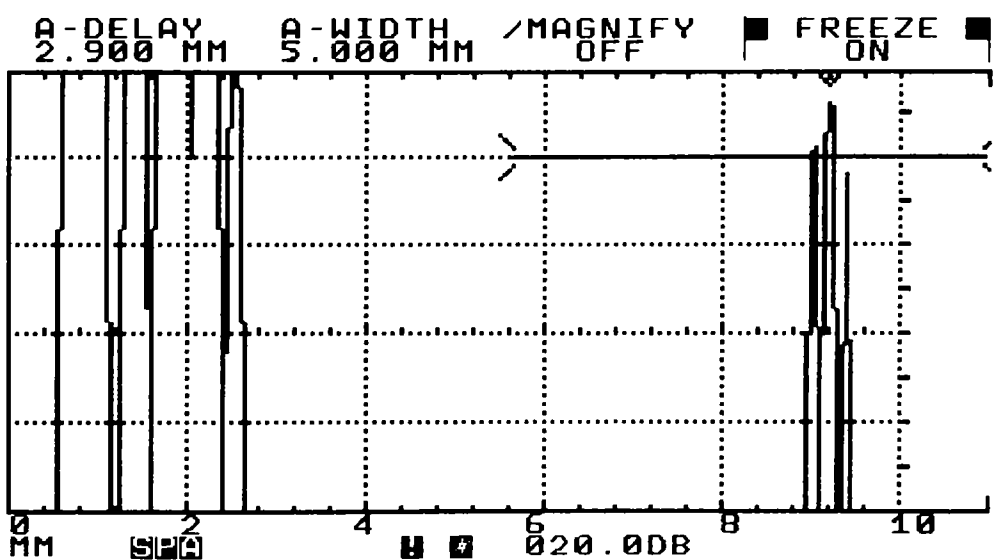
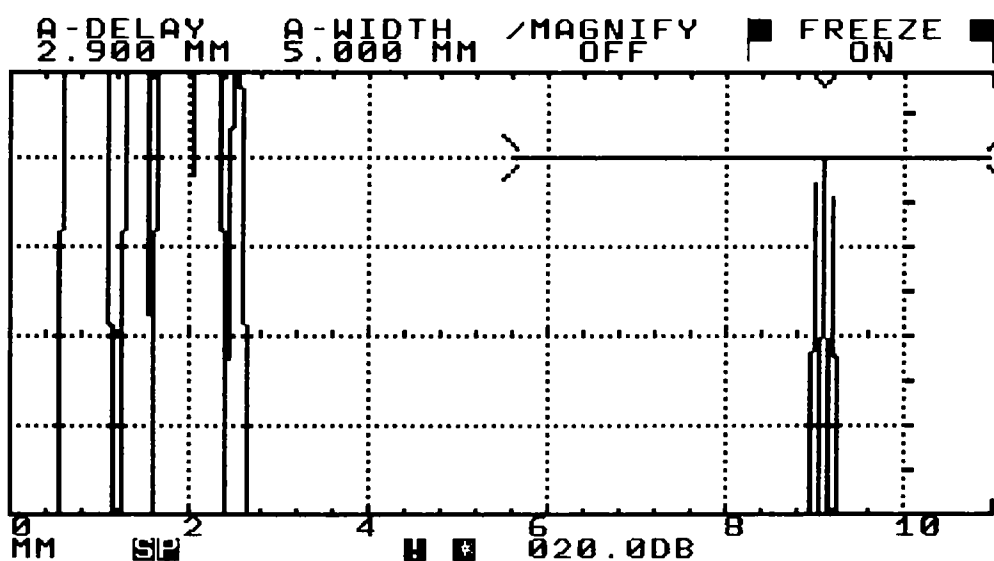
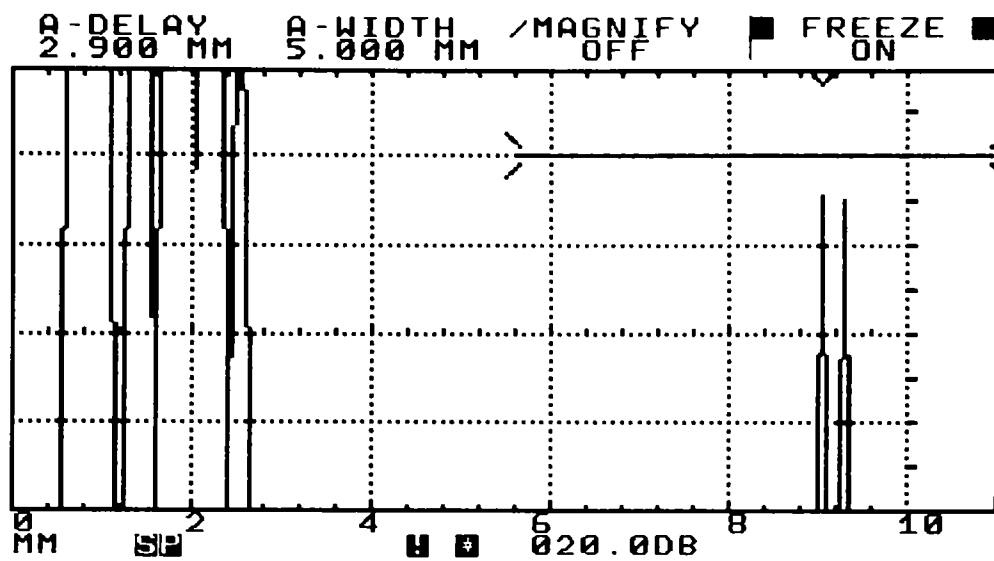
Oscilograme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa de o vibratie avand sursa de oscilatie pe o suprafata plana aflat la distanta d1 fata de traductor. Oscilogramele sunt realizate pe aparatul USD-10 si salvate cu instructiunea de « inghetare a imaginii » de pe ecranul aparatului.

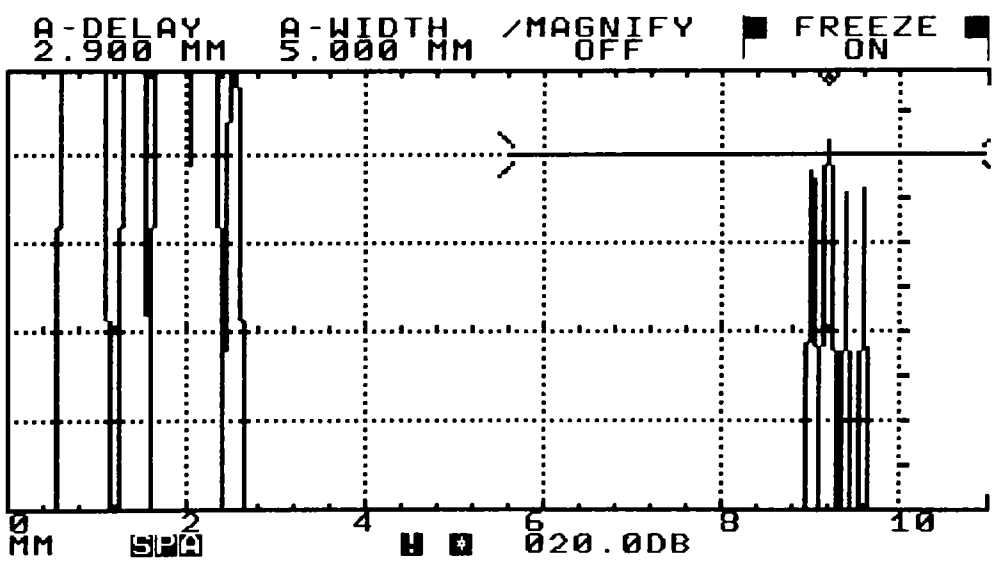
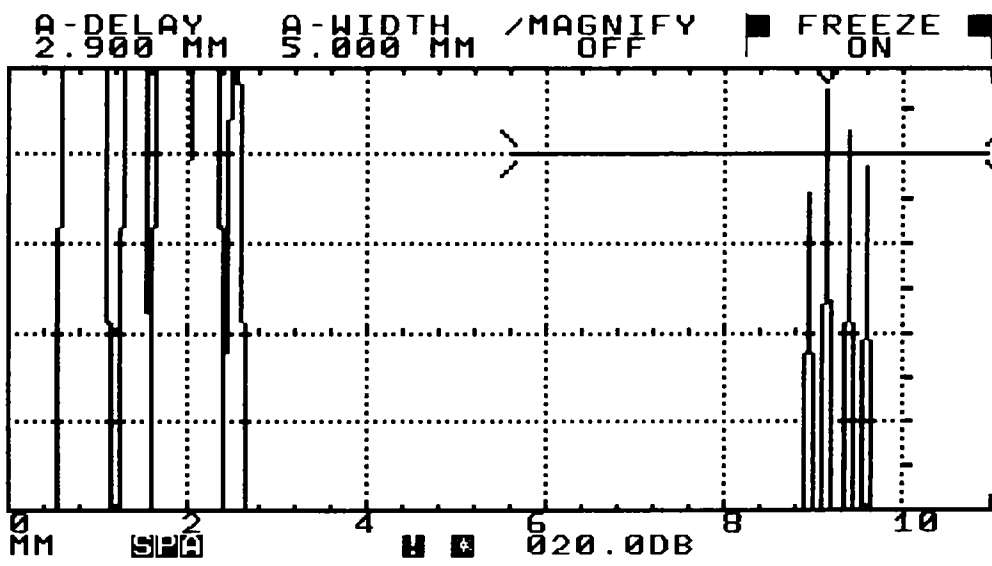
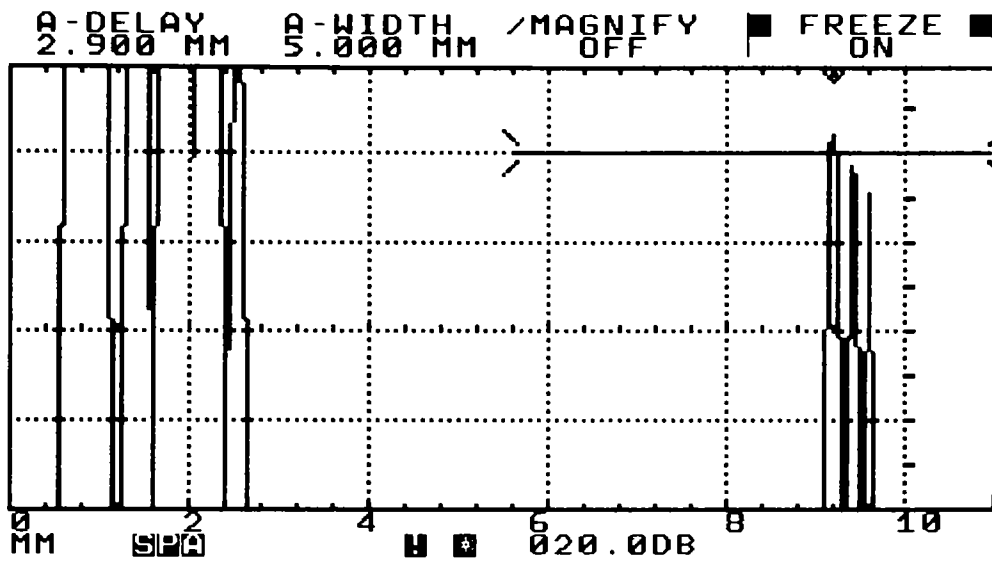


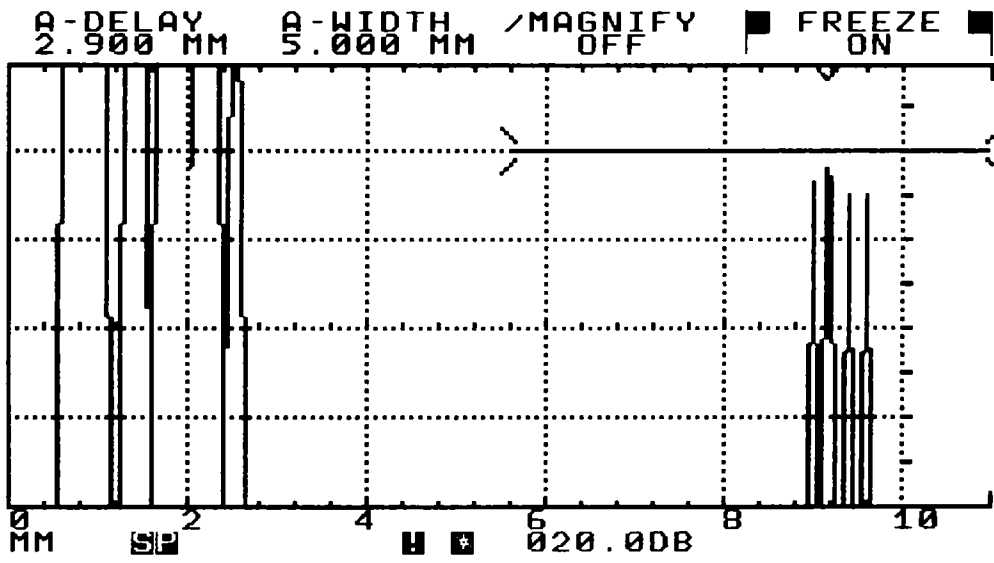
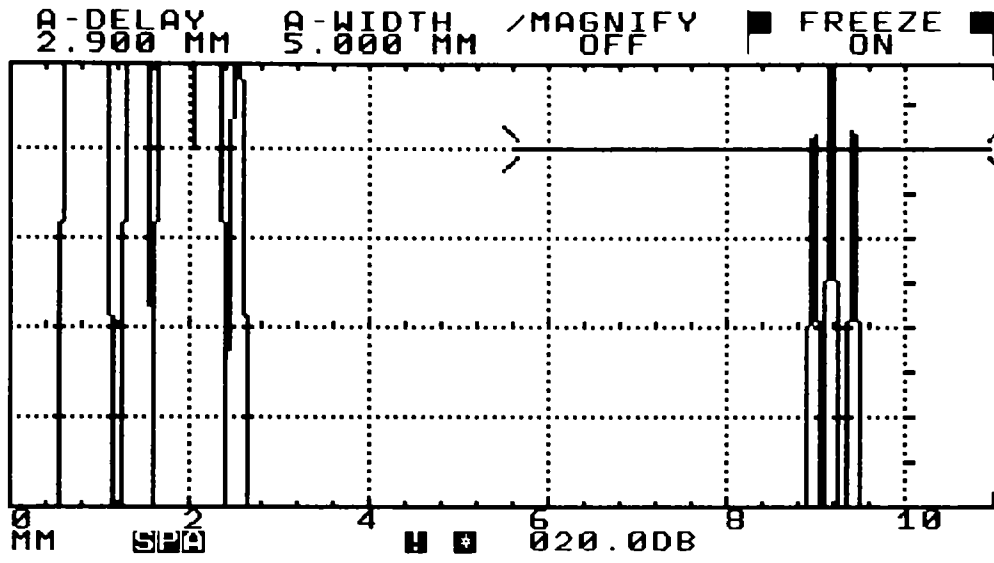






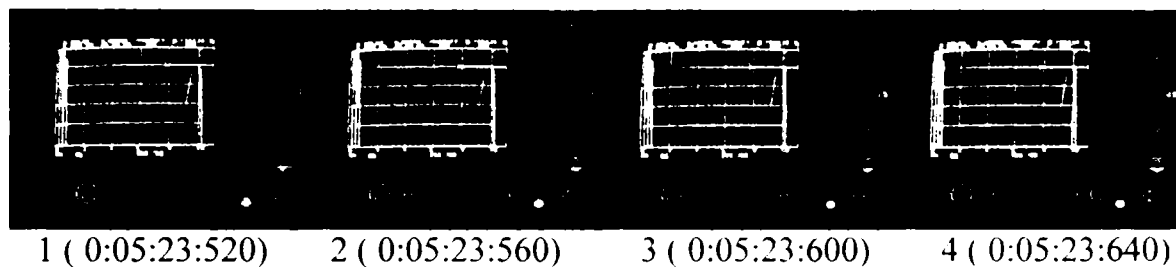




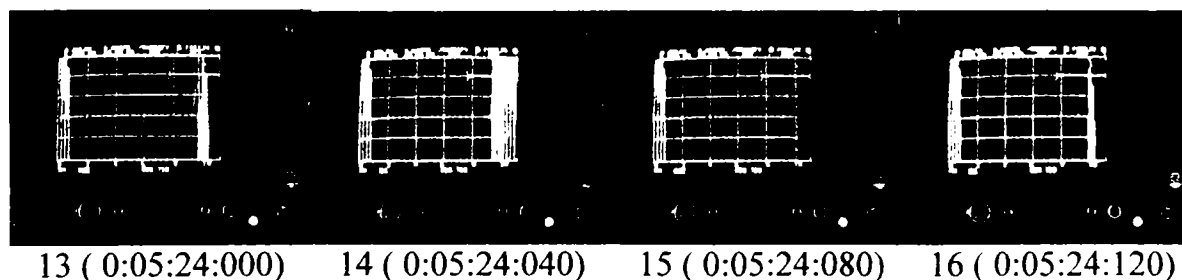
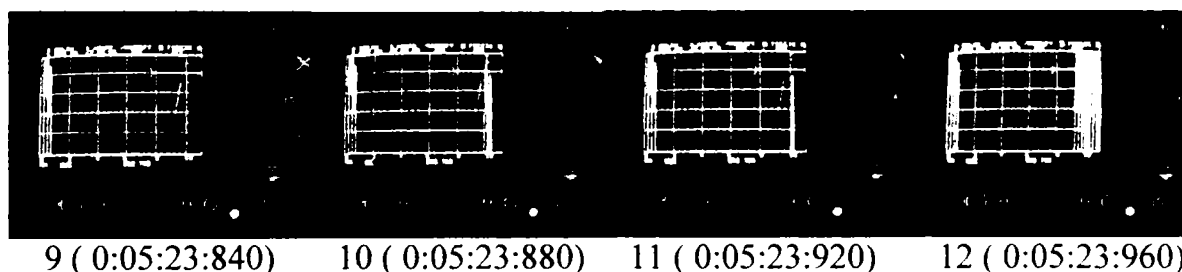
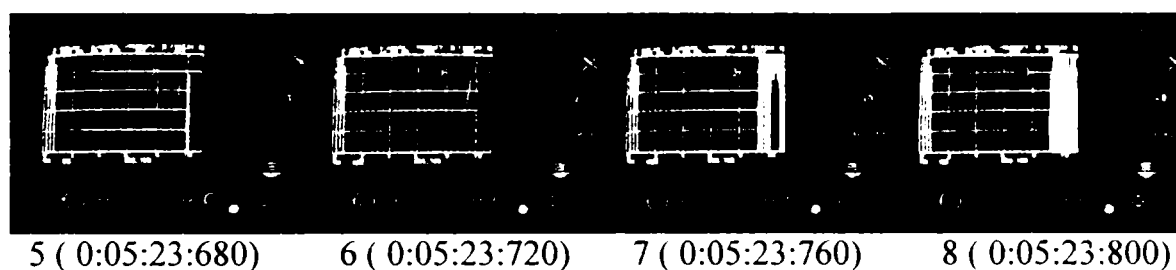


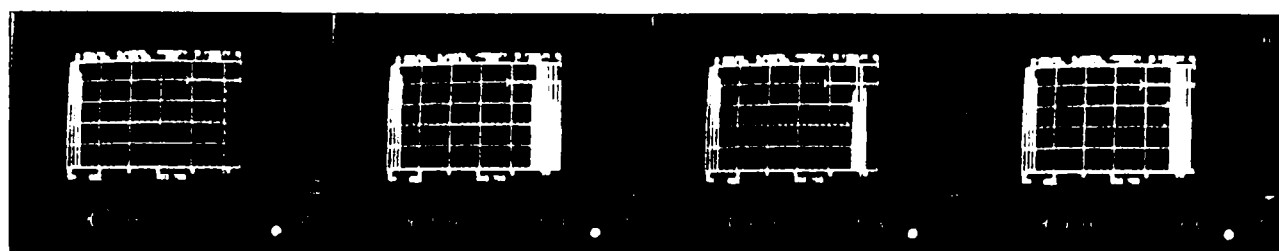
ANEXA NR.15

Sucesiune de oscilograme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa de doua vibratii la un interval de 2,520 secunde una fata de alta avand sursele de oscilatie in acelasi punct pe o suprafata plana aflat la distanta d1 fata de traductor (frame 8092-8155 de la 0:05:23:680 la 0:05:26:200) .Oscilogramele sunt realizate pe aparatul USD-10 si filmate cu camera de luat vederi.



prima vibratie la frame nr.8092 cu timpul de 0:05:23:680 (ore:min:sec:sutimi)



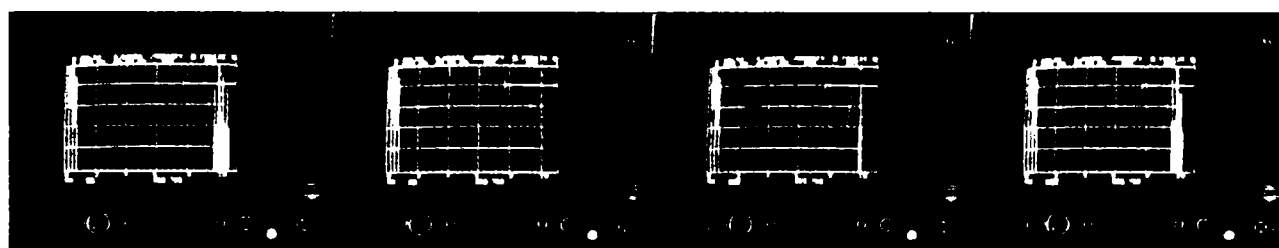


17 (0:05:24:160)

18 (0:05:24:200)

19 (0:05:24:240)

20 (0:05:24:280)

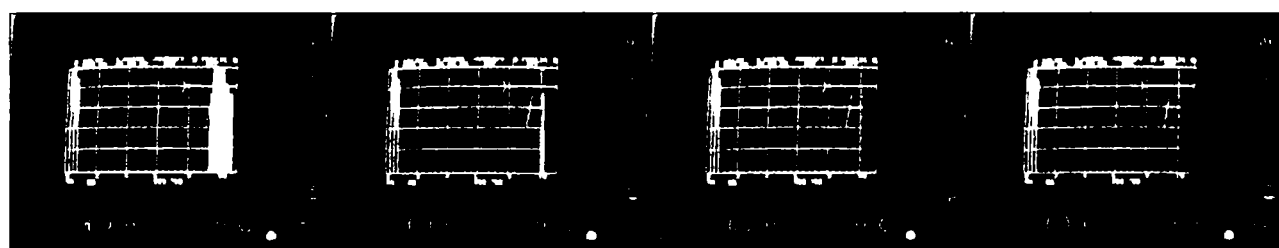


21 (0:05:24:320)

22 (0:05:24:360)

23 (0:05:24:400)

24 (0:05:24:440)



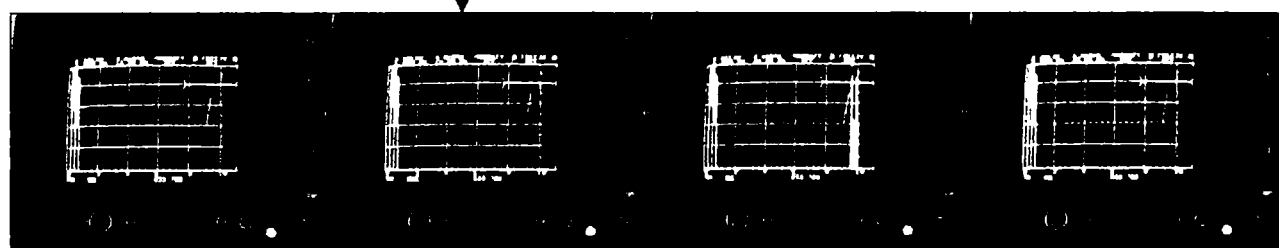
25 (0:05:24:480)

26 (0:05:24:520)

27 (0:05:24:560)

28 (0:05:24:600)

pana aici este o secunda la frame nr.8117 cu timpul de 0:05:24:680(ore:min:sec:sutimi)

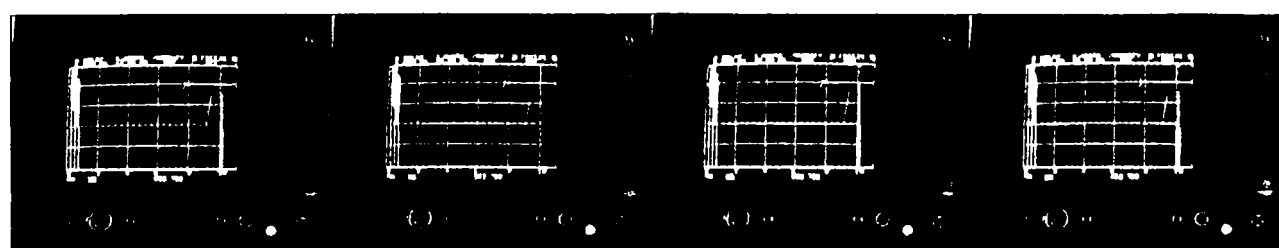


29 (0:05:24:620)

30 (0:05:24:680)

31 (0:05:24:720)

32 (0:05:24:760)

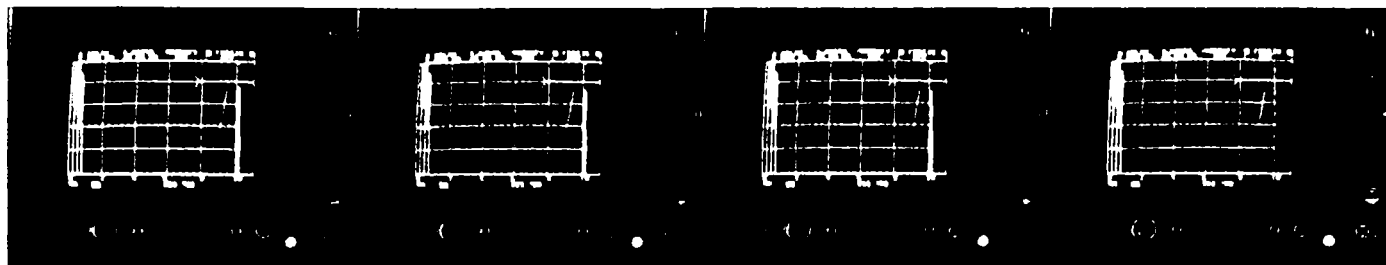


33 (0:05:24:800)

34 (0:05:24:840)

35 (0:05:24:880)

36 (0:05:24:920)

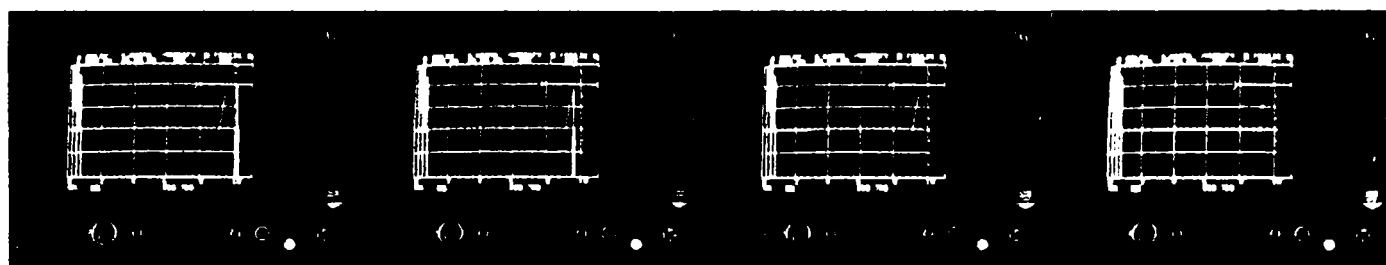


37 (0:05:24:960)

38 (0:05:25:000)

39 (0:05:25:040)

40 (0:05:25:080)

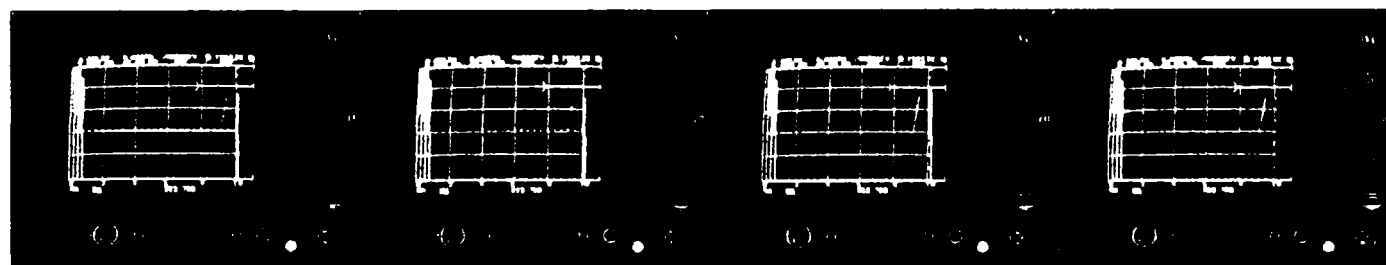


41 (0:05:25:120)

42 (0:05:25:160)

43 (0:05:25:200)

44 (0:05:25:240)

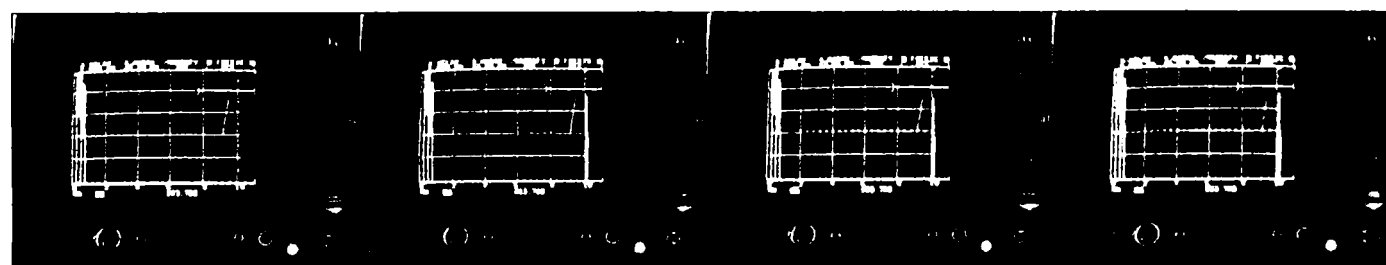


45 (0:05:25:280)

46 (0:05:25:320)

47 (0:05:25:360)

48 (0:05:25:400)



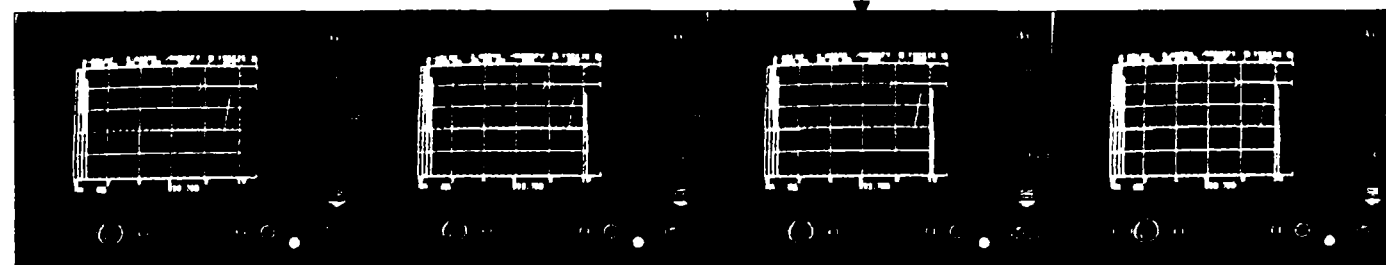
49 (0:05:25:440)

50 (0:05:25:480)

51 (0:05:25:520)

52 (0:05:25:560)

pana aici este **a doua secunda** la frame nr.8142 cu timpul de 0:05:25:680(ore:min:sec:sutimi)

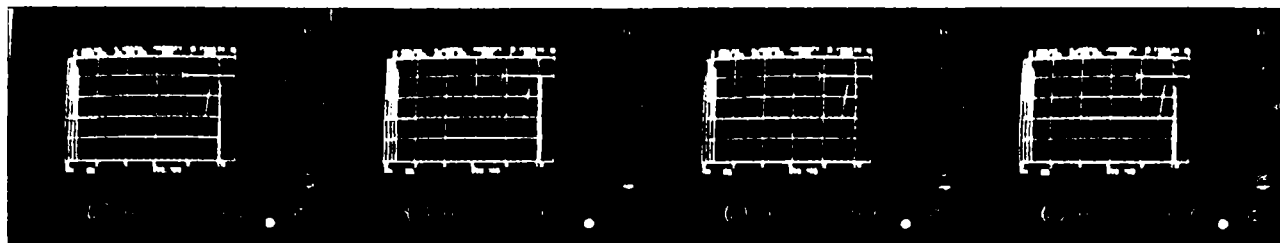


53(0:05:25:600)

54 (0:05:25:640)

55 (0:05:25:680)

56 (0:05:25:720)

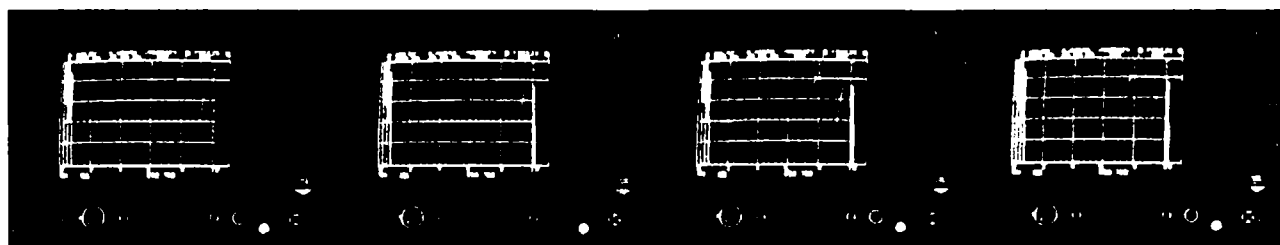


57 (0:05:25:760)

58 (0:05:25:800)

59 (0:05:25:840)

60 (0:05:25:880)



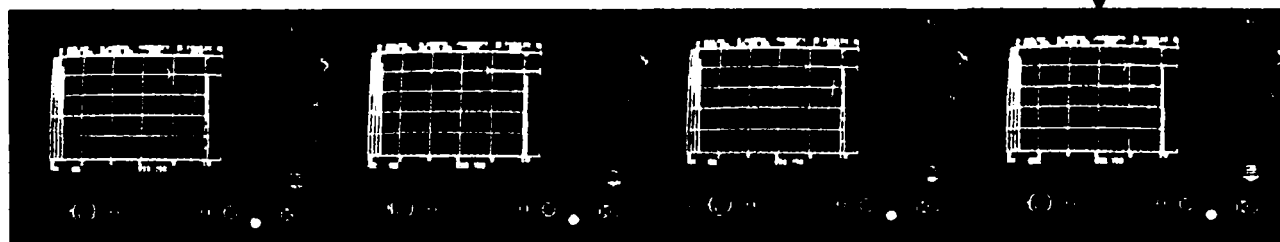
61 (0:05:25:920)

62 (0:05:25:960)

63 (0:05:26:000)

64 (0:05:26:040)

a doua vibratie la frame nr.8155 cu timpul de 0:05:26:200(ore:min:sec:sutimi)

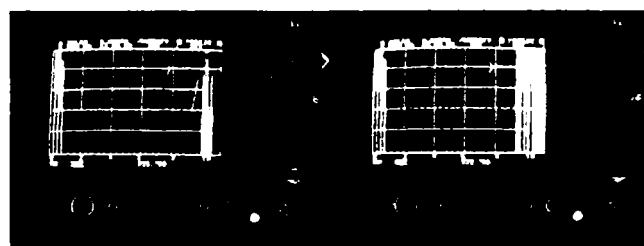


65 (0:05:26:080)

66 (0:05:26:120)

67 (0:05:26:160)

68 (0:05:26:200)



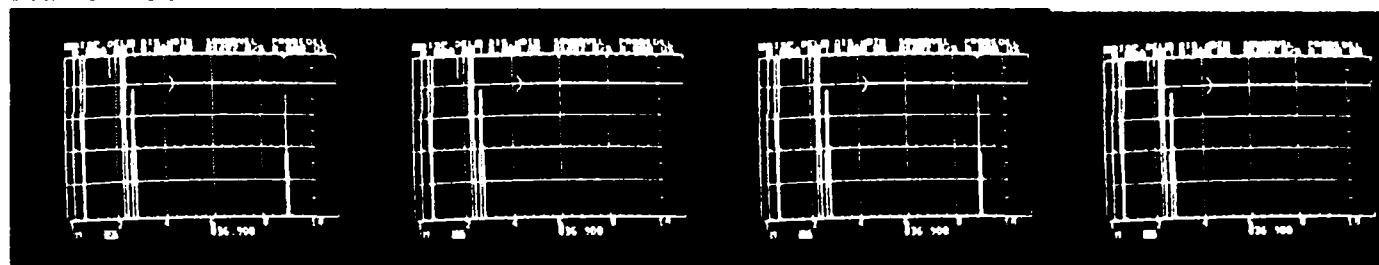
69 (0:05:26:240)

70 (0:05:26:280)

ANEXA NR.16

Sucesiune de oscilोगrame reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera a unui corp de masa m_1 pe o suprafata plana la distanta d_1 fata de traductor (vezi fig.4.17) .Intervalul de oscilatie este de $t_1=0.667$ secunde (frame 1430-1450 de la 0:00:47:666 la 0:00:48:333). Oscilogramele sunt realizate pe aparatul USD-10 si filmate cu camera de luat vederi.

Frame 1430

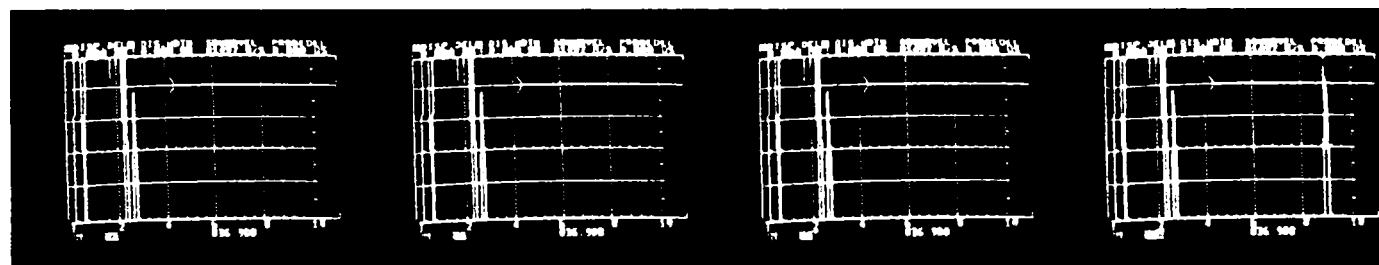


0 (0:00:47:666)

1 (0:00:47:700)

2 (0:00:47:733)

3 (0:00:47:766)

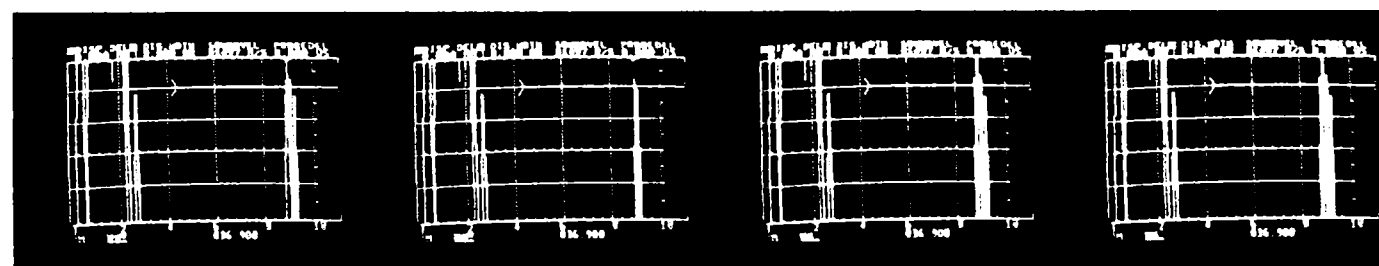


4 (0:00:47:800)

5 (0:00:47:833)

6 (0:00:47:866)

7(0:00:47:900)

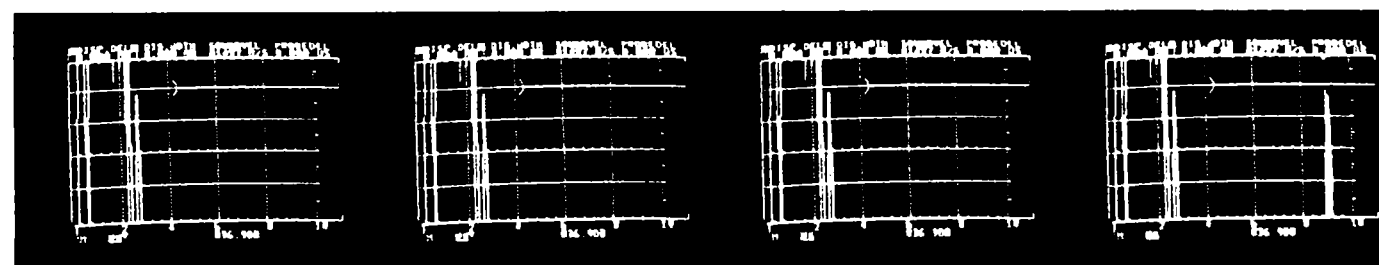


8 (0:00:47:933)

9 (0:00:47:966)

10 (0:00:48:000)

11 (0:00:48:033)

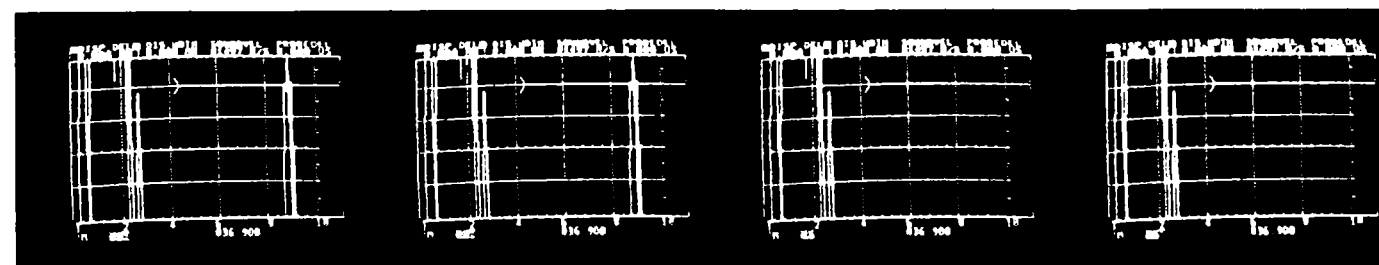


12 (0:00:48:066)

13 (0:00:48:100)

14 (0:00:48:133)

15 (0:00:48:166)

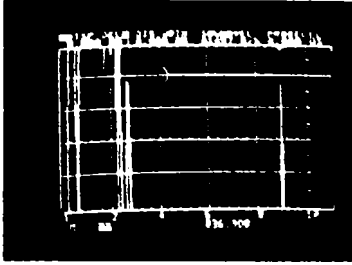


16 (0:00:48:200)

17 (0:00:48:233)

18 (0:00:48:266)

19 (0:00:48:300)



frame 1450

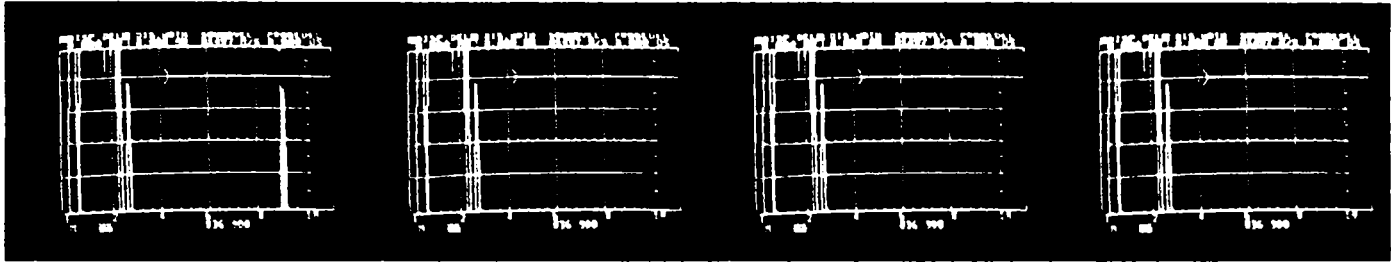
20 (0:00:48:333)

ANEXA NR.17

Succesiune de oscilograme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera a unui corp de masa m_2 pe o suprafata plana la distanta d_2 fata de traductor (vezi fig.4.17).Intervalul de oscilatie este de $t_2=0,766$ secunde (frame 1648-1671 de la 0:00:54:933 la 0:00:55:699).

Oscilogramele sunt realizate pe aparatul USD-10 si filmate cu camera de luat vederi.

Frame 1648

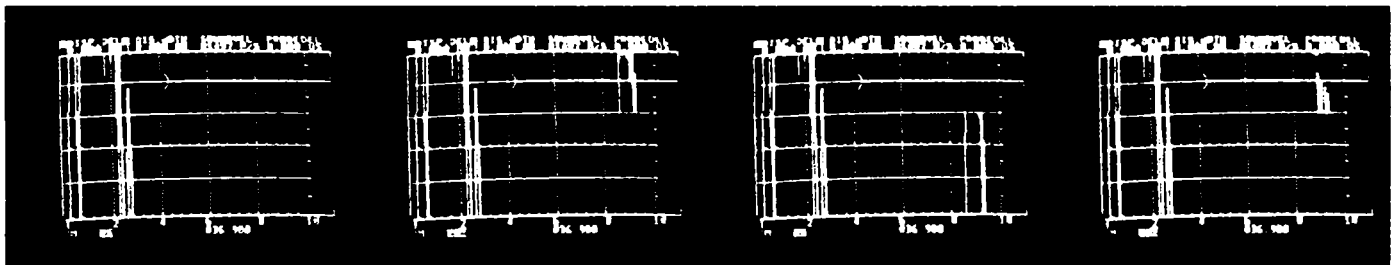


0 (0:00:54:933)

1 (0:00:54:966)

2 (0:00:54:999)

3 (0:00:55:033)

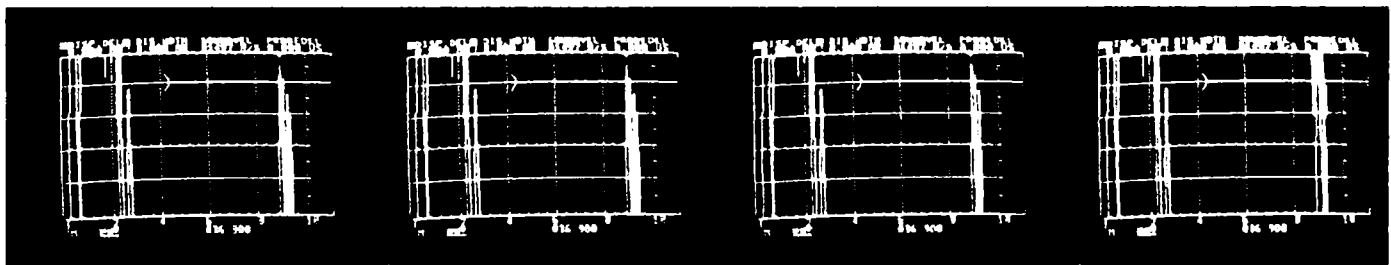


4 (0:00:55:066)

5 (0:00:55:099)

6 (0:00:55:133)

7(0:00:55:166)

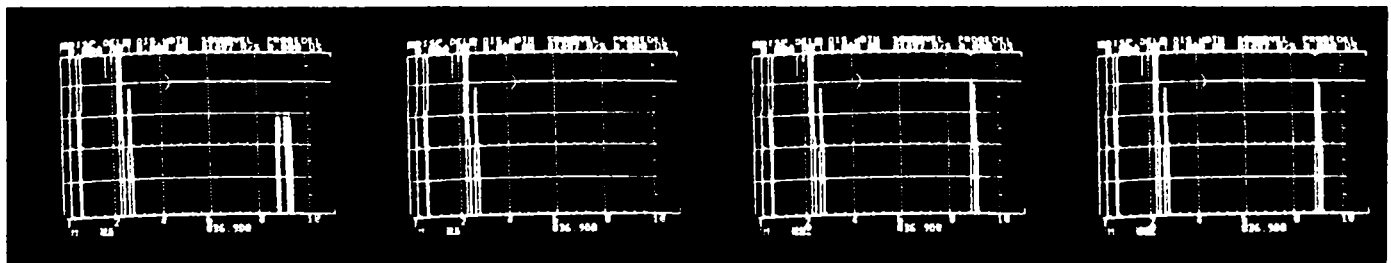


8 (0:00:55:199)

9 (0:00:55:233)

10 (0:00:55:266)

11 (0:00:55:299)

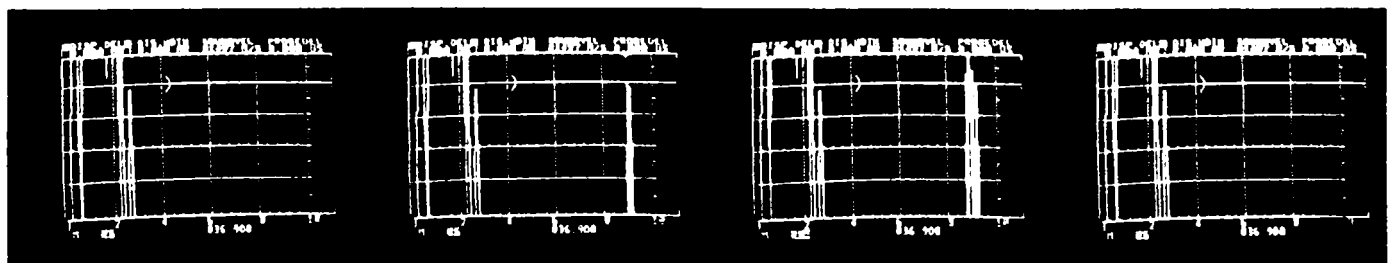


12 (0:00:55:333)

13 (0:00:55:366)

14 (0:00:55:399)

15 (0:00:55:433)

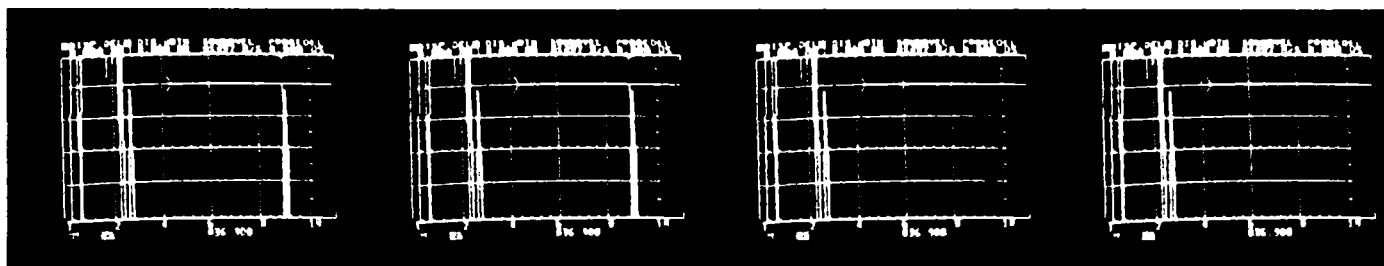


16 (0:00:55:466)

17 (0:00:55:499)

18 (0:00:55:533)

19 (0:00:55:566)



20 (0:00:55:599)

21 (0:00:55:633)

22 (0:00:55:666)

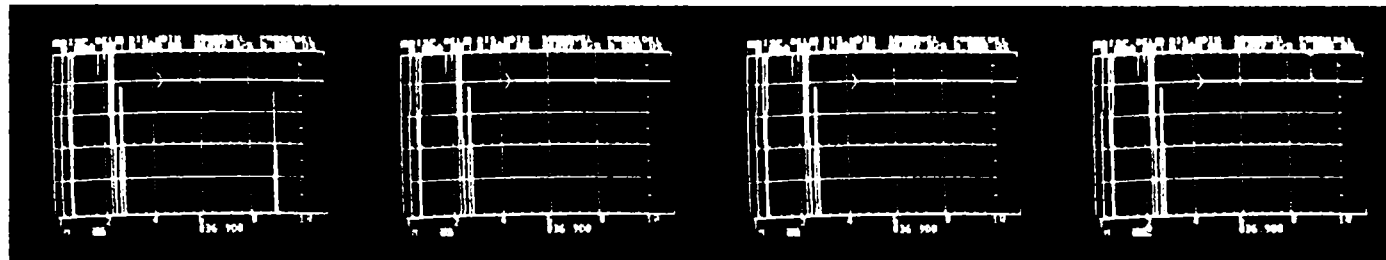
23 (0:00:55:699)

Frame 1671

ANEXA NR.18

Sucesiune de oscilograme reprezentand variatia semnalului ultrasonor produsa la caderea libera simultan a doua corpuri de mase m_1 si m_2 (aprox. egale) pe o suprafata plana, la distanta d_1 si d_2 fata de traductor (vezi fig.4.17). Intervalul de oscilatie este de $t_3=1,133$ secunde (frame 2093-2127 de la 0:01:09:766 la 0:01:10:899). Oscilogramele sunt realizate pe aparatul USD-10 si filmate cu camera de luat vederi.

Frame 2093

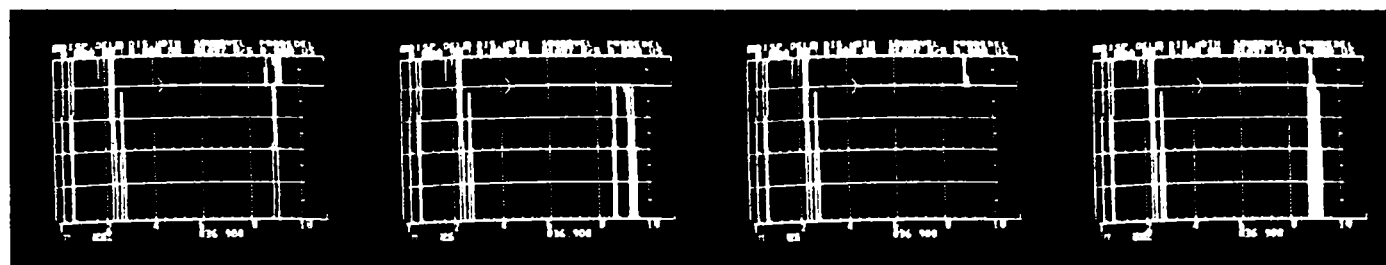


0 (0:01:09:766)

1 (0:01:09:799)

2 (0:01:09:833)

3 (0:01:09:866)

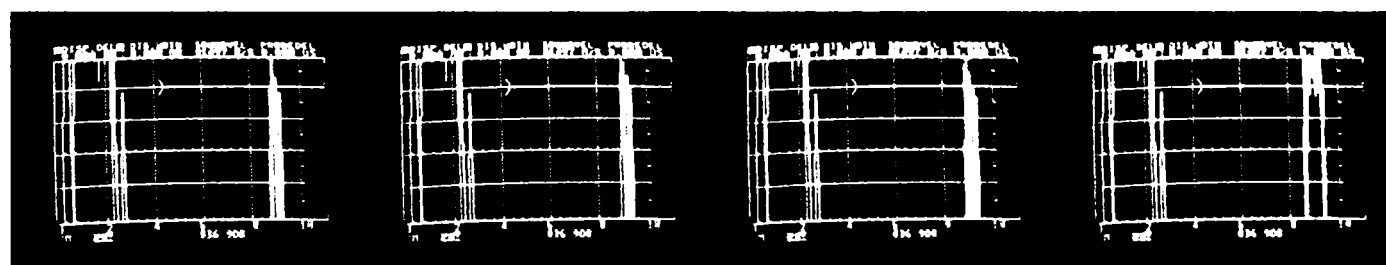


4 (0:01:09:899)

5 (0:01:09:933)

6 (0:01:09:966)

7 (0:01:09:999)

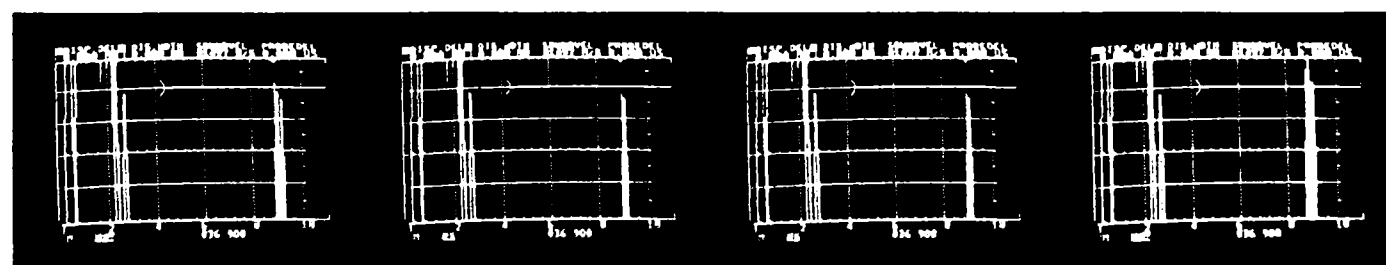


8 (0:01:10:033)

9 (0:01:10:066)

10 (0:01:10:099)

11 (0:01:10:133)

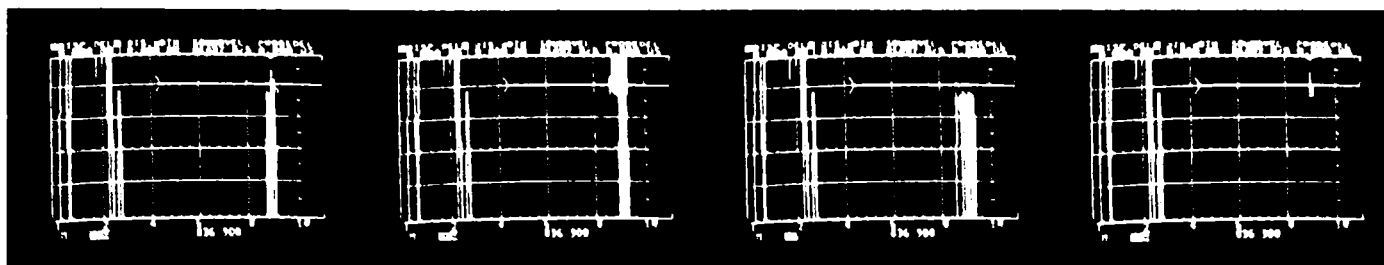


12 (0:01:10:166)

13 (0:01:10:199)

14 (0:01:10:233)

15 (0:01:10:266)

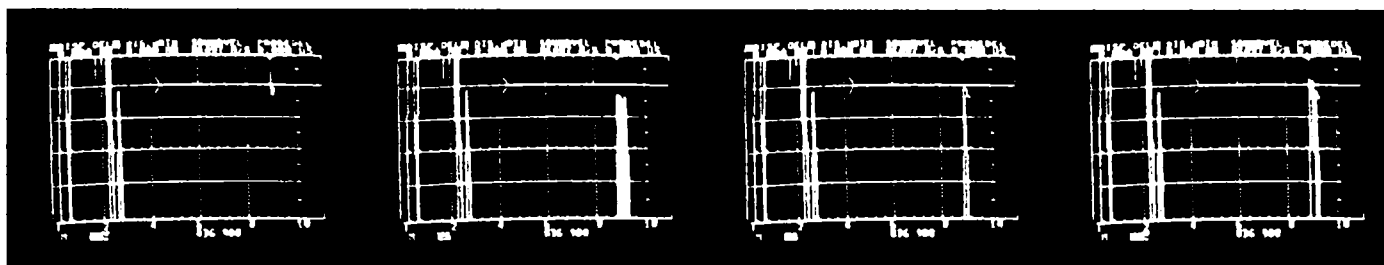


16 (0:01:10:299)

17 (0:01:10:333)

18 (0:01:10:366)

19 (0:01:10:399)

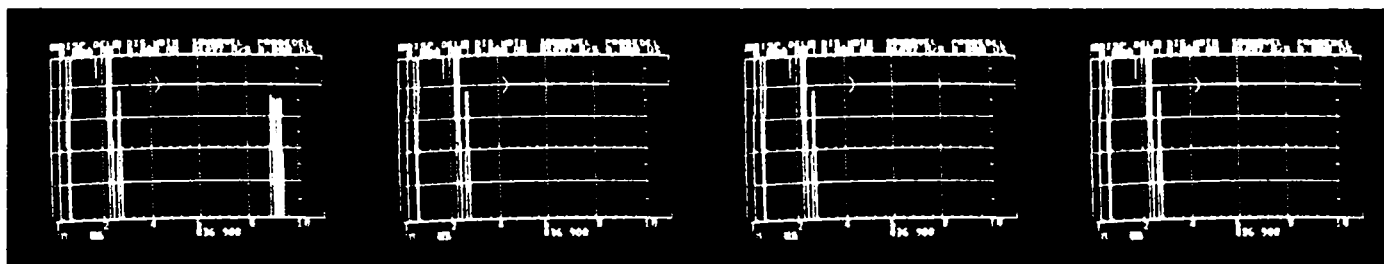


20 (0:01:10:433)

21 (0:01:10:466)

22 (0:01:10:499)

23 (0:01:10:533)

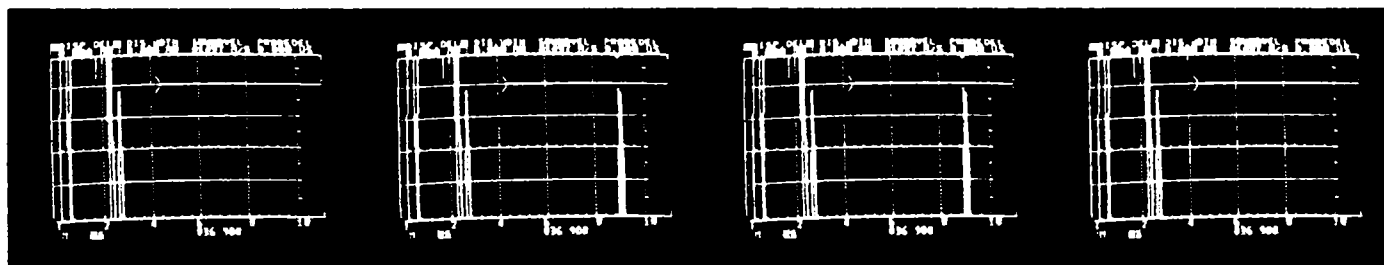


24 (0:01:10:566)

25 (0:01:10:599)

26 (0:01:10:633)

27 (0:01:10:666)

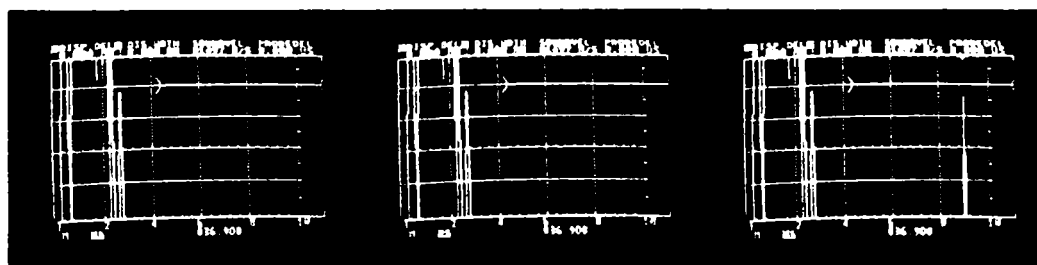


28 (0:01:10:699)

29 (0:01:10:733)

30 (0:01:10:766)

31 (0:01:10:799)



32 (0:01:10:833)

33 (0:01:10:866)

34 (0:01:10:899)

Frame 2127

CAPITOLUL 5. RELEVAREA CONTRIBUTIILOR PERSONALE

1. CONTROLUL CU DEFECTOSCOPIUL ELECTROMAGNETIC, CU AFISAJ PE ECRAN TIP LCD ASISTAT DE MICROPROCESOR, A ROTILOR DE AVIATIE KT-1501

S-a dezvoltat o noua metoda de punere in evidenta a fisurilor de pe suprafata rotilor de aviatie caracterizandu-se variatiile imaginii obtinute pe osciloscopul aparatului, in zona fara defecte (fig.2.1 si fig 2.24, foto nr.4.a si Anexele 3,4, si 5) precum si in zona cu defect (fig.2.17; 2.23; 2.27; 2.28; 2.29; foto nr.4.c si Anexele 3,4,5)

S-au scos in evidenta caracteristicile defectelor la doua frecvente diferite de 500 kHz si 1 MHz utilizand doua reprezentari pe osciloscop :eliptica a tensiunii si desfasurata in timp a tensiunii (Anexele nr.3,4 si 5).

2. CALCULUL IMPEDANTEI ACUSTICE

S-a calculat impedanta acustica (3.45) pentru mediile folosite in cele patru seturi de teste pentru apa , aer si otel (vezi tab.3.7. si 3.9). Impedanta acustica a fost utilizata in calculul coeficientului de reflexie si de refractie (vezi tab.3.8) a mediilor studiate in cap. "3.4.4.2 Studiul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala prin trei medii diferite ".

3. STUDIUL PROPAGARII UNDELOR ULTRASONICE CU INCIDENTA NORMALA PRIN TREI MEDII, FORMATE DIN SUCCESIUNILE APA-ALUMINIU-APA, APA-OTEL-APA SI APA-WOLFRAM-APA

Realizandu-se montajul din fig.3.7."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-aluminiu-apa " s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 77% din semnalul de emisie. La fel realizandu-se montajul din fig.3.8."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-otel-apa " s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 89,03 % din semnalul de emisie. De asemenea realizandu-se montajul din fig.3.9."Reflexia si refractia ultrasunetelor prin apa-wolfram-apa "s-a putut trage concluzia ca semnalul ultrasonor de receptie este 94,42 % din semnalul de

emisie, realizandu-se astfel cea mai buna propagare a ultrasunetelor din cele trei cazuri.

4. CALCULUL CORECTIILOR TERMICE ALE DENSITATII RELATIVE LA PRODUSELE PETROLIERE SI MEDIILE LICHIDE FOLOSITE IN TESTE

Acest calcul este foarte util, deoarece nedispunandu-se de termodensimetru, s-a putut determina densitatea lichidelor la care s-au facut masuratori, luind ca baza, densitatea indicata in buletinele de analiza (vezi Anexele nr.9 si 10). Astfel s-a ajuns la cunoasterea densitatii tuturor lichidelor la temperatura de 22,5°C (vezi tab.3.12 si tab.3.36). Aceasta densitate este foarte importanta atat la calculul impedantei acustice a mediului de propagare precum si la coeficientii de reflexie si refractie. De altfel se poate observa in fig.3.55 si fig.3.58 importanta acestui parametru in ceea ce priveste viteza de propagare a ultrasunetelor. In concluzie odata cu scaderea densitatii lichidelor scade si viteza de propagare a ultrasunetelor.

5. CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND CONDITIILE DE REFLEXIE SI REFRACTIE A ULTRASUNETELOR LA INTERFATA DINTRE DIFERITE MEDII

S-au prezentat rezultatele experimentale obtinute cu trei aparate diferite si patru seturi de teste folosindu-se ca medii de lucru : apa, ulei T-90, ulei de aviatie AVI-8A, petrol de aviatie, lichid hidraulic de aviatie de tip FH-51. Factorii variabili au fost : forma vasului, frecventa palpatorului, temperatura lichidului, distanta parcursului sonor, vibratii suplimentare in recipient, viteza ultrasunetelor, amplificarea semnalului ultrasonor, campul magnetic, gradul de salinitate al apei precum si uzura uleiului.

Din teste s-au desprins urmatoarele concluzii :

- odata cu marirea frecventei palpatoarelor de la 2 MHz la 4 MHz s-a marit si amplitudinea semnalului ultrasonor de la 10 la 20 dB ;
- in apa, undele ultrasonore s-au propagat de cinci ori mai bine decat in ulei ;
- s-a delimitat zona cu si fara lichid, folosind palpatorul in exteriorul recipientului experimental ;
- influenta temperaturii asupra propagarii ultrasunetelor este scoasa in evidenta mai bine la aparatul USD-10 fata de DI-6 ;
- s-a pus in evidenta legatura stransa dintre nivelul de lichid din vas si distanta parcursa de undele ultrasonore ;

- cu cat scade densitatea lichidului cu atat trebuie sa se mareasca amplificarea semnalului ultrasonor. In tab.3.36 se prezinta scaderea densitatii lichidelor studiate ;
- impulsul de reflexie secundar creste odata cu cresterea densitatii (vezi fig.3.54) ;
- cu cat creste densitatea lichidului cu atat creste si viteza de propagare a ultrasunetelor (fig.3.55). In cazul apei s-a observat cea mai mare viteza ultrasonora 3,7 Km/s ;
- s-a pus in evidenta sensibilitatea undelor ultrasonice de a depista amestecuri de lichide apa-petrol si apa-ulei in proportie de 50% fiecare. Acest lucru este deosebit de util in urmarirea fiabilitatii motoarelor, depistandu-se la timp schimbarea in densitate a uleiurilor folosite ;
- nu s-au constatat variatii ale propagarii ultrasunetelor in camp magnetic permanent ;
- s-au depistat diferente de viteza de propagare a ultrasunetelor la lichide apropiate ca densitate (apa-apa sarata si ulei proaspat- ulei folosit). Aceasta concluzie este deosebit de utila in ceea ce priveste fiabilitatea motoarelor in general si a uleiurilor folosite de catre acestea in special (fig.3.57 si fig.3.58 cat si tab.3.38 si tab.3.39) ;
- s-au depistat reflexii multiple ale semnalului ultrasonor odata cu agitarea apei in vas, rezultat al aparitiei undelor de suprafata. Aceasta concluzie a dus practic la realizarea "Traductorului ultrasonic de vibratie" tratat in cap.4 "Cercetarea conditiilor de propagare a ultrasunetelor in medii lichide vibrante".

6. REALIZAREA UNEI NOI METODE DE AFLARE A DENSITATII UNUI LICHID

Cunoscandu-se viteza de propagare ultrasonora s-a conceput o noua metoda de calcul a densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor cu o eroare cuprinsa intre $0,01 \text{ g / cm}^3$ si $0,001 \text{ g / cm}^3$. Pe de alta parte s-a demonstrat legatura dintre densitatea lichidelor si viteza de propagare a ultrasunetelor (la o diferenta de densitate intre lichide de $0,001 \text{ g / cm}^3$ corespunde o diferenta de viteza de propagare ultrasonica de $3,26 \text{ m/s}$ –fig.3.60).

7. FOLOSINDU-SE FENOMENUL DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR PRIN LICHIDE S-A PUTUT CALCULA DEBITUL MASIC SI VOLUMIC IN CAZUL CURGERILOR PRIN CONDUCTE

In acest scop s-a conceput montajul din fig.3.53 in care, pe o portiune de conducta s-au montat patru palpatoare piezoelectrice doua de emisie si doua de receptie, la distante egale (L), unele fata de altele, inclinate cu unghiul de $\alpha = 45^\circ$. Utilizandu-se viteza de propagare a ultrasunetelor (c_1 si c_2) avand ca mediul de propagare lichidul care curge prin conducta cu viteza (v) s-a calculat

debitul masic si volumic. In tab.3.42 si tab.3.43 si fig.3.62 si fig.3.63 se prezinta variatia debitului masic in functie de densitatea fluidului sau viteza de curgere a apei prin conducta .Astfel se trage concluzia ca odata cu cresterea densitatii lichidului sau vitezei de curgere a lichidului creste si debitul masic.

8. CALCULUL TENSIUNII SUPERFICIALE MINIME A APEI LA STRATUL DE SUPRAFATA

Avandu-se in vedere faptul ca , cu cat creste densitatea lichidelor cu atat creste si viteza de propagare a ultrasunetelor, s-a ales apa (fiind mediul cu cea mai buna propagare a ultrasunetelor din lichidele studiate) pentru calculul tensiunii superficiale minime. Importanta studierii stratului de suprafata este cruciala in intelegerea functionarii " Traductorului ultrasonic de vibratie".

Cunoscandu-se aceasta tensiune superficiala se poate calcula viteza de propagare a undei de suprafata (se pune in evidenta sensibilitatea traductorului ultrasonic de vibratie) a apei , care este de 0,23 m/s : pentru $\lambda=1,73\text{cm}$ (vezi formula 4.51).

9. EXPERIMENTANDU-SE FENOMENUL DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR PE MAI MULTE LICHIDE, S-A PUS IN EVIDENTA UN FENOMEN INTERESANT IN CEEA CE PRIVESTE TRANSMITEREA SI RECEPTIA VIBRATIILOR

Studiindu-se propagarea ultrasunetelor pe mai multe lichide, s-a pus in evidenta un fenomen interesant in ceea ce priveste transmiterea si receptia vibratiilor. El este prezentat pe larg in subcapitolul 4.2."Traductorul de vibratie", subcapitol ce cuprinde prezentarea montajului folosit (foto 17, 18 si fig.4.10, 4.11) si functionarea acestuia. Au fost facute cercetari experimentale cu traductor ultrasensibil, datele obtinute prelucrandu-se cu ajutorul calculatorului (avand introdus soft specializat in imaginerie). Pentru punerea in evidenta a oscilatiilor foarte rapide care s-au produs la inducerea vibratiilor (70 de oscilograme in intervalul de 2,5 secunde-Anexa nr.15) s-a folosit o camera de luat vederi. Studiul a cuprins :

A. Evaluarea sensibilitatii traductorului de vibratie prin influenta coloanei de lichid (H_L) din traductor asupra amplificarii semnalului ultrasonor (foto nr.28 si foto nr.27 a,b si c). Concluzia a fost ca

semnalul de reflexie a ramas la aceeasi amplificare in toate cazurile a,b,si c respectiv la inaltimea lichidului in traductor de $H_L = 46$ mm, $H_L = 22$ mm si $H_L = 9$ mm.

B. S-a facut studiul sensibilitatii traductorului de vibratie la aparitia vibratiei exterioare in functie de distanta (D_L) fata de traductor si densitatea lichidului folosit in traductor (fig.4.15 si foto nr.29)

S-a analizat fenomenul de sesizare a vibratiei in doua cazuri (sensibilitatea primului ecou si sensibilitatea celui de-al doilea ecou) atat pentru apa cat si pentru ulei. In momentul in care se produce vibratii, semnalul ultrasonor incepe sa penduleze in sus si in jos, atingand poarta fixata pe aparatul USD-10, acesta generand un semnal acustic de avertizare. Acest semnal se produce la distanta maxima $D_L=4,75$ m, pentru cazul in care se foloseste apa in traductor. Vibratia a fost generata de o seringa de 5 ml din plastic lasata sa cada de la inaltimea de 70 mm. In modul acesta au fost trase urmatoarele concluzii :

1. In cazul apei, la aceeasi vibratie produsa, cu cat creste distanta fata de traductor, cu atat semnalul sonor de avertizare este mai scurt. La primul ecou sensibilitatea este de 2,7 ori mai mare fata de cel de-al doilea ecou ($D_{L1} = 4,75$ m fata de $D_{L2} = 1,75$ M), pentru aceeasi amplitudine a semnalului de reflexie. Astfel sensibilitatea relativa, reprezentand raportul dintre valoarea maxim sesizabila pentru al doilea ecou si valoarea maxim sesizabila pentru primul ecou este de 38%.

2. In cazul ulei, sensibilitatea primului ecou scade vizibil fata de apa ($D_{L_{ulei}} = 0,5$ m fata de $D_{L_{apa}} = 4,75$ m). In acest caz, datorita densitatii uleiului, nu mai apare al doilea ecou, ca urmare nu s-a mai putut calcula sensibilitatea relativa dintre al doilea ecou si primul ecou.

3. Cu cat densitatea lichidului folosit in traductor este mai mare, cu atat sensibilitatea traductorului este mai ridicata.

4. Daca se schimba palpatorul MB4S (cu frecventa de 4 MHZ) cu palpatorul MB2S (cu frecventa de 2 MHZ) in traductor (fig.4.10), se constata o scadere a sensibilitatii traductorului de vibratie.

5. Calculandu-se sensibilitatea relativa (S_d), reprezentand raportul dintre distanta maxim sesizabila pentru primul ecou-ulei si distanta maxim sesizabila pentru primul ecou-apa, a rezultat

valoarea de 10%. Deci având un traductor cu ulei, sensibilitatea este de zece ori mai mica decât cu apă.

C. S-a măsurat amplitudinea stratului de suprafață $r = 0,28$ mm (foto nr.30) și timpul de amortizare al stratului de suprafață (foto.31, 32 și 33) , $t = 3,4$ secunde. Pentru calculul lui t a fost generată o undă de suprafață , produsă de o picătură de apă.

D. S-a mai efectuat studiul saltului de presiune în traductorul de vibrație la apariția a două vibrații exterioare (fig.4.17). În Anexa nr.16 este arată o succesiune de oscilograme reprezentând variația semnalului ultrasonor produsă la căderea liberă a unui corp de masă m_1 , pe o suprafață plană, la distanța d_1 față de traductor (vezi fig.4.17) .Intervalul de oscilație este de $t_1=0,667$ secunde (frame 1430-1450 de la 0:00:47:666 la 0:00:48:333). În Anexa nr.17 este arată o succesiune de oscilograme reprezentând variația semnalului ultrasonor produsă la căderea liberă a unui corp de masă m_2 , pe o suprafață plană la distanța d_2 față de traductor (vezi fig.4.17).Intervalul de oscilație este de $t_2=0,766$ secunde (frame 1648-1671 de la 0:00:54:933 la 0:00:55:699). În Anexa nr.18 este arată o succesiune de oscilograme reprezentând variația semnalului ultrasonor produsă la căderea liberă simultan a două corpuri, de mase m_1 și m_2 (aprox.egale), pe o suprafață plană, la distanța d_1 și d_2 față de traductor (vezi fig.4.17) .Intervalul de oscilație este de $t_3=1,133$ secunde (frame 2093-2127 de la 0:01:09:766 la 0:01:10:899).

În urma acestor teste, efectuate cu traductorul ultrasonor de vibrație, se pot trage învățăminte practice în ceea ce privește aplicabilitatea ultrasunetelor pe o gamă largă de traductoare de alarmă .

Poziționarea științifică a acestor traductoare ultrasonice, însoțită de aparatură de generare a ultrasunetului pot da naștere la sisteme noi, revoluționare, de pază și culegere de informații în cazul folosirii lor pe autovehicule. Prin implementarea în practică a studiilor efectuate se pot urmări atât densitatea lichidului de frânare, a uleiului de motor precum și nivelul din rezervoare al acestora.

Aceste date, centralizate și prelucrate cu ajutorul unei unități centrale de calcul, pot satisface cele mai exigente opinii în materie auto, mărinț considerabil fiabilitatea în funcționare.

BIBLIOGRAFIE :

In ordinea alfabetica a autorilor :

- 1.Badarau E.- Bazele Acusticii Moderne
Ed.Academia R.P.R.-Bucuresti-1961 ;
- 2.Baron T.- Calitatea si fiabilitatea produselor
Ed.Didactica si Pedagogica-Bucuresti-1976 ;
- 3.Grumazescu M. –Ultrasunete in actiune
Ed.Stiintifica- Bucuresti -1964 ;
- 4.Hristev A. – Mecanica si acustica
Ed.Didactica si Pedagogica-Bucuresti-1982 ;
- 5.Iosif I. – Ultrasunete si utilizarea lor
Ed.Stiintifica si Enciclopedica-Bucuresti-1982 ;
- 6.I.D.T. – Metode ultrasonice de masurare si control
Institutul de Documentare Tehnica –Bucuresti-1966 ;
- 7.I.N.I.D. – Controlul nedistructiv al materialelor si produselor
Institutul National de Informare si Documentare Stiintifica si Tehnica-Bucuresti-1989 ;
- 8.I.N.I.D. – Fiabilitatea sistemelor tehnologice
Institutul National de Informare si Documentare-Bucuresti-1990 ;
- 9.I.N.I.D. – Fiabilitatea in functionarea utilajelor
Institutul National de Informare si Documentare Stiintifica si Tehnica-Bucuresti-1973 ;
- 10.Hutte – Manualul inginerului –Fundamente-Editia a 29-a
- 11.Krautkramer- Technical reference and Operating manual USD-10 ;
- 12.Krautkramer J., Krautkramer H. – Ultrasonic Testing of Materials
4th Fully Revised Edition-Berlin-1990 ;
- 13.Nagy,Iosif I. – Ultrasunete si utilizarea lor
Ed.Stiintifica si Enciclopedica-Bucuresti-1982 ;
- 14.Nastase E. – Defectosopia ultrasonica fizica si tehnica
Ed.Tehnica-Bucuresti-1980 ;

15. Nazarova – Defectoscopia nedistructiva a materialelor
Ed. Tehnica-Bucuresti-1964 ;
16. Safta V. – Controlul imbinarilor si produselor sudate vol.1
Ed. Facla-Timisoara-1984 ;
17. Safta V. – Controlul imbinarilor si produselor sudate vol.2
Ed. Facla-Timisoara-1986 ;
18. Safta V. – Controlul imbinarilor si produselor sudate-Indrumator de laborator
Ed. Universitatea Tehnica-Timisoara-1995 ;
19. Safta V. – Defectoscopia nedistructiva industriala
Ed. Sudura-Timisoara-2001 ;
20. Samarescu D.F., Dunca I.- Defectoscopia electromagnetica
Ed. Tehnica-Bucuresti-1986 ;
21. Samarescu D.F.-Difuzia campului electromagnetic si aplicatii
Ed. Academiei R.S.R.-Bucuresti-1983 ;
22. Sora C.- Bazele electrotehnicii
Ed. Didactica si Pedagogica-Bucuresti-1982 ;
23. Tanase A., Mihail E. – Ultrasunete. Producere si propagare
Ed. de Vest – Timisoara-2001 ;
24. Ursu D. – Defectoscopia prin curenti turbionari
Ed. Tehnica-Bucuresti-1990 .

CUPRINS

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1. OPORTUNITATEA SI ACTUALITATEA LUCRARI

1.2. OBIECTIVELE LUCRARI

CAPITOLUL 2. DEFECTOSCOPIA CU CURENTI TURBIONARI A PIESELOR MASIVE DE AVIATIE

2.1. TEORIA INDUCERII CURENTILOR TURBIONARI CU SONDE DE CONTACT INTR-O PLACA MASIVA

2.1.1. Notiuni fundamentale ale campului electromagnetic

2.1.2. Difuzia campului electromagnetic la conductori feromagnetici

2.2. FACTORII DE INFLUENTA LA DETECTAREA DEFECTELOR CU CURENTI TURBIONARI

2.3. APARATURA FOLOSITA

2.3.1. Prezentarea functionarii defectoscopului electromagnetic cu afisaj pe microampermetru

2.3.2. Prezentarea functionarii defectoscopului electromagnetic cu afisaj pe ecran tip LCD asistat de microprocesor.

Analiza comparativa a celor doua tipuri de aparate

2.3.3. Principiul reprezentarii analogice a discontinuitatilor din material cu aparat avand afisaj pe display LCD

2.3.4. Alegerea parametrilor de control

2.4. CONTROLUL ROTILOR DE AVIATIE

2.4.1. Prevederi privind functionarea si controlul rotilor

2.4.2. Obiectele si zonele de control

2.4.3. Schema circuitului curentilor turbionari in sectiunea rotii de aviatie

2.4.4. Etalonarea aparatului cu ajutorul defectelor artificiale si etaloanelor

2.4.4.1. Etalonarea pe aparatul cu afisaj pe microampermetru

2.4.4.2. Etalonarea pe aparatul cu afisaj pe ecran tip LCD

2.4.5. Tehnologia de control

2.4.5.1. Controlul cu aparatul cu afisaj pe microampermetru

2.4.5.2. Controlul cu aparatul cu afisaj pe ecran tip LCD

2.4.6. Exprimarea rezultatelor

2.4.6.1. Rezultate obtinute cu aparatul cu afisaj pe microampermetru

2.4.6.2. Rezultate obtinute cu aparatul cu afisaj pe ecran tip LCD

2.5. CONCLUZII

2.6. ANEXE

CAPITOLUL 3. PROPAGAREA ULTRASUNETELOR IN MEDII ELASTICE SI FENOMENELE DE LA INTERFETELE SOLID-LICHID SI LICHID-GAZ

3.1. ECUATIA DE MISCARE A UNDEI ULTRASONORE UNIDIRECTIONALA SI PLANA

3.2. CARACTERISTICI DE PROPAGARE

- 3.2.1. Impedanta mediului de propagare
- 3.2.2. Viteza de propagare in solide si lichide
- 3.2.3. Presiunea undei ultrasonore
- 3.2.4. Atenuarea undei ultrasonice

3.3 FENOMENUL DE REFLEXIE SI REFRACTIE LA INTERFATA DINTRE DOUA MEDII

3.4. LICHIDE TEHNICE EXPERIMENTALE

- 3.4.1. Clasificarea si principalele proprietati
- 3.4.2. Calculul vitezelor de propagare a undelor in lichide
- 3.4.3. Calculul impedantei acustice
- 3.4.4. Determinarea coeficientilor de reflexie si de propagare in cazul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala
 - 3.4.4.1. Reflexia si refractia semnalului ultrasonic la suprafata de separatie dintre : apa-aer si apa-otet
 - 3.4.4.2. Studiul propagarii undelor ultrasonice cu incidenta normala prin trei medii diferite
- 3.4.5. Calculul corectiilor termice ale densitatii relative la produsele petroliere

3.5. CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND CONDITIILE DE REFLEXIE SI REFRACTIE A ULTRASUNETELOR LA INTERFATA DINTRE DIFERITE MEDII

- 3.5.1. Prezentarea programului experimental
- 3.5.2. Conditii tehnice de experimentare
 - 3.5.2.1. Caracterizarea aparaturii folosite
 - 3.5.2.2. Relevarea parametrilor de control
 - 3.5.2.3. Etalonarea aparatelor
 - 3.5.2.4. Indicii de precizie
 - 3.5.2.5. Descrierea schemelor de montaj folosite
- 3.5.3. Prezentarea rezultatelor pentru fiecare experiment realizat
- 3.5.4. Calculul densitatii lichidelor cu ajutorul ultrasunetelor
- 3.5.5. Masurarea debitului cu ultrasunete
- 3.5.6. Sistematizarea si prelucrarea datelor

3.6 CONCLUZII

3.7 ANEXE

CAPITOLUL 4. CERCETAREA CONDITIILOR DE PROPAGARE A ULTRASUNETELOR IN MEDII LICHIDE VIBRANTE

4.1. VIBRATII

- 4.1.1. Compunerea vibratiilor de-a lungul aceleiasi directii
- 4.1.2. Vibratii amortizate si fortate
- 4.1.3. Fenomenul de interferenta
- 4.1.4. Undele de suprafata . Calculul tensiunii superficiale

4.2. TRADUCTORUL DE VIBRATIE

- 4.2.1. Prezentarea montajului folosit in detectarea vibratiilor
- 4.2.2. Prezentarea functionarii traductorului ultrasonic de vibratie
 - 4.2.2.1. Influenta coloanei de lichid (H_L) din traductorul de vibratie asupra amplificarii semnalului ultrasonor
 - 4.2.2.2. Studiul sensibilitatii traductorului de vibratie la aparitia vibratiei exterioare in functie de distanta D_L fata de traductor si de densitatea lichidului folosit in traductor
 - 4.2.2.3. Studiul comportarii undelor la nivelul undei de suprafata
 - 4.2.2.4. Studiul saltului de presiune in traductorul de vibratie la aparitia a doua vibratii exterioare

4.3. CONCLUZII

4.4. ANEXE

CAPITOLUL 5. RELEVAREA CONTRIBUTIILOR PERSONALE

BIBLIOGRAFIE