

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VEAHA"  
TIMISOARA

Facultatea de construcții  
Catedra de construcții hidrotehnice  
și îmbunătățiri funciare

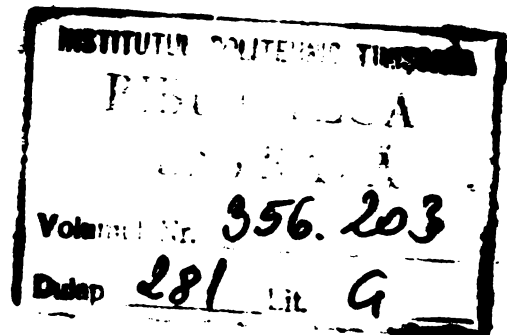
Ing. PACURARIU ESTERU LIVIA CORNEL

CONTRIBUȚII LA REZOLVAREA PROBLEMELOR  
SIFURILOR PRIN METODELE DE ...

- Teză de doctorant -

0 ... ..  
1981 ... ..

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA



## CONTRIBUTII LA PROBLEMA LIMPEZIRII APELOR SUPERFICIALE PRIN METODA ULTRASUNETELOR

### INTRODUCERE

Spele superficiale, adică apele din : lacuri, albiile cursurilor de apă, canale și într-un sens mai larg chiar cele ce se scurg prin conducte, fac parte dintr-o categorie specială a sistemelor disperse sau pseudodisperse, hidrosolurile.

Limpezirea apelor superficiale, sau micșorarea concentrației inițiale a dispersoizilor, din mediul dispers apa, se obține prin procedee tehnologice hidromecanice și chimice.

În prezent nu există teorii cu aplicabilitate practică privind procesul de limpezire a hidrosolurilor bazate și pe acțiunea undelor acustice sau ultraacustice, alături de acțiunea câmpurilor gravitațional și hidrodinamic.

De aceea, autorul, și-a propus că cerceteze teoretic și experimental acțiunea câmpului ultrasonor suprapus peste câmpurile gravitațional și hidrodinamic asupra unor hidrosoluri naturale sau prefabricate, urmărind în special fenomenele de agregare-sedimentare a dispersoizilor, ceea ce conduce la limpezirea hidrosolurilor inițiale. În acest sens, în prezenta lucrare s-au stabilit următoarele obiective mai principale :

- Studiarea și evidențierea sintetică a modului de realizare în prezent, a proceselor de limpezire a hidrosolurilor, ca și cercetarea cauzelor ce au frânat aplicarea metodelor hidrosonice în realizarea acestor procese.

- Realizarea unei instalații experimentale hidrosonice de laborator, executată pe baza unei cercetări și proiectări adecvate, în limite de frecvențe și intensități variabile și optime.

- Stabilirea și realizarea unui program experimental de verificare a condițiilor de limpezire a unor ape superficiale naturale sau prefabricate, folosind instalația experimentală hidrosonică.

- Evidențierea unor aspecte teoretice sau aplicative din teoria generală a ultrasunetelor și a proceselor de limpezire a hidrosolurilor, în vederea elaborării unor contribuții teoretice privind agregarea sedimentarea și deci limpezirea sistemelor monodisperse sub acțiunea câmpurilor gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic sau numai hidrodinamic și ultrasonic.

- Verificarea pe bază de cercetări experimentale folosind instalația experimentală de laborator, a contribuțiilor teoretice, în cazul unor ape superficiale naturale sau prefabricate sau chiar asupra altor

sisteme disperse sau pseudodisperse avînd mediul de dispersie lichid.

- Stabilirea unor criterii tehnico-economice de apreciere a utilității și economicității asupra metodei de limpezire a apelor superficiale sau în general asupra sistemelor disperse sau pseudo-disperse avînd mediul de dispersie lichid.

- Realizarea unui laborator de cercetări hidrosonice echipat astfel încît să se poată elabora în viitor cercetări aplicative privind procese de limpezire, filtrare, difuzie etc., asupra unor sisteme disperse sau pseudo-disperse avînd mediul de dispersie lichid.

- Concretizarea cercetărilor teoretico-experimentale privind limpezirea apelor superficiale, și alte procese printr-un program de acțiune vizînd elaborarea de tehnologii neconvenționale, hidrosonice sau hidroultrasonice realizabile tehnic și competitive economic, pentru unitățile productive.

Expunerea acestor obiective se prezintă în prezenta lucrare ce are la bază studii și articole de regulă de uz intern.

Lucrarea s-a conceput în 5 capitole și anexe după cum urmează :

În cap.1, intitulat "Ape de suprafață. Studiu de sinteză privind la caracteristicile și condițiile de limpezire a hidrocoloizilor și hidropseudocoloizilor". Se prezintă concentrat, unele clasificări, definiții și fenomene caracteristice sistemelor disperse și pseudodisperse, insistînd asupra fenomenelor de coagulare și sedimentare. De asemenea se prezintă unele cercetări privind la coagularea hidrosolurilor și datorită unor forțe acustice.

În cap.2 se prezintă unele considerații proprii privitoare la lipsa interesului teoretic și tehnologic pentru folosirea de metode hidroultraacustice în procese de limpezire a sistemelor disperse avînd mediul de dispersie lichid. Se evidențiază complexitatea fenomenelor de coagulare și sedimentare inclusiv datorită unor forțe acustice și apoi se prezintă sintetic unele proprietăți ale ultrasunetelor în lichide. Considerațiile de mai sus, servesc la conturarea contribuțiilor teoretice proprii, privind sedimentarea, respectiv agregarea a doi dispersoizi dintr-un mediu de dispersie lichid, datorită cîmpurilor gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic sau hidrodinamic și ultrasonic.

Capitolul 3 are ca scop prezentarea succintă a echipamentului experimental hidrosonic și a aparatelor de măsură folosite, pentru a evidenția conceptul asupra echipamentului experimental, gradul de precizie a determinărilor, randamentul global al instalației și efor-

tul de dotare a laboratorului hidrosonic.

In capitolul 4 se prezintă pe baza unui concept experimental :

- unele experiențe preliminare vizînd verificarea condițiilor de limpezire și unele ape superficiale ;
- îmbunătățirea unor caracteristici a instalației experimentale sau a componentelor ei ;
- sinteza rezultatelor experimentale privitor la limpezirea unor ape superficiale sau alte sisteme disperse avînd mediul de dispersie lichid, ce confirmă sau concordă cu cercetările teoretice.

Capitolul 5 este consacrat prezentării unor aspecte de eficiență tehnico-economică. Se expun în continuare sintetic principalele contribuții documentare, teoretice, experimentale și aplicative privind procesul de limpezire a apelor superficiale prin metoda hidroultrasonică, ca și alte aspecte și aplicații posibile rezultate.

In urma creierii condițiilor de cercetare teoretico-experimentale și aplicative, prin realizarea laboratorului hidrosonic se mai prezintă succint preocupările teoretice, experimentale și aplicative de viitor, materializat prin unele rezultate care prezintă în anexe. Tot în anexe se inserează titlurile lucrărilor cu caracter intern sau publicate și alte documente, precum și concluzii finale privind integrarea acestei activități în ansamblul general al cercetărilor teoretico-aplicative din țara noastră. Autorul se simte dator să menționeze că pe tot parcursul documentării și elaborării lucrării, s-a bucurat de sprijinul multor oameni, dornici de a promova noul în știință și producție. In mod deosebit autorul mulțumește șefului catedrei CHIF, prof.dr.ing.Mihai Bălă, conducătorului de doctorat prof.emerit ing.Victor Gheorghiu, familiei, precum și tuturor celor care l-au ajutat la confecționarea echipamentelor, aparatelor sau realizarea experiențelor.

Autorul speră ca lucrarea să prezinte interes nu numai în rîndul specialiștilor ci și în rîndul celor dornici de a aplica tehnologii moderne bazate pe tehnica hidrosonică.



Limpezirea unor ape superficiale datorită  
efectului cîmpurilor hidrodinamice și ultrasonice  
Faza de coagulare și sedimentare a dispersiilor

P A R T E A I - A

Cap. I APE DE SUPRAFAȚĂ. STUDIU DE SINTEZA PRIVITOR  
LA CARACTERISTICILE ȘI CONDIȚIILE DE LIMPEZIRE  
A HIDROCOLOIZILOR ȘI HIDROPSEUDOCOLOIZILOR

1.- GENERALITĂȚI, DEFINIȚII, CLASIFICĂRI

Sub denumirea de ape de suprafață sau superficiale, în această lucrare, se cuprind nu numai apele oceanelor, mărilor, lacurilor, izvoarelor, șiroaielor de coastă, pârâielor și fluviilor, ci și apele din canale, conducte, rezervoare etc., indiferent de gradul lor de puritate.

În acest sens, este cunoscut că apele conțin în suspensie particule anorganice sau organice și chiar o floră și o faună specifică. Se poate admite deci, că apele de suprafață sînt de fapt sisteme disperse complexe în care mediul de dispersie este apa.

În general sistemele disperse pot fi coloidale sau pseudocoloidale. Cum se știe /3, 17, 21, 26, 28, 39, 46/ orice amestec eterogen, chiar format din componente insolubile, poate fi transformat într-un sistem coloidal sau pseudocoloidal atunci cînd parametrii caracteristici ai componentelor au anumite valori, sau cînd se produce o influență a unor factori externi cu efect protector sau stabilizator.

Diferențierea sistemelor disperse în sisteme coloidale sau pseudocoloidale se face în funcție de interacțiunile dintre dispersoid și mediul de dispersie. Una din principalele caracteristici a dispersoizilor constă în aceea că :

În cazul sistemelor coloidale, dimensiunea  $d$ , a particulelor disperse (dispersoizilor)

$$d = (10 \cdot 10^3) \text{Å} \quad (\text{I-1})$$

În timp ce la pseudocoloizi, dimensiunea  $d$ , a particulelor disperse (dispersoizilor)

$$d > 10^3 \text{Å} = 0,1 \mu \quad (\text{I-2})$$

Sistemele coloidale se clasifică în :

- sisteme coloidale propriu zise sau solii liofobi ;
- sisteme coloidale liofile.

Această clasificare ține seama de interacțiunea dintre mediul de dispersie și dispersoid sau faza dispersă, neexistînd de fapt decît în rare cazuri liofobie sau liofilie totală /3, 5, 27, 28, 36, 39, 46/. Solii liofobi au dispersoizii ultramicroeterogeni, fiind coloizi corpusculari polifazici, în timp ce coloizii liofobi numiți și coloizi moleculari, monofazi sînt lipsite de o suprafață interfazică de separație.

- Sistemele coloidale de asociație sau solii liofibi miceliari sînt alcătuiți de regulă din micromolecule, care se leagă între ele prin asociere formînd miclele liofile; deci nu prin legături chimice principale (valențe).

- Sisteme coloidale avînd mediul de dispersie solid sau gazos.

- Sisteme coloidale bidimensionale sau laminare și tridimensionale sau capilare.

Sistemele coloidale la care mediul de dispersie este apa se mai numesc și hidrocoloizi.

Sistemele coloidale cu un grad de dispersie  $\Delta$ , mic, adică :

$$\Delta < 10^5 \left( \frac{1}{cm} \right) = \frac{1}{10^3 \text{Å}} \quad (I-3)$$

numite și pseudocoloizi sînt : suspensiile, emulsiile, pastele, aerosolii, spumele, pulberile, rășinile, sticla etc.

Pseudocoloizii care au ca mediu de dispersie apa se numesc *hidropseudocoloizi*. În mod uzual hidrocoloizii sau pseudohidrocoloizii se mai numesc hidrosoluri.

În general, sistemele coloidale sau pseudocoloidale sînt foarte răspîndite în natură fiind componente importante și în biosferă, ceea ce conferă o importanță extrem de mare acestor sisteme.

Se cunoaște că apa joacă un rol esențial și primordial în construcția și existența speciilor vegetale și animale, în existența omului, în dezvoltarea științei și tehnologiilor de orice fel, servind civilizației umane.

Cum apa nu se găsește în cantități nelimitate, iar consumul ei crește necontenit, orice studiu, metodă sau tehnologie, servind la reciclarea apei sau folosirea ei cît mai utilă este binevenită.

Limpezirea apelor este un proces prin care se asigură folosirea sau reciclarea apei, fiind în același timp un fenomen caracteristic sistemelor coloidale și mai ales a unor sisteme pseudocoloidale.

De aceea în acest capitol se vor accentua cu deosebire acele caracteristici, fenomene și condiții care explică direct sau indirect fenomenul de limpezire a hidro și pseudohidrocoloizilor, fără a ocoli cînd e necesar, aspecte legate de procese reversibile sau conexe.

## 2.- STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIVITOR LA PROCESUL DE LIMPEZIRE A COLOIZILOR ȘI PSEUDOCOLOIZILOR LICHIZI

Sistemele hidro și pseudohidrocoloidale sînt sisteme polidisperse, care din punct de vedere mecanic sînt sisteme vîsco-elastice sau elasticoplastice. Existența unui sistem coloidal depinde de stabilitatea sa. În general sistemele coloidale se caracterizează prin sta-

bilitate cinetică și instabilitate la reunirea particulelor sau agregare. În schimb sistemele pseudocoloidale și mai ales suspensiile brute sînt instabile cinetic și stabile la agregare /5,13,17,21,26,28,30,39,46,47/. De asemenea se cunoaște că în sistemele coloidale și pseudocoloidale se produc în timp, fenomene de structurare, adică de orientare mai mult sau mai puțin ordonată a particulelor disperse și fenomene de destabilizare, adică separare pe verticală a fazei disperse, sub acțiunea gravitației. Destabilizarea sistemelor coloidale sau pseudocoloidale este un proces complex și specific fiecărui sistem, ce constă în final în variația concentrației sau gradului de dispersie, în mediul de dispersie sau altfel spus în limpezirea părții superioare a mediului de dispersie și îngroșarea sau creșterea concentrației la partea inferioară a mediului de dispersie.

Limpezirea sistemelor hidro și pseudohidocoloidale se realizează prin :

Dializă sau separarea spontană a fazei disperse micromoleculare, de mediul de dispersie, la trecerea sistemului coloidal printr-o membrană fină numită membrană dializantă.

Filtrarea sau separarea fazei disperse (solidă) de mediul de dispersie (apa) prin creierea unei diferențe de presiune între două incinte separate între ele printr-un filtru sau o membrană filtrantă. Dacă membrana filtrantă, ea însăși sistem coloidal sau pseudocoloidal, este foarte fină fenomenul se numește ultrafiltrare.

Sedimentarea sau depunerea fazei disperse, în general pe verticală sub efectul gravitației. Separarea fazelor este favorizată de producerea naturală sau dirijată a fenomenelor de coagulare, floculare, a particulelor coloidale sau pseudocoloidale iar în cazuri speciale și datorită fenomenelor de ecremare, sinergism, gelifiere, coalescență etc. /1,3,13,17,21,23,27,39,40,46/.

Coagularea este unul din cele mai importante fenomene prin care se realizează limpezirea sistemelor disperse. Ea constă din reunirea sau agregarea particulelor coloidale sau pseudocoloidale între ele și pierderea stabilității cinetice prin micșorarea suprafeței de separație față de faza dispersă. Ca urmare componenta gravitațională crește ca valoare și se produce căderea particulei pe verticală în mediul de dispersie (apa).

Flocularea este un proces conexe coagulării, constînd din stabilirea unor legături între particulele disperse, mai ales cele macromoleculare, avînd ca consecință o limpezire a mediului de dispersie la partea superioară a incintelor de limpezire.



Ecremarea sau separarea unei emulsii prin creșterea concentrației, o parte din sistemul dispers devenind maxim concentrat (ex. smântinirea laptelui).

Sinergismul sau aditivitatea, fenomen rar ce se observă la concentrații mari ale sistemelor difuze (ex. geluri) și constă în concentrarea spontană a gelurilor prin separare treptată a unei soluții foarte diluate de dispersoid și electroliți numită și ser. Sinereza este însoțită de regulă de o contracție (ex. gemurile în borcane) și uneori de o modelare a gelului după forma incintei (vasului).

Coalescența sau fenomenul de contopire a particulelor mai mici ale emulsiilor și transformarea lor în particule mai mari.

Dilatanta și reopexia, fenomene inverse tixotropiei, constând dintr-o creștere a vâscozității și întărire a particulelor disperse sau a întregului sistem difuz sub acțiunea deformatoare a gradientului scurgerii etc.

Din literatura de specialitate /1,3,4,5,13,14,20,21,28,39,46/ rezultă că pînă în prezent :

1. Nu există o ecuație generală care să exprime în întregime fenomenul de stabilitate sau de instabilitate a sistemelor coloidale sau pseudocoloidale sau măcar pentru o anumită clasă sau categorie, a acestora.

2. Pentru explicarea fenomenelor de coagulare-floculare natural sau dirijat, există teorii, care explică în mare parte fenomenul, dar nu întotdeauna complet cum se va arăta /3,4,5,39,46/. La fel și pentru celelalte fenomene există teorii, criterii și relații cu caracter mai ales experimental sau teoretico-experimental.

3. Descrierea fenomenului de limpezire a hidro și pseudohidrocoloizilor se poate realiza cît mai exact prin cunoașterea :

- Parametrilor caracteristici a sistemelor coloidale și pseudocoloidale.

- Fenomenelor specifice a sistemelor coloidale și pseudocoloidale și cu deosebire a acelor care provoacă sau sînt conexe fenomenului de destabilizare și în final de limpezire a unui mediu de dispersie (apa).

- Aprofundarea fenomenelor ce conduc la reunirea și aglomerarea dispersoizilor și cu deosebire a fenomenelor de coagulare-floculare.

♥ Evidențierea fenomenelor de dializă, filtrare sau sedimentare prin prisma cercetărilor anterioare. Stabilirea condițiilor de valabilitate a ipotezelor folosite.

Cum se cunoaște, în domeniul gospodării apelor există în prezent tehnologii complexe de limpezire, filtrare și purificare a apelor din cursuri de apă sau mări și oceane funcție de necesități /4, 5, 8, 11, 14, 15, 16, 19, 22, 25, 44, 47/. De asemenea se folosesc pe scară largă tehnologii de tratare a apelor industriale sau uzate în general, care să permită fie refolosirea lor, fie deversarea într-un emisar /4, 5, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 24, 25, 31, 35, 42, 43, 44, 45, 47/.

Toate aceste tehnologii au în vedere fenomenele fizico-mecanice și chimice legate de scopul urmărit. În industriile chimică, alimentară, ușoară, lemnului, metalurgică etc., ca și în agricultură, medicină etc., există de asemenea aplicații utile și numeroase legate de procesul de limpezire a hidro și pseudohidrocoloizilor în special sau a sistemelor coloidale și pseudocoloidale în general /1, 2, 3, 5, 7, 11, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 28, 30, 31, 38, 39, 40, 41, 46, 47/.

Autorul nu intenționează însă, să se ocupe decât numai de unele caracteristici, fenomene, forțe etc., ce intervin în procese de limpezire a unor ape de suprafață, atunci când pe lângă alte forțe acționează forțele hidrodinamice, hidrostatice și ultrasonice.

### 3. CARACTERISTICI ALE SISTEMELOR COLOIDALE SI PSEUDOCOLOIDALE

Sistemele coloidale și pseudocoloidale se deosebesc între ele, după modul de producere a fenomenelor specifice ca : sedimentarea, difuzia, osmoza, vâscozitatea etc.

Caracterizarea sistemelor coloidale și pseudocoloidale se face funcție de :

3.1. Numărul particulelor dispersate în mediul de dispersie,  $N$ , care este de :

- În sistemele coloidale :

$$10^2 \leq N < 10^{10} \quad \left\langle \frac{N}{10^{-6} m^3}, \frac{N}{cm^3} \right\rangle \quad (4)$$

Aceasta are drept consecință explicarea fenomenelor ce apar prin legi și relații ale fizicii statistice și chimie-fizică.

- În sistemele pseudocoloidale :

$$N < 10^2 \quad \left\langle \frac{N}{10^{-6} m^3}, \frac{N}{cm^3} \right\rangle \quad (5)$$

și drept urmare mai ales în cazul suspensiilor brute din hidrosoluri se pot explica fenomenele de sedimentare-limpezire sau filtrare prin legi și relații ale mecanicii clasice și în general a fizico-chimiei clasice.

### 3.2. Caracteristici geometrice și de masă a fazei disperse sau dispersoizilor

3.2.1. Dimensiunile sau după caz diametrul dispersoidului sau

particulei, notat de regulă "d", este una din cele mai principale caracteristici a sistemelor disperse avînd un rol hotărîtor în producerea diferitelor fenomene. Se cunoaște că particulele coloidale, au forme diferite izometrice (sferocoloizii) ca : forme poliedrice, sferice compacte, sferice-ghem sau încolăcite sau mai des anizometrice ca forme : cilindric scurte sau lungi, plate, liniare buclate sau ramificate etc. /3,23,28,39,46/.

Din literatura de specialitate rezultă că multe experimentări și teorii legate de producerea diferitelor fenomene între care și cel de sedimentare și limpezire a hidrosolurilor, admit ca ipoteză de calcul forma sferică a particulei /1,3,5,7,8,11,12,14,15,16,17,21,22,25,28,35,37,39,44,45,46,47/, ceea ce nu numai că este neveridic în general, dar poate denatura sensul real al rolului dimensiunilor particulei în unele procese și mai ales în cazul hidrocoloizilor. Legat de forma particulei, o mărime caracteristică, este și

3.2.2. Suprafața superficială  $S_s$  de contact cu mediul de dispersie. Astfel s-a constatat /3,5,28,39,46/ că raportul suprafețelor superficiale dintre particulele coloidale anizometrice liniare și cei izometrice sau sferici este de cca. 100, ceea ce explică vîscozitatea redusă în cazul sistemelor avînd particule sferice față de sistemele difuze avînd particule anizometrice. Se menționează că forma sferică a particulelor coloidale se întîlnește des în biosferă (glicogen, globulină, hemoglobină etc.) și mai rar în alte sfere. Este demn de reținut că suprafața superficială  $S_s$  este în general invers proporțională cu volumul și densitatea particulei. O mărime ce caracterizează parțial aceste aspect este :

3.2.3. Gradul de dispersie  $\Delta$ , care prin definiție este :

$$\Delta = \frac{1}{d} \langle \dot{A}^{-1}, m\mu^{-1}, \mu^{-1}, cm \rangle \quad (6)$$

Astfel, dacă particulele pseudocoloidale avînd  $d > 1$  cm au viteze de sedimentare de ordinul secundelor, cele cu  $d > 10^6 \text{ \AA}$ , au viteze de sedimentare  $v_c$  de ordinul minutelor, în schimb particulele coloidale avînd  $d > 10^2 \text{ \AA}$  (argile) au viteze de sedimentare  $v_c$  de ordinul unilor iar cele cu  $d > 10^2 \text{ \AA}$ , chiar de ordinul zecilor și sutelor de ani /1,3,28,39,46,47/.

Rezultă că difuzia și stabilitatea este invers proporțională cu diametrul sau dimensiunile particulei și direct proporțională cu suprafața superficială, forma particulelor avînd și ea un rol important în acest sens.

1. Expriarea diametrului sau dimensiunii pentru i particule se face prin diametru mediu statistic care poate fi :

diametru mediu numeric

$$\bar{d}_n = \frac{\sum N_i d_i}{\sum d_i} \quad \langle \text{\AA}, \mu, \mu, \text{mm}, \text{cm} \rangle \quad (\text{I.7})$$

diametrul mediu de greutate

$$\bar{d}_g = \frac{\sum N_i d_i^4}{\sum N_i d_i^3} \quad \langle \text{\AA}, \mu, \mu, \text{mm}, \text{cm} \rangle \quad (\text{I.8})$$

Diametrul mediu superficial (a particulelor izomerice),  $\bar{d}_s$ ,  
diametru mediu de lungime  $\bar{d}$  etc /28,46/.

3.2.4. Masa dispersoizilor sau particulelor  $i$ , notată cu  $m_i$  este evident funcție de natura și forma particulei, adică funcție de densitatea  $\rho_i$  și volumul  $V_i$  și bineînțeles de numărul lor  $N_i$ . Ea se exprimă tot statistic prin mărimi ca :

masa medie numerică  $\bar{m}_n$

$$\bar{m}_n = \frac{\sum N_i m_i}{\sum N_i} = \frac{\sum N_i \rho_i V_i}{\sum N_i} \quad \langle \text{kg}, \text{g} \rangle \quad (\text{I.9})$$

masa medie de greutate  $\bar{m}_g$

$$\bar{m}_g = \frac{\sum N_i m_i^2}{\sum N_i m_i} \quad \langle \text{kg}, \text{g} \rangle \quad (\text{I.10})$$

sau în cazul sistemelor polidisperse, prin

masa medie de ordinul  $k$   $\bar{m}_k$

$$\bar{m}_k = \left[ \frac{\sum N_i m_i^k}{\sum N_i m_i^{(k-1)}} \right]^{1/k} \quad \langle \text{kg}, \text{g} \rangle \quad (\text{I.11})$$

Masa moleculară medie  $\bar{m}$  a particulelor coloidale este :

$$\bar{m} \in (10^3 \dots 10^{10}) \quad (\text{I.12})$$

iar numărul mediu  $\bar{N}$  de atomi sau molecule simple /46/ :

$$\bar{N} \in (10^3 \dots 10^9) \quad (\text{I.13})$$

adică :  $\bar{m} > \bar{N}$  (I.14)

O parte din energia cinetico-moleculară a sistemelor coloidale se transformă în energie superficială sau alte forme de energie, ceea ce explică fenomene ca stabilitatea, sedimentarea etc., a acestor sisteme.

Se constată /1,28,37,39,46/ că numai în cazul sistemelor monodisperse izomerice :

$$\bar{d}_n = \bar{d}_g = \bar{d}_s \quad (\text{I.15})$$

și :  $\bar{m}_n = \bar{m}_g = \bar{m}_k \quad (\text{I.16})$

în schimb în cazul sistemelor polidisperse :

$$\bar{d}_g > \bar{d}_n \quad (\text{I.17})$$

și :  $\bar{m}_k > \bar{m}_g > \bar{m}_n \quad (\text{I.18})$

ceea ce constituie și un criteriu de recunoaștere a sistemelor polidisperse așa cum sînt covârșitoarea majoritate a hidrosolurilor.

Polidispersarea se evidențiază prin :

Factorul de neomogenitate (Schultz G.V.1939)  $u$  ;

$$u = \frac{\bar{m}_g - \bar{m}_n}{\bar{m}_n} \quad \text{iar} \quad u > 0 \quad (\text{I.19})$$

și evident că :  $u = 0$  (I.20)

în cazul sistemelor coloidale monodisperse (ex.: soluții de insulină)

Este de amintit că soluțiile monodisperse se obțin prin procedee de centrifugare fracționată și mai ales prin procedee ultrasonice /46/.

### 3.3. Natura și structura fizico-chimică a fazei disperse sau dispersoidului

Are o importanță deosebită în realizarea unor fenomene, ca de exemplu sedimentarea și deci variația concentrației dispersoizilor pe verticală în mediul de dispersie /4,5,41,46,47/, între altele și datorită adsorbției și adsorbției chimice sau chemosorbția /36,38,40/.

### 3.4. Caracteristici ale sistemelor coloidale și pseudocoloidale

3.4.1. pH-ul este unul din parametrii caracteristici importanți care favorizează sau determină atât stabilitatea cât și coagularea hidrosolurilor, existând pentru fiecare sistem un pH optim de coagulare /5,27,31/.

3.4.2. Gradul de puritate a sistemului dispers, respectiv prezența sau absența unor stabilizatori tensoactivi, care favorizează stabilitatea sistemului. Acești stabilizatori sînt ei însuși sisteme coloidale sau pseudocoloidale.

3.4.3. Vîscozitatea sistemului sau proprietatea unui fluid de a opune rezistență la mișcarea relativă a două particule adiacente. Coeficientul de vîscozitate dinamică  $\eta$ , definit de Newton /12,19,47/ în cazul mișcării laminare, ca o funcție de forța de frecare  $F$ , gradientul de viteză  $dv/dx$ , pe direcția  $x$ , normală pe suprafața  $S$

$$\eta = - \frac{F}{S \frac{dv}{dx}} \quad \left\langle \frac{Ns}{m^2}, \frac{dyn \Delta}{cm^2} \right\rangle \quad (\text{I.21})$$

este valabilă numai în cazul soluțiilor foarte diluate (aproape de condițiile fluidului ideal) sau a sistemelor coloidale avînd particule sferice, nemai fiind valabilă în cazul sistemelor coloidale sau pseudocoloidale avînd particule anizometrice sau în cazul solilor liofili /28,33,46/.

Vîscozitatea sistemelor disperse mai este caracterizată prin : Tensiunea tangențială sau tensiunea de forfecare  $\zeta$ , a curgerii

$$\zeta = - \eta \frac{dv}{dx} = \frac{dF}{dS} \quad \left\langle \frac{N}{m^2} \right\rangle \quad (\text{I.22})$$

Fluiditatea,  $\varphi$

$$\gamma = -\frac{1}{\eta} \quad (I.23)$$

Vîscozitatea relativă  $\eta_r$ , sau raportul dintre vîscozitatea dinamică a sistemului  $\eta_s$  și vîscozitatea dinamică a mediului de dispersie  $\eta_m$  (de ex. apa distilată)

$$\eta_r = \frac{\eta_s}{\eta_m} \quad (I.24)$$

Pentru determinarea vîscozității mai ales la sistemele disperse cu concentrații mari sau foarte mari și polidisperse se folosește vîscozitatea intrinsecă dinamică (Flory, Mark, Houwink)  $[\eta]$  definită ca o funcție de masa macromoleculară  $M$  și constantele  $k$  și  $\alpha$ , determinate experimental

$$[\eta] = K M^\alpha \quad (I.25)$$

Cercetările experimentale conduc la ideea că vîscozitatea depinde de caracteristicile geometrice și de masa particulelor, de natura lor fizico-chimică, polidispersare, interacțiunea dintre dispersoizi (particule) și mediul de dispersie, temperatură etc., nefiind de fapt stabilite decât corelații parțiale a parametrilor de bază și nicidecum legi generale sau speciale măcar pentru anumite sisteme disperse. Problema este importantă cunoscut fiind faptul că procesele de coagulare, decantare-limezire, se produc mai bine în sistemele mai viscoase /4, 20, 21, 46/ vîscozitatea hidrosolurilor depinde și de :

Densitatea mediului de dispersie  $\rho$  sau a dispersoizilor  $\rho_p$

$$\rho, \rho_p, \rho_a < \frac{kg}{m^3} > \quad (I.26)$$

Vîscozitatea cinematică  $\nu$ , sau raportul dintre vîscozitatea absolută  $\eta$  și greutatea specifică a fluidului  $\gamma$

$$\nu = \frac{\eta}{\gamma} < \frac{m^2}{s} > \quad (I.27)$$

Criteriul Reynolds "Re" ce ține seama de condițiile de mișcare hidrodinamice, prin viteza  $v$ , dimensiunea  $d$ , a secțiunii de scurgere și coeficientul de vîscozitate cinematică :

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (I.28)$$

Cum se știe, în funcție și de criteriul Re s-au determinat mărimile hidraulice a particulelor  $v_c$  și traiectoria particulelor aluvionare în suspensie /2, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 25, 41, 44, 45, 47/ de către Prandl Nicuradze etc.

#### 4. UNELE FENOMENE SPECIFICE HIDROSOLURILOR

În sistemele coloidale și pseudocoloidale sînt specifice :

Fenomene cinetico-moleculare ca :

Difuzia sau egalizarea spontană a concentrațiilor soluțiilor ca efect al agitației termice moleculare.

Fluctuațiile sau variația (fluctuația) densității și concentrației sistemului dispers.

Relaxarea sau slăbirea în timp a tensiunilor elastice dintr-un corp, datorită unor forțe exterioare.

Osmoza sau difuzia selectivă prin porii unei membrane, definită prin presiunea osmotică.

Vîscozitatea și fluiditatea deja amintite.

Sedimentarea proces de bază în realizarea limpezirii mediilor de dispersie, alături de filtrare și dializă .

Mișcarea browniană de rotație și translație

Fenomene electrice ca conductivitatea, rezistivitatea, producerea potențialelor electrocinetic, sau de sedimentare etc.

Fenomene optice ca efectul Tyndal

Fenomene de suprafață, ce se manifestă la suprafața de separație dintre particulele coloidale sau pseudocoloidale și mediul de dispersie respectiv mediul de incintă (graniță), ca adsorbția și absorbția procese importante în realizarea coagulării particulelor.

Aproape fiecare din fenomenele amintite, participă în mare sau mai mică măsură fie la realizarea stabilității sistemelor coloidale sau pseudocoloidale, fie la destabilizarea acestora. Realizarea fenomenelor specifice sistemelor coloidale și pseudocoloidale în general și a hidrosolurilor în special se datoresc unor forțe naturale interne sau externe sau unor forțe dirijate. Astfel, fenomenul de stabilizare a hidrosolurilor se produce datorită :

4.1. Forțelor de atracție moleculară sau forțe de adeziune (van de Waals-London, ce au în general o rază de acțiune de ordinul moleculelor adică de cca. (1...2)Å. În cazul cristalelor lichide (ex. derivații ai colesterolului și lecitinei) raza de acțiune crește la (10<sup>3</sup>...10<sup>8</sup>)Å. Această acțiune se manifestă permanent în microzonele particulelor și nu poate fi neglijată mai ales în cazul particulelor coloidale care, cum s-a arătat au dimensiuni de (10...10<sup>3</sup>)Å. Ele provoacă fenomenul de adsorbție fizică alături de

4.2. Forțele cinetico-moleculare de difuziune sau forțe mecanic-cuantic interne, care după Einstein produc mișcarea browniană /3,39,46/, verificată experimental și avînd același efect ca și,

### 4.3. Forțele de fluctuație sau repulsie

Este de observat că mișcarea browniană nu este specifică decât particulelor coloidale ( $d = 10 \dots 10^3 \text{ \AA}$ ), iar particulele cu  $d > 4 \mu\text{m}$  nu mai efectuează decât numai mișcări de oscilație în jurul centrului lor de greutate. În mișcarea sa dezordonată, particula circulă dintr-o zonă cu concentrație mai mică spre o zonă cu concentrație mai mare a mediului de dispersie, contribuind astfel la stabilitatea sistemelor coloidale. Ei i se opun :

4.4. Forțele de frecare care se opun mișcării sau forțele Stokes.

4.5. Forțe chimico-moleculare sau de chemosorbție.

4.6. Forțe electrostatice de atracție sau respingere (coulombiene) sau forțe de polarizare ce se nasc datorită frecării particulelor, adsorbției de ioni din mediul de dispersie sau marginal (incinta de activare), fluctuației etc.

4.7. Forțe hidrodinamice care imprimă particulelor o energie cinetică ce asigură transportul sau ciocnirea dintre particule și prin aceasta joacă un rol hotărâtor în procese de destabilizare prin sedimentarea dispersoizilor, ca și în procese de stabilizare a hidrosolurilor.

4.8. Forța gravitațională ce are un rol preponderent în realizarea proceselor de sedimentare mai ales pentru cazul când criteriul Reynolds

$$Re < 1$$

(I.29)

4.9. Forțele de inerție a sistemelor sau fazelor. Este de remarcat că atunci când particula coloidală sau pseudocoloidală are o viteză mai mare decât cea a curentului hidrodinamic se pot favoriza agregările de particule și deci o sedimentare mai rapidă. Aceste forțe se manifestă fie la suprafața de contact dintre particule și mediul de dispersie fie în sistemul hidro sau pseudohidocoloidal. Ele au fost determinate sau evidențiate de Einstein, Smoluchowski, Stokes, Perrin, W. Ramsay, P. Bebye, Langmuir, Fick, van der Waals, London, Nerst etc. /1, 3, 5, 10, 20, 21, 26, 34, 36, 39, 46/.

Pentru producerea dirijată a unor procese de stabilizare sau de destabilizare a hidrosolurilor sau conceput instalații și metode unde preponderente sau principale devin și alte categorii de forțe cum ar fi :

4.10. Forțe centrifuge folosite în instalații de sedimentare centrifugală a sistemelor coloidale.

4.11. Forțe electrice folosite în realizarea procedeelor de



electrosedimentare (efectul Dorn), electroforeză, electrodiализă, electrodispersare etc.

4.12. Forțe mecanice aplicate pentru realizarea, măcinarea și dispersarea pulberilor, coagulării hidrosolurilor etc.

4.13. Forțe electromagnetice ce sînt întrebuintate pentru îmbunătățirea dispersării și omogenizării sistemelor coloidale.

4.14. Forțe ultrasonice folosite în prezent mai ales pentru realizarea unor procese mai bune de omogenizare, difuzare a unor sisteme coloidale, în coagularea și sedimentarea aerosolilor și, relativ rar în procese de sedimentare a hidrosolurilor.

## 5. COAGULAREA HIDROSOLURILOR

Unul din cele mai importante fenomene prin care se asigură sedimentarea particulelor coloidale și deci limpezirea mediului de dispersie (apa) este coagularea.

Coagularea este un proces fizico-chimic prin care se elimină din apă particulele coloidale și pseudocoloidale, microorganisme etc., deci limpește total sau parțial hidrosolurile între care și apele brute sau uzate. Ea este o consecință a producerii destabilizării hidrosolurilor natural sau dirijat. Coagularea se produce, deci, cînd hidrosolurile își pierd stabilitatea la agregare adică capacitatea de a se opune alipirii particulelor (dispersoizilor).

După V. Coheci /6/ "coagularea este procesul fizico-chimic complex de tratare a apelor în vederea eliminării particulelor fine și coloidale din apă, avînd loc totodată și eliminarea unor poluanți dizolvați și prezenți în apă, precum și a microorganismelor. În măsură mai mică sau mai mare. Definiția se bazează pe efectele care le are coagularea și care depășesc doar efectul de limpezire".

5.1. Coagularea dispersoizilor depinde de :

5.1.1. Factori fizici ca : vîscozitatea  $\eta$ , presiunea  $p$ , temperatura  $t$ , caracteristicile geometrice și de masă a dispersoizilor, concentrația dispersoizilor în mediul de dispersie, rezultanta forțelor ce acționează asupra particulelor în mediul de dispersie (electrice, mecanice, termice etc.).

5.1.2. Factori chimici ca : natura și structura chimică a dispersoizilor și mediului de dispersie, forțele chimice de formare a unor legături chimice (legături de hidrogen, legături prin punți la molecule polimere, chemosorbție), pH-ul, gradul de puritate a hidrosolurilor, prezența sau absența unor coagulanți sau coloizi protectori tensoactivi etc.

5.1.3. Factori exteriori ca : condițiile de presiune  $p$  și temperatură  $t$  a mediului ambiant sau a incintei de coagulare, geometria și natura incintei de coagulare, aplicarea de forțe dirijate pentru favorizarea procesului de coagulare ca de exemplu : forțe centrifuge, electrice, forțe ultrasonice, acțiunea radiațiilor și cu deosebire a razelor ultraviolete și  $x$  , folosirea de coagulanți, acțiunea gravitației terestre etc.

În principiu între dispersoid și mediul de dispersie există o interacțiune permanentă concretizată printr-un raport energetic variabil datorită factorilor fizico-chimici și exteriori. Atât timp cât acești factori dau o rezultantă care asigură un echilibru, sistemul este stabil cinetic, adică există un echilibru de sedimentare.

Aceasta presupune invarianța gradului de dispersie, conservarea unei mase constante a diferitelor particule, și conservarea condițiilor exterioare. Echilibrul se realizează mai ales în cazul sistemelor coloidale, la care particulele coloidale sînt mici și foarte mici ca diametru  $d$  și greutate în raport cu suprafața superficială  $S_s$ . De exemplu, un gram de argilă poate fi dispersat astfel încît particulele ajung la  $S_s = 900 \text{ m}^2 / 47$  ceea ce micșorează practic la zero influența gravitației, principala forță de sedimentare naturală.

Cînd rezultanta energetică dintre dispersoizi este mai mare decît cea dintre dispersoid și mediul de dispersie se produce agregarea prin alipirea sau contopirea particulelor (dispersoizilor) între ei total sau parțial, adică coagularea. Coagularea se produce atît timp cît cele două tipuri de energii se egalează. Particulele agregate își micșorează suprafața superficială  $S_s$  și le crește greutatea, ceea ce favorizează depunerea prin creșterea vitezei de sedimentare. Dispersoizii rămași, cu dimensiuni de regulă, mai mici decît cei inițiali, formează cu mediul de dispersie (apa) un nou sistem coloidal, cu o concentrație mai mică, deci cu un grad de limpezire mai mare decît microsolutul inițial.

Energia de legătură a apei cu dispersoizii este în funcție de modul de legare cu mediul de dispersie (apa). Astfel apa poate fi reținută mecanic de dispersoid, fiind în acest caz apă liberă sau în particular capilar legată, apă legată chimic sau apă de cristalizare, apă legată fizic sub forma unei pelicule ce învelește dispersoidul (apa hidrosopică sau peliculară) și apă de hidratare, ca de exemplu în cazul argilelor, cînd grosimea filmului este influențată de potențialul electrocinetic al particulelor de argilă /1,7,24,47/. Pentru a evidenția modul de interacțiune dintre dispersoizi și mediul de dis-

persie (apa) se prezintă structura unui dispersoid învelit de un nor ionic cu care împreună formează micela.

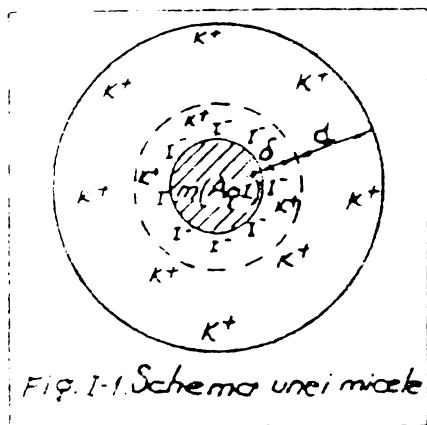
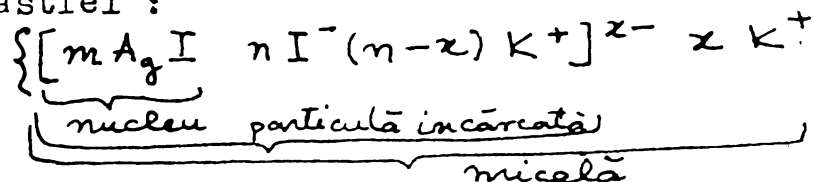
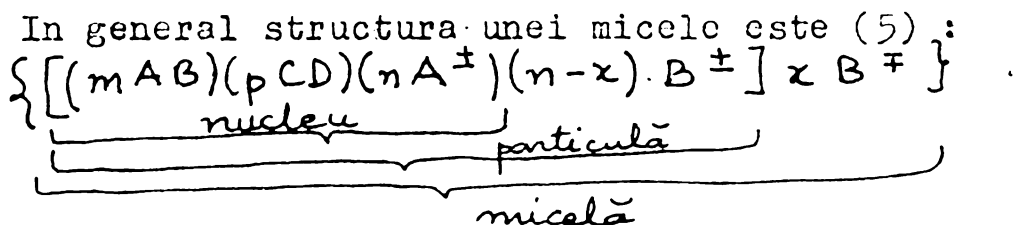


Fig. 1-1. Schema unei micelle

Schematic micela din figura 1 se reprezintă astfel :



m molecule de  $AgI^-$  se absorb n ioni  $I^-$ . Un număr oarecare de  $(n-x)$  de contraioni  $K^+$  aderă la acei n ioni  $I^-$  și formează stratul compact de adsorbție de grosime  $\delta$ , iar alți x ioni de  $K^+$  formează stratul difuz (Gouy-Chapmann) de grosime d. Cum se vede particula este învelită într-un strat dublu electric.



unde : AB este nucleul solid, CD molecula neutră, A ioni adsorbiți + sau - , iar B contraioni + sau - , m și p număr de molecule.

Pînă în prezent nu există o teorie generală a coagulării, diversele teorii și experimentări contribuind însă la rezolvarea multiplelor probleme tehnice /3,5,14,20,21,38,39,40,46,47/. Prezentarea sintetică a unor teorii și reguli sau rezultate experimentale va evidenția caracterul complex al fenomenului. Astfel în cazul solidilor liofobi s-au conturat trei perioade caracteristice de coagulare :

Coagularea latentă care este o continuare a procesului de formare a unei noi faze, în urma compensării energiilor de interacțiune între dispersoid și mediul de dispersie. Ea se poate evidenția în timp prin determinarea turbidității.

Coagularea lentă, cînd viteza de coagulare crește pînă la o valoare critică, după care, urmează foarte vizibil,

Coagularea rapidă, cînd practic viteza de coagulare se egalează cu viteza de coagulare critică.

Coagularea este rezultatul a două procese independente și distincte (8) :

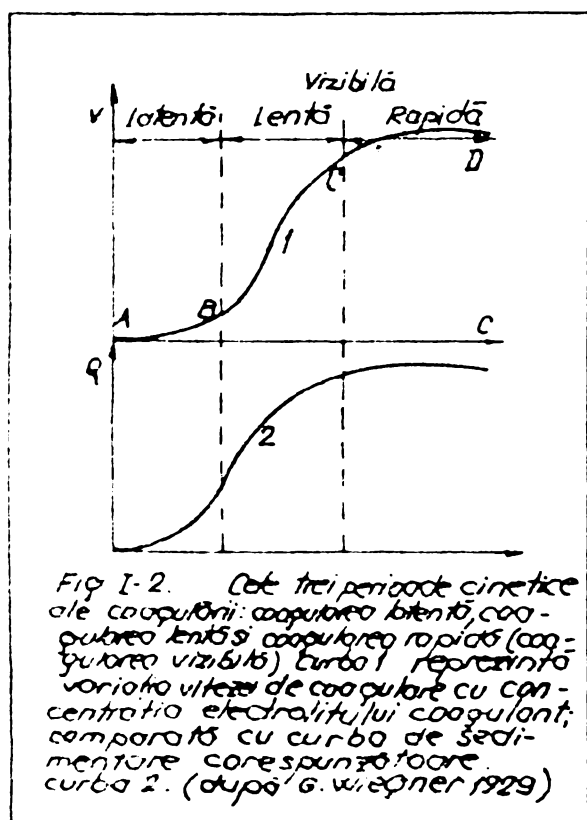
Procesul de destabilizare a dispersiei coloidale, care urmărește transformarea sistemelor coloidale stabile în sisteme instabile folosind agenți de coagulare care acționează printr-un mecanism complex.

Procesul de transport, care are rolul de a aduce în contact par-

ticulele coloidale destabilizate, favorizînd astfel ciocnirea lor. Ciocnirile pot fi eficace, ducînd la aglomerarea particulelor sau elastice.

Cînd particulele sînt de ordinul moleculelor mediului de dispersie transportul lor este realizat de mișcarea browniană, adică este pericinetic iar coagularea se numește pericinetică. Dacă particulele au dimensiuni  $d > 10^4 \text{ \AA}$ , transportul se realizează, prin variația gradientului de viteză, adică este ortocinetic și de aceea și coagularea se numește ortocinetică.

Deoarece realizarea echilibrului între diferite tipuri de energii (forțe) are un caracter nepermanent se poate admite că coagularea latentă și chiar lentă este permanentă. Coagularea este deci un proces de îmbunătățire a sistemelor coloidale.



În cazul tratării hidrosolurilor cu electroliți coagulanți se constată experimental că pragul de coagulare, urmează regula valenței sau regula Schultze - Hardy (1888) adică : "Coagularea se produce întotdeauna cu ioni de semn contrar sarcinii solului și pragul de coagulare scade foarte brusc și mult cu creșterea ionului coagulant".

Explicarea fenomenului de coagulare nu este elucidat complet diferite teorii aducînd contribuții la clarificarea problemei. Astfel :

5.2.1. Teoria chimică și a adsorbției chimice de schimb, (La Mer Duclaux, Pauli, Lottermoser, Langmuir etc.), după care

coagularea depinde de compoziția și reacțiile chimice superficiale, criteriile de apreciere a coagulării fiind pragul de coagulare, gradul de adsorbție (ocupare) a suprafeței dispersoidului și concentrația dispersoidului. După, La Mer, moleculele polimere sau ionii adsorbiți se atașează de particula coloidală cu unul sau mai multe puncte de adsorbție, restul moleculelor formînd segmente libere ce au tendința de balans provocate de forțele cinetico-moleculare și hidrodinamice din sistemul dispers. Segmentele libere pot fi adsorbite, fie de către segmentele libere ale moleculei sau particulei vecine, dînd naștere unor

purți de polimer și formarea de flocoane. Adsorbția este pozitivă când i se adsorb molecule ale substanțelor dizolvate și negativă sînd se adsorb molecule de apă. Dacă procesul de adsorbție continuă și prin reacție chimică dintre sorbit și sorbant adică prin chemosorbție moleculele sau ioni pătrund din stratul superficial în interiorul particulei (dispersoidului), fiind absorbiți.

Raportul dintre suprafața cu o combinație  $S_c$  și suprafața superficială a particulei  $S_s$  notat cu  $\theta$  este :

$$0 \leq \theta = \frac{S_c}{S_s} < 1 \quad (I.35)$$

Coagularea este maximă, optimă sau nulă, după cum :

$$\theta = 0 ; \theta = 0,5 ; \theta = 1 \quad (I.36)$$

Experimental s-a constatat că : /3,5,6,21,39,46/

- Adsorbția este proporțională cu concentrația, mai favorabilă la ioni polivalenți decît la cei monovalenți, datorită sarcinilor lor mari și invers proporțională cu gradul de hidratare.

- Adsorbția este mai bună în cazul în care ioni sorbați și sorbiți dau combinații greu solubile, cînd stratul difuz și deci potențialul electrocinetic  $\zeta$  poate fi chiar anihilat.

- Creșterea concentrației de electroliți, pentru favorizarea coagulării, poate nu numai să anuleze potențialul electrocinetic, dar chiar să-i schimbe semnul.

- Polimerii destabilizează hidrocoloizii la concentrații foarte mici. Cea mai eficace coagulare floclare rezultă din acțiunea unui polimer negativ, asupra solilor încărcăți negativ.

- Ioni sorbabili destabilizează hidrocoloizii la concentrații mai mici decît ioni nesorbabili, iar ioni metalici se situează într-o categorie intermediară între polimeri și ioni simpli.

5.2.2. Teoria electrochimică (Hardy, Bredig, Zsigmondy, Perrin)  
În această teorie se admit ca preponderente în procesele de destabilizare sînt forțele chimico-moleculare, care se manifestă prin adsorbția și chemosorbția dintre particule și forțele electrostatice (coulombiene).

Se cunoaște că la suprafața de contact dintre dispersoizi și mediul de dispersie, apare o diferență de potențial, ca urmare a atracției de către particulă (dispersoid) din mediul de dispersie a unor ioni de semn contrar sau contraioni, sau datorită adsorbției ionilor sau moleculelor polare pe o interfață (v.5.2.1). Se creiază deci un strat dublu electric (Helmholtz).

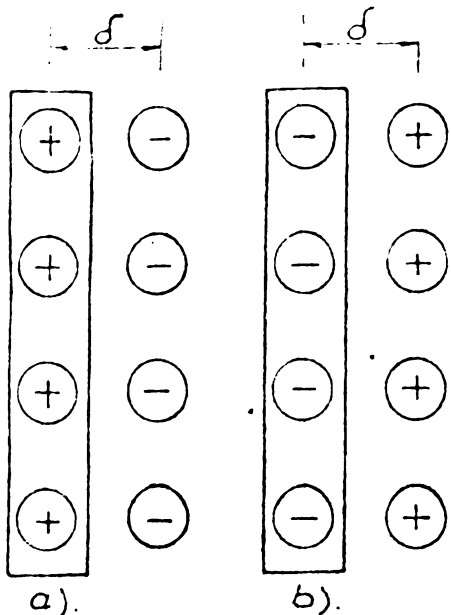


Fig. I-3. Strat dublu electric la suprafața particulei (metal) soluție (mediu de dispersie) a) Dispersoid încărcat (+) b) Dispersoid încărcat (-)

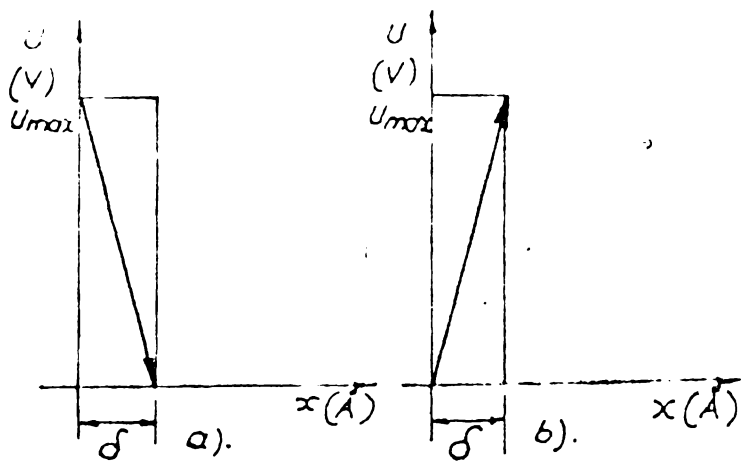


Fig. I-4. Variația potențialului Helmholtz a)  $U_{max} > U > 0$   $\delta = 1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ . b)  $0 \leq U \leq U_{max}$   $\delta = 1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ .

Diferența de potențial  $U$  este funcție de :  $C_{MeZ^+}$  sau concentrația în soluție a ionilor  $MeZ^+$ ,  $U_0$  potențialul standard ;  $R$ , constanta universală a gazelor ;  $z$ , valența,  $F = 96.490 \text{ C}$ , constanta lui Faraday,  $T$ , temperatura absolută  $^{\circ}K$ . Ea e dată în ecuația termodinamică Nerst :

$$U = U_0 + \frac{RT}{zF} \ln C_{MeZ^+} \quad (I.37)$$

Luând în considerare și mișcarea termică a ionilor Gony, Chapman (1910), Debye, Stern (1924), au arătat că ionii nefiind punctiformi ei se pot apropia pînă la o distanță  $\delta = 1 \text{ \AA}$  (ordinul de mărime a ionului Hidratat). Iar la o distanță  $d$  (fig.5) există în mediul de dispersie sarcini (ioni), distribuite după o lege barometrică.

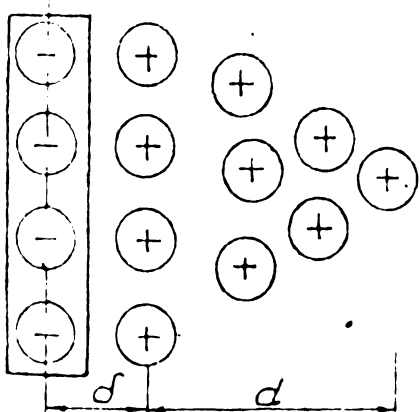


Fig. I-5. Strat dublu electric difuz

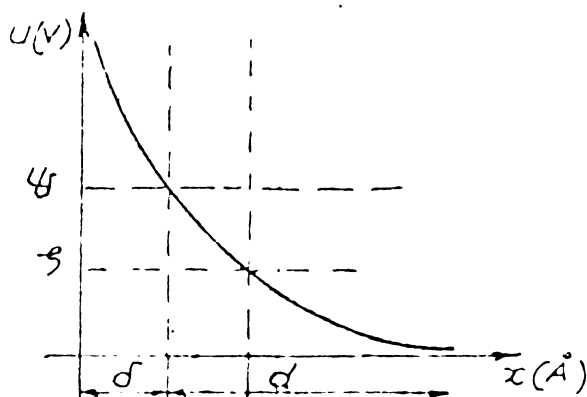


Fig. I-6. Căderea de potențial în stratul difuz și potențialul electrocinematic  $\zeta$

Grosimea stratului  $d$  (Gony) în cazul soluțiilor diluate

$$d \propto \frac{1}{\sqrt{c}} \text{ iar } \frac{1}{\sqrt{c}} = \sqrt{\frac{\epsilon_r RT}{8\pi c F^2 z^2}} \quad \langle \text{ \AA} \rangle \quad (I.38)$$

$\epsilon_r$ , fiind permitivitatea relativă sau constanta dielectrică a mediului și  $c$  concentrația ionică, obținîndu-se valori de :

$$d = (10^2 \dots 10^5) \text{ \AA} \text{ iar în cazul apei } d = 10^4 \text{ \AA} = 1 \mu \quad (I.39)$$

Deoarece mișcarea mediului de dispersie (apa) față de perețele

356203  
281

INSTITUTUL  
TIMIȘOARA

solid (particula) incepe la o grosime  $\delta' > \delta$ , rezultă că grosimea peliculei de lichid aderentă hidrodinamic este mai mare decât dimensiunile ionului hidratat. Astfel că numai o parte din stratul Gouy  $d' < d$  participă la mișcarea mediului de dispersie (apa), iar partea imobilă va fi  $\delta' > \delta$

In soluții diluate (hidrosoluri cu concentrația mică a particulelor) se admite că :

$$d \cong d' \quad \langle \text{\AA} \rangle \quad (I.40)$$

și că potențialul în stratul difuz se poate asimila cu potențialul care ia naștere la mișcarea reciprocă a fazelor, numit și potențial electrocinetic sau potențial  $\zeta$ .

$$\zeta \cong U_{\zeta} = \frac{4\pi d \rho v}{\epsilon_r} \quad \langle V \rangle \quad (I.41)$$

$\rho$  fiind densitatea globală de sarcină din stratul imobil, care îi imprimă semnul pentru  $\zeta$ , adică (-) dacă particula e încărcată (-) și viceversa (+). Potențialul  $\zeta$  determină fenomenele electrocinetice astfel :

O diferență de potențial exterioară determină mișcarea reciprocă a fazelor sistemului (particula față de apă), adică se produc fenomenele de electroosmoză în cazul sistemelor capilare și electrofereză în cazul suspensiilor.

Ca urmare a mișcării fazelor una față de cealaltă, rezultă o diferență de potențial electric denumită potențial de curgere în cazul sistemelor capilare și potențial de sedimentare în cazul suspensiilor.

In condițiile date de relațiile (I.40) și (I.41), dacă două

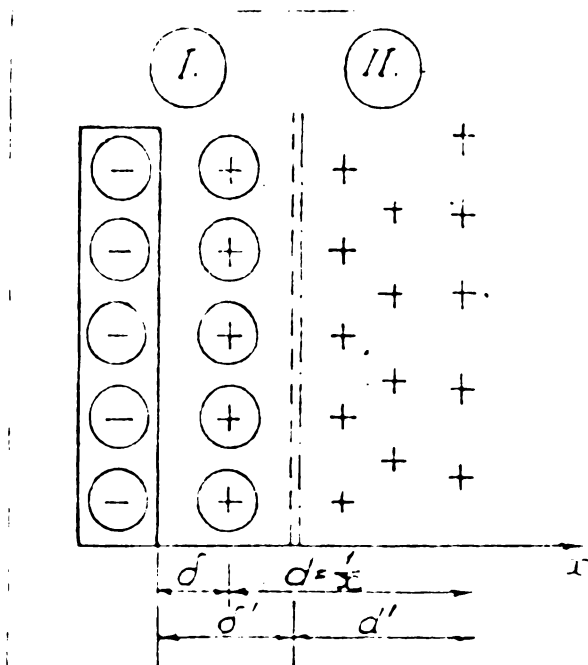


Fig. I-7. Stratul dublu electric  
I f x (Helmholtz-Stern)  
II difuz (Gouy-Chapman)  
--- strat de alunecare-despicare (Derjaguin)

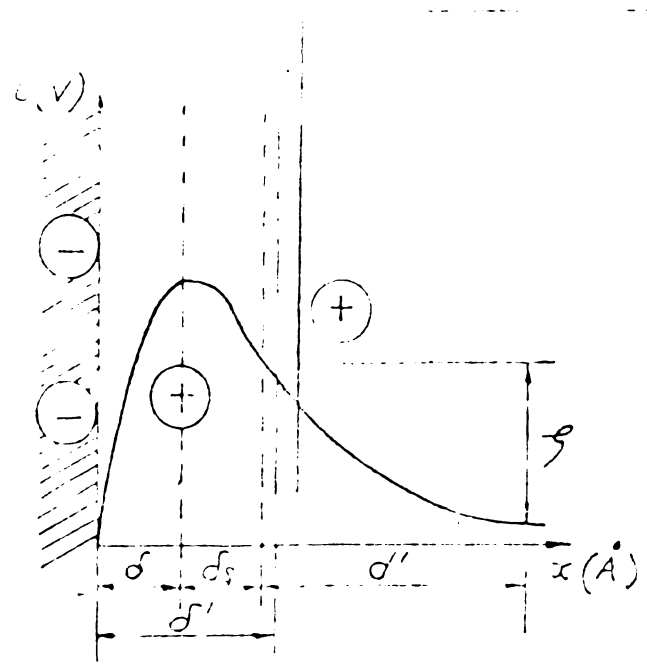
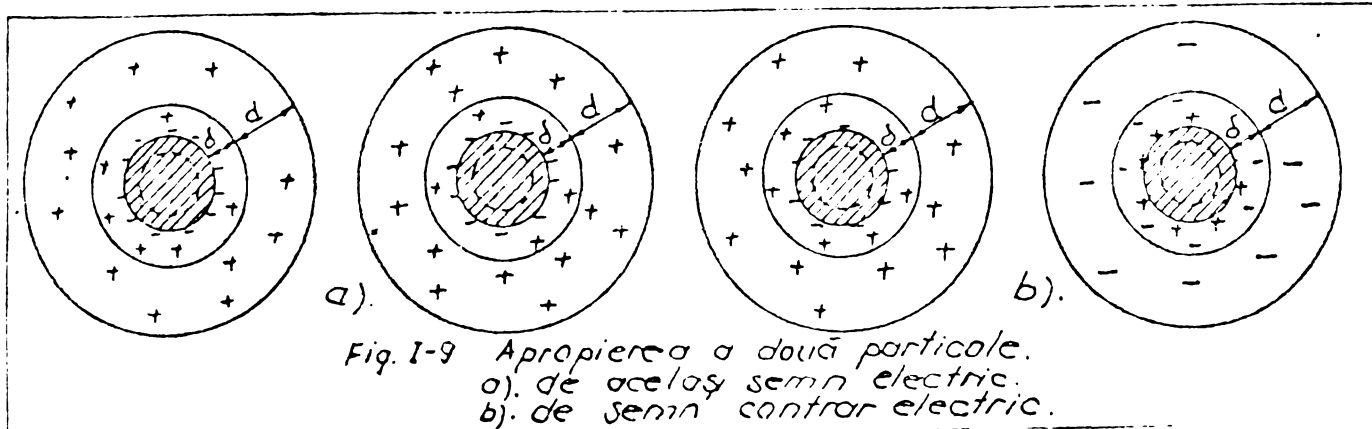


Fig. I-8. Variația potențialului electrostatic la o distanță x de particula (dispersant)  
--- strat de alunecare cazul b din fig. 7

particule se apropie la o distanță  $x$  una de alta și au același tip de sarcină între stratele difuze (Gouy-Chapmann) apare o forță de respingere electrostatică, de valoare  $\zeta$  și particulele nu se coagulează. Contrar, dacă particulele ar avea sarcini diferite, s-ar întrepătrunde și s-ar putea și coagula.



S-a constatat însă că uneori creșterea valorii  $\zeta$  în loc să ducă la stabilitate, duce la coagulare. De asemenea s-a mai constatat /3,5,46../ că coagularea nu se produce la starea izoelectrică (R. Zsigmondy) adică

$$\zeta = 0 \quad \text{ci la } \zeta \leq 0 \quad \text{sau } \zeta_{cr} \approx (20 \dots 40) \text{ mV} \quad (\text{I.42})$$

datorită descărcării stratului dublu difuz prin fenomenul electrizării de contact (I. Perrin) de către ioni coagulanți de semn schimbat (contraioni).

5.2.3. Teoria fizică a interacțiunii (H. Hamaker, Verwey, Overbeek, B.V. Derjaguin, Landau etc.) completează teoriile anterioare (1940) luând în considerare și forțele cinetico-moleculare în sensul că :

Se consideră că forțele van der Waals-London devin principale când forțele electrostatice de respingere nu au valoare mare și deci nu le ecranează. Astfel rezultă o forță rezultantă de atracție ce asigură alipirea sau contopirea particulelor adică coagularea.

Autorii, au considerat (ipoteză de lucru) că suprafețele particulelor solide sînt suprafețe solide plane și că în mediul de dispersie se introduce un electrolit de valență  $z$  și concentrație  $c$ . Se consideră momentul cînd cele două micle (fig. 10) sînt tangente, adică

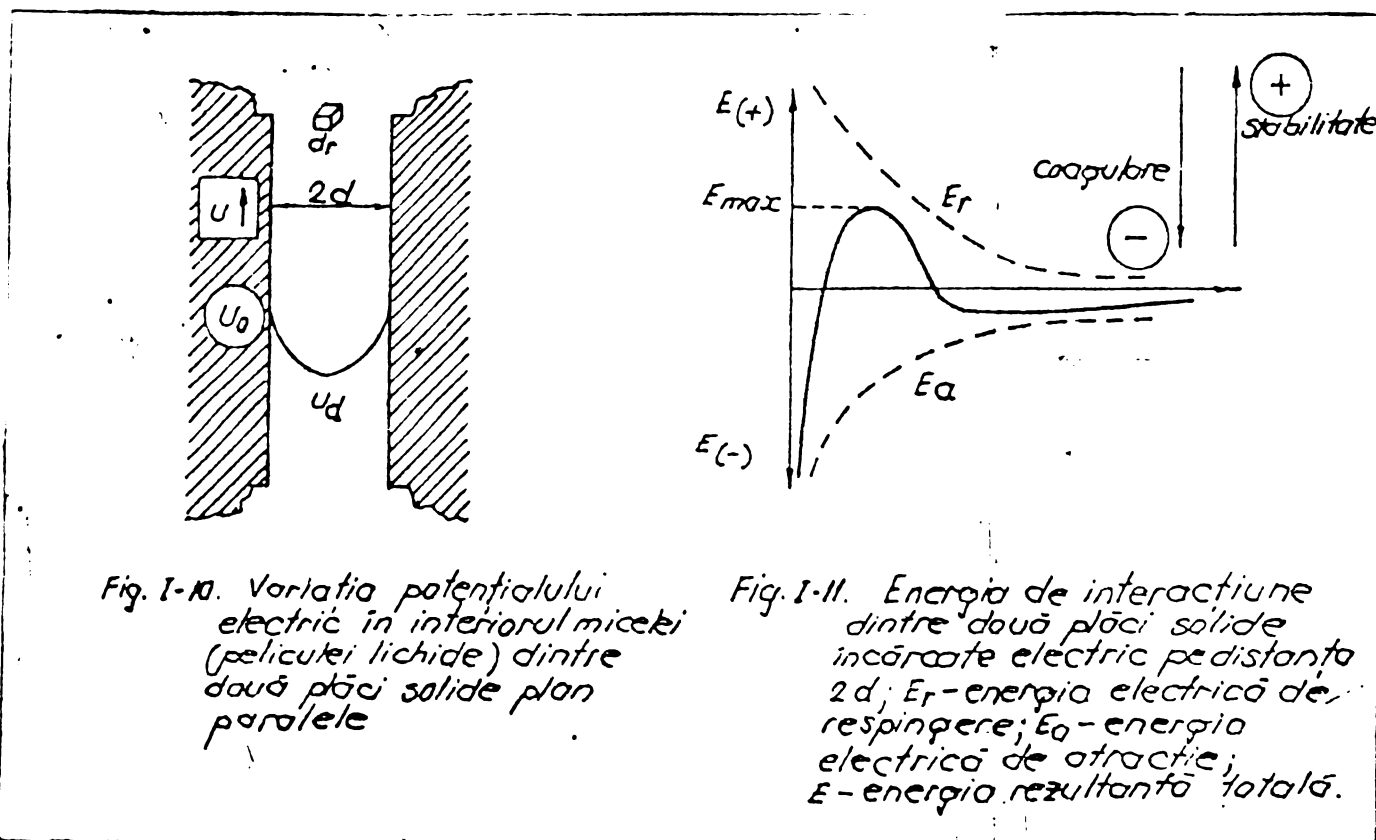
$$x = 2d \approx 2 \cdot 10^4 \text{ \AA} = 2 \mu \quad (\text{I.43})$$

Energia totală de interacțiune  $E$  este dată de suma dintre energia electrostatică de respingere (repulsie)  $E_r$  și energia de atracție  $E_a$  :

$$E = E_r + E_a \quad (\text{I.44})$$

Energia electrostatică de respingere  $E_r$  este calculată de Derjaguin astfel : Se consideră un strat de lichid elementar de grosime  $dx$  decupat. Presiunea osmotică pe părțile extreme (fig. 10) este variabilă





(diferită), deoarece în stratul difuz (Gouy-Chapmann) concentrația ionilor variază cu distanța. Variația presiunii osmotice  $dp$  este echilibrată de forța electrostatică  $\rho_V dU$  (în raport cu unitatea de suprafață,  $\rho_V$  fiind densitatea volumică a sarcinii și  $U$  potențialul electrostatic, deci ;

$$dp + \rho_V du = 0 \tag{I.45}$$

Se cunoaște că la distanța  $x$  de suprafața solidă potrivit legii de distribuție Boltzmann, legii de atracție electrostatică a ionilor de suprafața încărcată, și de agitația termică a ionilor și moleculelor, concentrația electrolitului :

- concentrația cationilor, respectiv a anionilor este :

$$C_+ = C \cdot e^{-\frac{FU}{RT}} \quad C_- = C \cdot e^{\frac{FU}{RT}} \tag{I.46}$$

Iar densitatea volumică sau numărul de sarcini electrice într-un  $cm^3$  este :

$$\rho_V = F(C_+ - C_-) = Fc \left[ e^{-\frac{FU}{RT}} - e^{\frac{FU}{RT}} \right] \tag{I.47}$$

Pe de altă parte între  $\rho_V$  și  $U$ , conform legii lui Poisson ;

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = -\frac{4\pi \rho_V}{\epsilon_r} \tag{I.48}$$

Dacă se admite că variația există numai pe direcția  $x$ , rezultă:

$$\rho_V = -\frac{\epsilon_r}{4\pi} \frac{d^2 U}{dx^2} \tag{I.49}$$

sau prin integrarea ecuației (I.45), ținând seama de ecuația (I.49), rezultă :

$$\rho - \frac{\epsilon_r}{4\pi} \left| \frac{du}{dx} \right|^2 = ct. \tag{I.50}$$

Se vede din fig.10 că :

pentru  $x = 0$   $U = U_0$  pe suprafața solidă a părții (plăcii)

$$pt. \quad x = d \quad U = U_d \quad \text{cînd} \quad \frac{dU}{dx} = 0 \tag{I.51}$$

adică ecuația (I.50) devine :

$$p = p_d = ct. \quad (I.52)$$

Cînd particula se găsește într-o incintă mai mare și departe și de peretele incintei, se poate considera  $x = \infty$

$$\text{și deci } u = 0 \text{ adică presiunea osmotică } p = p_0 \quad (I.53)$$

iar pentru :  $x = d$  și deci  $u = u_d$  și  $p = p_d$

În acest caz ecuația (I.45) se poate scrie separînd variabilele și punînd și condițiile de variație adică :

$$\int_{p_0}^{p_d} dp = - \int_0^{u_d} p_v du \quad (I.53)$$

$$\text{sau : } p = p_d - p_0 = - \int_0^{u_d} p_v du \quad (I.54)$$

$p$ , fiind presiunea de desplicare (Derjaguin), sau presiunea ce împiedică coagularea a două particule încărcate identic electric.

Este de reținut că între două particule apropiate de ordinul ( $10 \dots 10^6$ ) Å există întotdeauna o presiune hidrostatică suplimentară, față de mediul general de dispersie (apa) care acționează tot ca o presiune de desplicare, valoarea ei fiind funcție de grosimea peliculei.

Energia electrostatică de respingere  $E_r$  va fi deci egală cu lucrul mecanic necesar aducerii celor două plăci de la  $x = \infty$  la  $x = d$ , adică :

$$E_r = 2 \int_{x=d}^{x=\infty} p dx \quad (I.55)$$

Rezolvarea ecuației (I.55) se realizează prin rezolvarea membrului din dreapta a ecuației (I.54).

Astfel pentru un electrolit de valență  $z$

$$p_v = zFC \left[ e^{-\frac{zFu}{RT}} - e^{\frac{zFu}{RT}} \right] \quad (I.56)$$

Prin dezvoltare în serie și în ipoteza că energia electrostatică este mică față de agitația termică adică :

$$zFu \ll RT \quad (I.57)$$

și reținerea numai a primilor 2 termeni a seriei :

$$e^{-\frac{zFu}{RT}} = 1 - \frac{zFu}{RT} \quad \text{și} \quad e^{\frac{zFu}{RT}} = 1 + \frac{zFu}{RT} \quad (I.58)$$

Acum ecuațiile (I.56) respectiv (I.54) devin :

$$p_v = - \frac{2z^2 F^2 C}{RT} u \quad \text{iar} \quad p = \left( \frac{zFu_d}{RT} \right) CRT \quad (I.59)$$

Variația potențialului electrostatic de la o particulă solidă la o distanță  $x$  are o formă exponențială /3,46/. Astfel dacă se notează :

$$\gamma = \frac{e^{\frac{zFu_0}{2RT}} - 1}{e^{\frac{zFu_0}{2RT}} + 1} \quad (I.60)$$

Atunci :

$$u_d = \frac{RT}{zF} 8\gamma e^{-2x^d} \quad (I.61)$$

Deci presiunea de desplicare (ec.I.59) devine :

$$p = 64 CRT \gamma^2 e^{-2x^d} \quad (I.62)$$

Folosind expresia ecuației (I.62) în ecuația (I.55) și integrând rezultă că energia electrostatică de respingere :

$$E_r = \frac{64 CRT}{x} \gamma^2 e^{-2x^d} \quad (I.63)$$

Aceiași ecuație a fost pusă de Verweg și Overbeck sub forma :

$$E_r = \frac{32 CRT}{x} \gamma^2 (1 - \tanh x^d) \quad (I.64)$$

Este necesar să se amintească că atât presiunea  $p$  cât și  $E_r$  scăzînd exponențial cu distanța nu sînt în concordanță cu legea lui Coulomb. Explicația dată de autorii teoriei, incompletă de altfel, /27,28/ se referă la faptul că sarcina fiecărei particule este compensată de sarcina mediului de dispersie, din interiorul stratului dublu. Deci energia electrostatică de respingere  $E_r$  reală este o rezultantă a deformării straturilor difuze cînd cele două particule se apropie mult una de alta.

Energia de atracție  $E_a$  dintre cele două particule (ec. I, 44) dată de forțele van der Waals-London (de adeziune) este /3,46/ :

$$E_a = \frac{-A}{d} = - \frac{\pi N^2 \beta}{48} \frac{1}{d^2} \quad (I.65)$$

unde :  $N$  este numărul de molecule din unitatea de volum a plăcii, iar coeficientul  $\beta$

$$\beta = - \frac{E}{x^2} \quad \text{sau} \quad E = - \frac{\beta}{x^2} \quad (I.66)$$

$E$  fiind energia de interacțiune London dintre două molecule aflate la distanța  $x$  una de alta.

Acum energia totală de interacțiune : (fig.11)

$$E = \frac{64 CRT}{x} \gamma^2 e^{-2x^d} - \frac{\pi N \beta}{48} \frac{1}{d^2} \quad (I.66)$$

Din fig.11 se vede că :

- Atunci cînd  $d \approx \frac{1}{x}$  (la distanțe  $d$  mici)

$$E = E_r + E_a > 0 \quad \text{deoarece} \quad E_r > E_a \quad (I.67)$$

- Cînd :

$$E = E_{\max} \quad (I.68)$$

se produce presiunea de despicare.

- Iar cînd :

$$E = E_r + E_a < 0 \quad \text{deoarece} \quad E_a < E_r \quad (I.69)$$

Rezultă că datorită mișcării browniene /3,10,39,46/ și a altor componente cinetice /28,29,30/, particulele vor "cădea" în groapa de potențial și se vor putea coagula.

În concluzie :

1.- Stabilitate totală nu există, în permanență existînd o coagulare latentă sau lentă.

2.- Dacă  $|E_r| < |E_a|$  permanent se obține o coagulare rapidă ( $E < 0$ )

3.- După Derjaguin și Landau curbura suprafețelor particulelor nu se schimbă în cazul coagulării hidrosolurilor cu electroliți /3/.

4.- In cazul coagulării lente, unele ciocniri au un caracter cvasielastic, valoarea constantei de viteză după Smoluchowski fiind : (sistem monodispers)

$$k = 4\pi \cdot D \cdot A \cdot \alpha \quad \alpha < 1 \quad (I.70)$$

iar dacă  $\alpha = 1$ , coagularea este rapidă :

$$k = 4\pi \cdot D \cdot A \quad (I.71)$$

unde : D este coeficientul mediu de difuziune ;

A este distanța medie la care trebuie să se apropie centrele particulelor (sferice), ca să se producă coagularea ;

$A \approx r$ , raza sferei de protecție a moleculelor (teoria cinematică a gazelor), adică diametrul particulei.

5.- Ținând seama de ecuația (I.66), care se mai poate numi și ecuația curgerii lente, constanta de viteză k va fi :

$$k = k_0 e^{-\frac{E_{max}}{RT}} \quad (I.72)$$

unde :  $k_0$  este constanta coagulării rapide, deci de regulă ;

$k_0 > k_1$  iar când :

$$E_{max} = 0 \quad k = k_0 \quad (I.73)$$

6.- Coagularea ortocinetică, datorită și unor forțe sau acțiuni exterioare (adaus de electroliți) este mai rapidă întotdeauna decât coagularea pericinetică, prin creșterea valorii lui A (relația I.71).

## 6. CERCETARI SI REALIZARI PRIVITOR LA COAGULAREA HIDROSOLURILOR DATORITA SI UNOR FORTE ACUSTICE

Din cercetări teoretice și experimentale a multor cercetători de prestigiu ca R. Polhman, König, Kundt, Bjerknes, Marinesco, Bergmann etc. /9,18,32/ rezultă că în general datorită cîmpurilor ultrasonore și cu deosebire cele producătoare de cavitație, se produce o dispersare prin fărîmîțarea dispersoizilor din hidrosoluri. În schimb în cazul aerosolurilor există deja instalații practice de captare a aerosolilor prin procedee ultrasonice. De asemenea există instalații experimentale pentru înlăturarea cetei naturale de pe aeroporturi (L. Bergmann) etc.

Totuși s-a realizat și coagularea prin ultrasunet a unor hidrosoluri. Astfel :

6.1. Supunînd o emulsie de toluol-apă unui cîmp ultrasonor, Sölner și Bondy obțin o limpezire a apei, prin concentrarea toluolului la partea superioară a apei din incinta de activare. Același efect s-a obținut în cazul unei emulsii de apă cu mercur, ajunsă la echilibrul de dispersie-sedimentare, sau în cazul prafului de cuarț existent în lichide organice. Experiențele s-au efectuat în tuburi capilare de formă U iar ca sursă ultrasonică s-au folosit generatoare piezoelec-

trice sau magnetostriptive. În principiu sub influența undelor acustice (ultrasonice) se formează în lichid (mediul de dispersie) în noduri, adică la  $\frac{\lambda}{2}$  ( $\lambda$ , fiind lungimea de undă) zone bine delimitate a dispersoizilor coagulați, dacă dispersoizii au densitate mai mică ca mediul de dispersie (apa). În cazul că dispersoizii au densitate mai mare ca mediul de dispersie (apa), separarea are loc în ventre. Rezultă deci, că în cazul unui hidrosol având dispersoizi de densități diferite mai mari și mai mici față de mediul de dispersie se pot separa, în câmp ultrasonor, cele două categorii de dispersoizi (exemplu apă-toluol-cuarț).

6.2.- Dacă într-o suspensie concentrată apoasă, dispersoidul fiind un colorant roșu, se realizează un câmp ultrasonic staționar, după un timp scurt, particulele mai mari de colorant, coagulează în ventre și se menține un timp îndelungat (Marinesco).

Din aceste experiențe ca și din altele (Angerer, Kapustin etc.) a rezultat că coagularea în câmp ultrasonic este proporțională cu dimensiunea  $d$ , a particulelor, fiind mai evidentă în cazul pseudocoloizilor.

Se remarcă însă faptul că sistemele pseudocoloidale, în general, și fără acțiunea ultrasunetelor se destabilizează mai ușor, respectiv se coagulează și sedimentează cu atât mai repede cu cât dimensiunea  $d$  și concentrația  $c$  e mai mare.

6.3. După L. Bergmann și Atlas-Werke Brunen, folosind un câmp ultrasonor de 175 kHz s-a reușit coagularea fibrelor de celuloză ce se găsesc în apele uzate rezultate de la fabricile de hîrtie și care necaptate dăunează florei și faunei râurilor și mai ales peștilor. Pe de altă parte Algar-Gier, au constatat că iradierea cu ultrasunete la o frecvență  $f = 22$  kHz respectiv Berg la o frecvență de  $f = 295$  kHz a unor fibre lemnoase în apă produce o degradare a biostructurii în sensul destrămării legăturilor dintre lignină, celuloză și sau alți hidrați de carbon. Iar Husmann, afirmă că o tratare ultrasonică a apelor uzate din gospodăria nu prezintă decît dezavantaje, deoarece dispersoizii sînt descompuși și drept urmare stabilitatea particulelor crește în loc să se accentueze procesul de destabilizare.

6.4. Cercetînd influența ultrasunetelor în procese de coagulare, prin creșterea vitezei de coagulare, Hermans, ajunge la concluzia că efectul ultrasunetelor, în unele sisteme coloidale tratate și cu coagulanți, ar consta în distrugerea stratului dublu electric.

6.5. Folosind influența unui câmp ultrasonor de o frecvență  $f = 25$  kHz, Coffiu și Funt, au reușit să crească cu 3 % concentrația de

tetraclorură de carbon în partea superioară a coloanei de fracționare, a unui amestec de benzol și tetraclorură de carbon.

5.6. Potrivit unei experiențe efectuate de Burger și Sölner, asupra unei suspensii concentrate de ipsos, s-a constatat că sub influența ultrasunetului, ipsosul se întărește în câteva secunde în loc de minute sau ore. Acest fenomen, numit rheopexie, apare și în suspensiile de caolin, când timpul de întărire scade de la 17 ore la (15...30) secunde. Folosirea acestui efect ar avea largi aplicații industriale în prefabricarea betoanelor, a diferitelor matrițe în industria constructoare de mașini ca și în industria faianței și sticlărilor. S-a mai constatat că de exemplu sub influența undelor acustice având o frecvență  $f = 250$  kHz un sediment de nisip a cedat  $(0,5...1) \text{ cm}^3$  de apă la  $100 \text{ cm}^3$  de sediment, ceea ce asigură nisipului o coeziune mai mare. Experiențe similare s-au realizat la uscarea turbei, sau a pastelor de hârtie în vederea întăririi fibrelor de hârtie.

Aceste studii și experiențe nu au fost integral finalizate, uneori din cauze economice /32/. Se cunoaște că producerea de ultrasunete, realizabilă cu ajutorul unor generatoare de diverse tipuri; hidrodinamice, magnetostrictive, piezoelectrice etc., a căpătat o dezvoltare mai accelerată în unele țări dezvoltate abia în ultimele două decenii, fiind specializate în general pe producerea pe frecvențe ultrasonice de ordinul  $10^2$  kHz-lor și MHz-lor, și numai în ultimul deceniu de ordinul kHz-lor și  $(10...10^2)$  kHz-lor. Cauzele sînt și de ordin tehnologic general și poate datorită concentrării cercetărilor în domenii mai bine studiate anterior ca dispersia, emulsionarea, defectoscopia, detectarea unor obiecte, coagularea aerosolilor etc.

În timp ce în aceste domenii există mii și poate zeci de mii de articole de specialitate, în domeniul coagulării în câmp ultrasonic studiile sînt mai puțin numeroase iar în domeniul coagulării hidrosolurilor chiar foarte puține. Aceasta și datorită faptului că :

Randamentul acustic în procesele de coagulare din cercetările amintite fiind mai mult decît modeste (3...10)%, costul instalațiilor și echipamentelor de cercetare și tehnologice fiind ridicat în comparație cu alte tehnologii de coagulare sau sedimentare a particulelor din hidrocoloizi.

Experimentările și cercetările anterioare nu au luat în considerare toate caracteristicile fizico-chimice interne și exterioare, naturale sau dirijate, fiind deseori întîmplătoare, adică depinzînd de condițiile de experimentare, astfel că în acest domeniu se poate vorbi încă de stadiul de pionerat.

## 7. UNELE ASPECTE TEORETICE SI EXPERIMENTALE REFERITOR LA SEDIMENTAREA HIDROSOLURILOR

### 7.1. Generalități. Clasificări. Unele rezultate teoretice și experimentale

Sedimentarea, fenomen principal prin care se realizează limpezirea hidrosolurilor, potrivit legii hipsometrice sau barometrice a lui Laplace-Perrin, depinde de :

- concentrația sistemului dispers ; ( $V. II. - 5^{\circ}$ )
- caracteristicile fizico-chimice ale dispersoizilor ;
- caracteristicile fizico-chimice ale hidrosolurilor ;
- factori exteriori ca gravitația, acțiunea forțelor hidrodinamice, acțiunea unor coagulanți etc.

În funcție de acești parametri sedimentarea are un caracter ortocinetic sau pericinetice. Astfel : În cazul particulelor coloidale și chiar pseudocoloidale, adică când : /46/

$$d < 10^3 \text{ \AA} \quad \text{respectiv} \quad d < 10^4 \text{ \AA} = 1 \mu \quad (I.74)$$

caracterul pericinetice este preponderent sau influent.

În cazul particulelor având dimensiunea  $d$  /5/ :

$$d = 1 \mu = 10^4 \text{ \AA} \quad (I.75)$$

aportul ortocinetic și pericinetice este egal (50 %). În cazul particulelor având dimensiunea  $d$ , /3, 46/ :

$$d > 4 \cdot 10^4 \text{ \AA} = 4 \mu \quad (I.76)$$

influența forțelor cinetico-moleculare se poate neglija, mișcarea browniană de exemplu, nu realizează decât mici rotații în jurul axului particulei, care dispar rapid odată cu creșterea dimensiunii  $d$ , ( $d > 5 \mu$ ) /5, 46, 47/. De aici se pot delimita, în diferite cazuri, forțele principale, perturbatoare sau neglijabile ce intervin în realizarea procesului de sedimentare-limpezire a hidrosolurilor.

Limpezirea hidrosolurilor, care sînt sisteme polidisperse, prin sedimentare, constă în micșorarea fazelor disperse (dispersoizii) cu dimensiuni mai mari ( $d > 10^3 \dots \text{ \AA}$ ) sau chiar mai mici prin diferite procedee și tehnologii. Astfel, în domeniul tratării diferitelor ape brute în vederea potabilizării lor, sau a apelor uzate, menajere, industriale etc., în vederea reciclării lor sau purificării parțiale, se practică cu bune și foarte bune rezultate, metode fizico-mecanice și chimice care să favorizeze sedimentarea dispersoizilor în proporții de pînă la (80-90)% /4, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 22, 24, 25, 28, 31, 35, 43, 44, 45, 47/ și mulți alții. De aceea, prin tehnologiile adoptate, se caută să se mărească dimensiunile și greutatea dispersoizilor prin : coagulare, floclulare, coalescență, gelificare, solifiere etc., și astfel sedimentarea să depindă în principal

de : forțele gravitaționale și hidrodinamice mai puțin sau de loc de forțele cinetico-moleculare și bineînțeles de forma incintei de sedimentare sau unele forțe dirijate ca forțele centrifuge, electrice, ultrasonice etc.

Din studiile menționate mai rezultă că favorizarea și accelerarea procesului de sedimentare-limezire se realizează :

7.1.1. Dacă dimensiunea particulelor  $d > 1\mu m$  și mai ales dacă  $d > 5\mu m$ , caz în care ipoteza că particulele sînt sferice este acceptabilă /8,47/.

7.1.2. Mișcarea browniană de translație și rotație are ca efect difuzia, fluctuația și relaxarea dispersoizilor, adică de menținere și favorizare a stabilității hidrosolurilor. După Brown, Tyndall, Einstein, Smoluchowski, Sedig, Perrin, Prandtl etc., frînarea sau anihilarea mișcării browniene, conduce la efectul de orientare a dispersoizilor și în unele cazuri la coagularea, flocularea, precipitarea etc., lor. Astfel :

7.1.2.1. Orientarea particulelor este direct proporțională cu gradientul de viteză a curgerii și invers proporțională cu temperatura. Pe măsura creșterii vitezei, efectul orientării asupra particulelor mai mici scade, fiind manifestat numai asupra particulelor mari

7.1.2.2. Același efect de orientare a particulelor coloidale și cu deosebire asupra macromoleculor asimetrice în câmpul electric alternativ. Efectul orientării se manifestă prin micșorarea constantei dielectrice  $\epsilon_r$  și creșterea conductivității proporțional cu creșterea frecvenței oscilațiilor,  $f$  . .

Frecvența eficace, corespunzătoare perioadei de relaxare  $\tau$  , celei mai mici este :

$$f = (10^2 \dots 10^3) \text{ Hz} \quad (1.77)$$

cînd constanta dielectrică  $\epsilon_r$  (F/m) are o valoare maximă și toate particulele se orientează complet. Dacă :

$$f = (10^2 \dots 10^{13}) \text{ Hz} \quad ; \quad \tau > 1/f \quad (1.78)$$

și cu deosebire pentru :

$$f > 10^{11} \text{ Hz} \quad ; \quad (\tau_{H_2O} = 10^{-11} \text{ s}) \quad (1.79)$$

particulele din sistem nu se mai orientează deloc.

În cazul sistemelor polidisperse (I.L.Oncley.1942) se constată că particulele mici se orientează într-un câmp de frecvență

$$f = (10^7 \dots 10^9) \text{ Hz} \quad (1.80)$$

7.1.3. Influența potențialului electrocinetic  $\zeta$  în procesele de sedimentare-coagulare a fost evidențiată prin relațiile (1.42).



Pentru reglarea cantității de coagulant și determinarea vitezei de migrare a particulelor coloidale Hückel în 1924 dă: /5,27/

$$\zeta = \mu \frac{6\pi\eta}{\epsilon_r} \langle V \rangle \quad u = \frac{v}{E} \langle m^2 / \nu \cdot s \rangle \quad (I.81)$$

iar după Helmholtz-Smoluchowski :

$$\zeta = \mu \frac{4\pi\eta}{\epsilon_r} \quad (I.82)$$

unde : u, este viteza particulei de rază r la o intensitate a câmpului  $E = \frac{1V}{m}$ , sau mobilitatea electroforetică

$\eta$  - este coeficientul dinamic de vîscozitate :

$v$  - viteza particulei  $\langle m/s \rangle$

Folosind relația (I.82) Riddich în 1955 /5,27/ a indicat o corelație între stabilitatea coloizilor și potențialul  $\zeta$  Tabelul 1

Nr. Caracteristici de crt stabilitate	$\zeta$ (mV)	Nr. Caracteristici de crt stabilitate	$\zeta$ (mV)
1. Coagulare maximă	(+3...0)	6. Stabilitate medie	(-31...-40)
2. Coagulare foarte bună	(-1...-4)	7. Stabilitate bună	(-41...-50)
3. Coagulare mediocră	(-5...-10)	8. Stabilitate foarte bună	(-51...-60)
4. Prag de coagulare	(-11...-20)	9. Stabilitate excelentă	(-61...-80)
5. Stabilitate mică	(-21...-30)	10. Stabilitate maximă	> - 81

După H. Bernhart, valorile optime de stabilizare respectiv coagulare sînt /5/ :

$$-5 < \zeta < 5 \quad \text{respectiv} \quad 0,03 \leq \zeta \leq 0,07 \quad (I.82)$$

7.1.4. Pentru favorizarea proceselor de coagulare-sedimentare-limpezire se folosesc coagulanți chimici : /4,5,27/.

7.1.4.1. Coagulanți anorganici ca :

7.1.4.1.1. Săruri de aluminiu :  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$  ;  $Al Cl_3 \cdot 6H_2O$  ; alaunul de Al, K sau Na ; aluminatul de sodiu etc.

7.1.4.1.2. Sărurile de fier ca sulfatul feros (ieftin), clorura ferică, sulfatul feric etc...Comparativ cu sărurile de aluminiu, au avantajul unei greutate specifice mai mare a produșilor de hidroloză, deci se micșorează timpul de sedimentare. Au un spectru favorabil a  $pH = (3...13)$ .

7.1.4.2. Adjuvanți de coagulare ca : mono și polisilicici, golumurile, argilele bentonitice, amidonul, dextramil, gelatina, polizaharidele etc.

7.1.4.3. Polielectroliti cum ar fi :

Polielectroliti anionici, polielectroliti cationici (coagulează

și organisme vii), polielectroliți neionici.

În general polielectroliții sintetici prezintă avantaje tehnice deci și economice ca :

- folosirea unor doze mici ( $0,1 \dots 10 \text{ mg/dm}^3$ ) ;
- realizarea de floccule mari, deci a depunere cu o viteză sporită ;
- o viteză de filtrare mărită etc.

7.1.4.4. Se menționează cu deosebire rezultatele excelente obținute în procese de coagulare-sedimentare-limpezire a unor ape uzate industriale din galvanotehnie, distilarea uscată a lemnului, industria textilă și chimie anorganică, prin folosirea produselor Feralti C, S; Feralt C și Feril realizate de prof.dr.V.Cocheci și colaboratorii (1965-1970). Coagulanții anorganici complexi menționați, conțin mai multe elemente active ale procesului de coagulare și totodată silice activă. Toxicitatea lor este nulă. Aceste produse prezintă și alte avantaje și anume sînt eficiente, eficace și se găsesc la noi ca deșeuri industriale.

#### Factorii care influențează procesul de coagulare

Temperatura influențează procesul de coagulare prin influența pe care o exercită asupra hidrolizei. Dependența vitezei de hidroliză de temperatură este dată de :

$$v_t = v_0 \cdot 2^{0,1 t} \quad (1.83)$$

unde :  $v_0, v_t$  sînt vitezele de hidroliză la  $0^\circ\text{C}$  și  $t^\circ\text{C}$ .

pH-ul care influențează starea de echilibru hidrolitic . Prin micșorarea pH-ului, echilibrul este deplasat spre formarea sărurilor bazice și a hidroxizilor.  $\text{Cl}^-$  deplasează pH-ul optim de hidroliză spre domeniul neutru.

Nătura coagulantului, care se alege funcție de natura coloizilor prezenți în apă.

#### Concentrația superficială a fazei solide în suspensie

Între doza de coagulant și concentrația dispersoizilor există o relație ce se numește stoechiometrică cînd corelația acestor parametri este liniară.

Alcalinitatea apei influențează echilibrul hidrolitic, deplasîndu-l în sensul formării sărurilor bazice.

În ultima analiză tehnologia folosită este de adăugarea un factor ce influențează și determină coagularea.

Coagularea, ca și alte fenomene similare, ce au drept consecință,

creșterea dimensiunilor și greutateii proprii a particulelor se datoresc, cum s-a arătat și concentrației dispersoizilor și variației gradientului de potențial hidrodinamic.

Legat de aceste aspecte, sedimentarea, depinde de numărul ciocnirilor eficace care conduc la reunirea, sau alipirea dispersoizilor.

Se cunoaște, că apele râurilor, lacurilor etc. se consideră lichide, studiile și aplicațiile practice pornind în general de la considerații asupra fluidului ideal (apa). Relațiile teoretice suportă ulterior corecții experimentale, a căror valabilitate este în funcție de natura reală a sistemului dispers (apa râurilor sau ape uzate).

Fără a exista o clasificare riguroasă în toate cazurile se menționează că :

În ipoteza particulelor sferice și în funcție de concentrația inițială  $C_0$ , mărimea hidraulică a particulelor în apele curgătoare (Bega)  $v_c$ , este pentru :

$$C_0 = 1\% \rightarrow v_c = 0,8 v$$

$$C_0 = 4\% \rightarrow v_c = 0,65 v \quad (I.86)$$

Deci, valabilitatea legii lui Stokes este practic limitată de concentrație. În cazul decantoarelor suspensionale, se apreciază că regimul de mișcare este favorabil, în acest context, pînă la o valoare a criteriului Reynolds modificat,  $Re_s$  :

$$Re_s = \frac{v \cdot d}{6 \nu \cdot C_s} \quad (I.87)$$

unde :  $v$ , este viteza caracteristică de separare ;

$d$ , este diametrul mediu al particulei sferice ;

$\nu$  este coeficientul de vîscozitate cinematică ;

$C_s$ , este concentrația volumică a particulelor din stratul suspensional (volumul particulelor și unitatea de volum de strat).

Se apreciază că în aceste condiții, chiar dacă apar mișcări pulsatorii a particulelor, regimul este cvasilaminar /8,19/.

În hidrosoluri, particulele coloidale au viteze diferite, ceea ce provoacă și ciocniri eficace urmate de coagulare-sedimentare. Ca urmare, în timp, scade concentrația inițială. În aceste condiții, viteza de aglomerare coagulare datorită forțelor cinetico-moleculare și hidrodinamice conduce la aglomerare maximă dacă particulele coloidale au greutate specifică mare și diametre diferite. În cazul apelor reziduale sau din cursuri de apă (Mureș, Bega), prin aglomerarea particulelor și creșterea greutateii lor, apare și pericolul rușerii flocoanelor /5,6/.

## 7.2. Sedimentare în cazul sistemelor monodisperse newtoniene

Pentru evidențierea fenomenului de sedimentare, Stokes a folosit bile de sticlă sferice, care se încadrează în categoria pseudocoloizilor, neutre electric sau în unele cazuri (+) pe manta. Stokes a mai presupus că aceste particule, de fapt, macroparticule, nu se interferează între ele și nici cu pereții incintei de sedimentare /3,28, 47/. Particulele, au caracter newtonian, deci la sedimentare intervin forțele gravitaționale și hidrodinamice (rezistența mediului de dispersie), și sînt de același natură și dimensiuni adică sistemul este monodispers și omogen.

Notînd :  $\rho_p$  ,  $\rho_a$  - densitatea particulei respectiv a mediului de dispersie (apa) ;

$g$  - accelerația gravitațională .

In aceste condiții :

Forța gravitațională  $G$ , este ținînd seama și de forța arhimedică :

$$\vec{G} = mg = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_a) \quad \langle N \rangle \quad (I.88)$$

Iar forța de frecare în mediul de dispersie (apa)  $F$ , este funcție de viteza de cădere  $v_r$  și un coeficient  $k_s$

$$\vec{F} = k_s \cdot \vec{v}_r \quad \langle N \rangle \quad (I.89)$$

Dimensional  $k_s$ , este funcție de coeficientul de vîscozitate dinamică  $\eta$  și diametrul  $d$  adică coeficientul de frecare Stokes :

$$k_s = \eta d \quad \left\langle \frac{kg}{s} \right\rangle \quad (I.90)$$

$$\vec{F} = 3\pi d \eta \vec{v}_r \quad \langle N \rangle \quad (I.91)$$

In momentul egalării forțelor deci :

$$\vec{G} = \vec{F} \rightarrow v_r = \frac{gd^2}{18\eta} (\rho_p - \rho_a) \quad \left\langle \frac{m}{s}, \frac{mm}{s} \right\rangle \quad (I.92)$$

sau notînd constanta de sedimentare  $C$  :

$$c = \frac{g}{18\eta} (\rho_p - \rho_a) \quad \left\langle \frac{1}{sm} \right\rangle \quad (I.93)$$

rezultă că mărimea hidraulică  $v_c$  :

$$v_r = v_c = cd^2 \quad (I.94)$$

Valabilitatea acestei relații depinde de raza critică a sferei  $d/2$  corespunzătoare valorii limită  $Re = 1$ , ceea ce corespunde :

$$d \ll \sqrt{\frac{18\nu\eta}{g(\rho_p - \rho_a)}} \quad \langle m, cm, \text{\AA} \rangle \quad (I.95)$$

sau după Stokes, la :

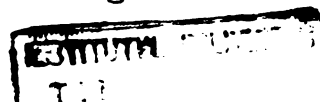
$$d \ll 0,01cm = 10^2 \mu \quad \langle cm, \mu \rangle \quad (I.96)$$

Relațiile (I.92) și (I.94) sînt valabile în condițiile rel. (I.95), (I.96) și a ipotezelor de bază, pentru căderea unei particule.

Dacă în mediul de dispersie (apă) există  $N$  particule, după un timp  $t$ , ele se sedimentează, admitînd că :

$$v = \frac{h}{t} \quad \left\langle \frac{cm}{s}, \frac{m}{s} \right\rangle \quad (I.97)$$

fiind evident sedimentate toate particulele ce se găseau la o înălțime



mai mică, adică folosind relația (I.94) :

$$t = \frac{h}{cd^2} \quad \langle s \rangle \text{ sau } d = \sqrt{\frac{h}{ct}} \quad \langle m, cm \rangle \quad (I.98)$$

Se observă că, deoarece masa sedimentată ocupă o înălțime  $h_1$ , înălțimea de sedimentare scade în timp fiind funcție de diametrul  $d$ , viteza de cădere  $v$  și concentrația  $C_0$ ,

$$h = f(d, v, C_0) \quad \langle m, cm \rangle \quad (I.99)$$

Dacă  $Q_s$  este masa dispersă și  $q_s$  masa unitară depusă în timpul  $t$ , atunci viteza de acumulare a sedimentului

$$\frac{dq_s}{dt} = k_s \frac{Q_s c d^2}{h} \quad \langle \frac{kg}{s} \rangle_{si} \quad (I.100)$$

iar coeficientul de sedimentare  $k_s$  fiind :

$$0 \leq k_s < 1 \text{ pt. } k_s = 1 \quad (I.101)$$

sedimentarea fiind integrală.

Prin integrarea ecuației (I.100) și în limitele 0 și  $q_s$  respectiv 0 și  $t$  și ținând seama de ec.(I.98) pentru  $t$  și de rel.(I.101) pentru  $k_s$ , rezultă :

$$q_s = k_s \frac{Q_s c d^2}{h} t = k_s \cdot Q = Q_s \quad \langle Kg \rangle_{si} \quad (I.102)$$

Folosind bile metalice de diferiți diametrii, se constată în, tabelul 2 /3/

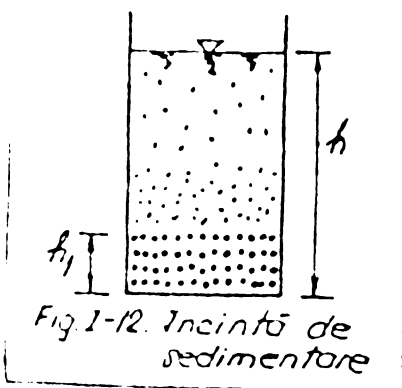
$d \langle \text{Å} \rangle$	$v \langle \frac{cm}{s} \rangle$	$t \langle s, h \rangle$	$d \langle \text{Å} \rangle$	$v \langle \frac{cm}{s} \rangle$	$t \langle s, h \rangle$
$2 \cdot 10^5 = 20 \mu$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	5,86 s	$2 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	68 zile
$2 \cdot 10^4 = 2 \mu$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	9,8 min	2 · 10	$1,7 \cdot 10^{-9}$	19 ani
$2 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	16 h			

încă odată, că în ipotezele considerate sedimentarea este limitată de diametrul particulei, adică practic :

$$d > 2 \mu \quad (I.103)$$

Se menționează că relația (I.92) a fost modificată experimental de Ossen sub forma : /16/ :

$$v = v_c = \frac{1}{18} \frac{g d^2 (\rho_p - \rho_0)}{\eta (1 - \frac{3}{8} Re)} \quad \langle \frac{cm}{s}, \frac{mm}{s} \rangle \quad (I.104)$$



### 7.3. Sedimentarea în cazul sistemelor polidisperse newtoniene

În condițiile ipotezelor anterioare (v.7.2) și dacă se consideră că :

- Sistemul polidispers se compune din "i" grupe de sisteme monodisperse ;
- Diametrul particulelor (dispersoizilor) sînt notate în ordine descrescătoare adică :

$$d_1 > d_2 > d_3 > \dots > d_i > \dots > d_n \quad \langle \text{Å}, \mu, cm \rangle \quad (I.105)$$

$$Q_s = \sum_{i=1}^n Q_{s_i} = Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} + \dots + Q_{si} + \dots + Q_{sn} \quad \langle Kg \rangle_{si} \quad (I.106)$$

$$q_s = \sum_{i=1}^n q_{s_i} = q_{s1} + q_{s2} + q_{s3} + \dots + q_{si} + \dots + q_{sn} \quad \langle Kg \rangle_{si} \quad (I.107)$$

$q_s, q_{si}$  etc. fiind cantitatea de sediment, respectiv aferentă unuia din sistemele monodisperse, acumulată după un timp  $t$  unitar.  $Q_s, Q_{si}$  etc.. fiind masa totală a fazei disperse (solidă), respectiv aferentă unuia din sistemele monodisperse.

În aceste condiții (ipoteze) și introducînd în ecuația (I.105) echivalentul ecuației (I.102) rezultă :

$$Q_s = \frac{c_1 Q_1 t d_1^2 k_{s1}}{h} + \frac{c_2 Q_2 t d_2^2 k_{s2}}{h} + \dots + \frac{c_n Q_n t d_n^2 k_{sn}}{h} \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.108)$$

În baza relației (ipotezei) (I.104) după un timp  $t = t_1$  primul sistem monodispers s-a sedimentat, adică :

$$Q_{s1} = Q_{s1} \langle K_g \rangle \quad \text{și} \quad t_1 = \frac{h}{c d_1^2} \langle \Delta \rangle \quad (I.109)$$

Relația (I.108) în condițiile relațiilor (I.109)  $q_s$ , devine :

$$Q'_{s1} = Q_{s1} + t_1 \left[ \frac{c_2 Q_2 d_2^2 k_{s2}}{h} + \dots + \frac{c_n Q_n d_n^2 k_{sn}}{h} \right] \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.110)$$

Se observă că în relația (I.109), termenii din paranteză reprezintă, tocmai variația debitului solid unitar, (v. rel. I.100), adică se poate scrie :

$$Q'_{s1} = Q_{s1} + t_1 \left[ \frac{dq_{s2}}{dt} + \frac{dq_{s3}}{dt} + \dots + \frac{dq_{si}}{dt} + \dots + \frac{dq_{sn}}{dt} \right] \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.111)$$

Analog rezultă pentru  $t = t_2$  și  $k_{s2} = 1$

$$Q'_{s2} = Q_{s1} + Q_{s2} + t_2 \left[ \frac{dq_{s3}}{dt} + \frac{dq_{s4}}{dt} + \dots + \frac{dq_{si}}{dt} + \dots + \frac{dq_{sn}}{dt} \right] \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.112)$$

Adică pentru  $i$  sisteme disperse,  $i < n$  rezultă :

$$Q'_{si} = \sum_1^i Q_{si} + t_i \sum_{j=i+1}^{j=n} \frac{dq_{sj}}{dt} \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.113)$$

Cum se vede :

$$Q'_{si} = f(d, t, c_0, h, c) \langle K_g \rangle_{si} \quad (I.114)$$

determinarea explicită realizîndu-se în unele cazuri prin analiza de sedimentare.

În ce privește viteza de sedimentare sau mărimea hidraulică a particulei (dispersoidului) ea s-a studiat teoretic și experimental pentru conducte, canale etc., de nenumărați cercetători dintre care amintim pe L. Prandtl, P. Zegjda, Krey, Hasen, Nicuradze, Pawlovski, U. Mateescu, I. Vladimirescu, E. Trofin etc. În general, aceste studii au vizat sedimentarea pseudohidrocoloizilor și cu deosebire a suspensiilor minerale sau organice, avînd dimensiunea particulelor  $d$ , în strînsă dependență de criteriul Reynolds,  $Re / 7, 8, 12, 19, 25, 33, 45, 47$  etc. / pentru domenii :

$$d \gg 10^2 \mu \quad \text{și} \quad Re \gg 1 \quad \text{sau chiar} \quad Re > 400 \quad (I.115)$$

7.4. Sedimentarea hidrocoloizilor. Difuzia și echilibrul de sedimentare, stabilitatea cinetică a hidrocoloizilor

Dacă pentru sedimentarea hidropseudocoloizilor există o varietate de tehnologii moderne în domeniul hidrocoloizilor, studiile și cercetările nu mai puțin numeroase, vizează :

- Transformarea particulelor coloidale în particule pseudo-coloidale prin diferite procedee /3,4,5,27,28,36,39,43,46 etc/ și astfel realizarea unor sisteme coloidale noi (ape limpezite), avînd o concentrație uneori de numai 1 %, față de sistemul inițial /16,45/, sau ;

- Sedimentarea sistemelor coloidale prin procedee de filtra-re, ultrafiltrare, centrifugare, ultracentrifugare, dializă sau ultradia-liză etc /3,14,21,22,28,46/.

Procesului de sedimentare a hidrocoloizilor, i se opune feno-menele de : difuziune, fluctuație și relaxare.

În condițiile ipotetice formulate pentru sedimentarea parti-culelor sferice și omogene, Einstein evidențiază difuziunea prin coe-ficientul de difuziune  $D$ , :

$$D = \frac{kT}{3\pi d\eta} \quad \left\langle \frac{cm^2}{s} \right\rangle \quad (I.116)$$

unde :  $k$  este constanta lui Boltzmann,  $T$  temperatura  $^{\circ}K$ ,  $d$ , diametrul particulei și  $\eta$  coeficientul dinamic de vîscozitate a mediului de dispersie (apa). Valoric, pentru soluții moleculare, respectiv pentru sis-teme coloidale, este de ordinul

$$D \approx 10^{-5} \left\langle \frac{cm^2}{s} \right\rangle \quad \text{respectiv } D \approx (1,35 \cdot 10^{-6} \dots 3,58 \cdot 10^{-8}) \left\langle \frac{cm^2}{s} \right\rangle \quad (I.117)$$

pentru  $d = (1,33 \dots 56) \cdot 10^{-7} cm$

Se remarcă faptul că /7,28,46/ valabilitatea ecuației (I.116) este condiționată și de faptul că diametrul particulelor  $d$ , să fie mult mai mari decît distanța medie parcursă  $\bar{\ell}$ , a moleculelor (particulelor) dispersate, adică :

$$d \gg \bar{\ell} \quad \langle \text{\AA}, \mu, mm \rangle \quad (I.118)$$

În cazul particulelor anizometrice, ca și pentru :

$$d \ll \bar{\ell} \quad \langle \text{\AA}, \mu, mm \rangle \quad (I.119)$$

Coeficientul de difuziune  $D$  este :

$$D = \frac{kT}{A} \quad \left\langle \frac{cm^2}{s} \right\rangle \quad (I.120)$$

coeficientul  $A$ , în cazul dispersiilor moleculare fiind :

$$A = \eta \bar{\ell} \quad (I.121)$$

$\bar{\ell}$ , fiind distanța medie a saltului particulelor.

I. Perrin și alți cercetători /3,28,39,46/ au formulat și alte expresii pentru coeficientul de difuziune  $D$  în ipoteza (I-119), prin a-similarea particulelor anizometrice, de exemplu cu un elipsoid etc.

Deoarece cele două fenomene difuziunea și sedimentarea sînt

contrare ele se compensează ajungându-se la echilibrul de sedimentare-difuzie.

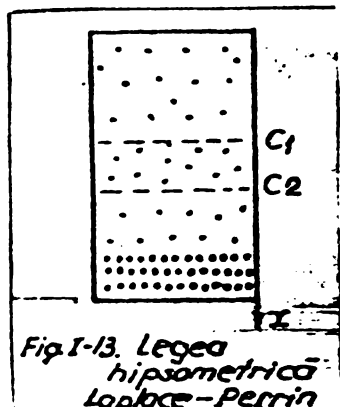


Fig. I-13. Legea hipsometrică Laplace-Perrin

Astfel (fig.13) dacă la un moment dat particulele coloidale sînt concentrate mai mult la partea inferioară prin difuziune ele vor fi împrăștiate spre zona cu concentrația mai mică. Pe de altă parte sub efectul gravitației ele au tendința de sedimentare. În momentul egalării vitezelor (forțelor) de difuziune și de sedimentare se produce echilibrul de sedimentare-difuzie.

Astfel conform legii I-a a lui Fick, viteza de difuzie pentru o concentrație C într-o secțiune S, volum V și pe o direcție x este :

$$\frac{dN}{dt} = - \frac{S \cdot k \cdot T}{3\pi \cdot d \cdot \eta} \cdot \frac{dc}{dx} = - S \cdot D \frac{dc}{dx} \quad (I.122)$$

unde :

$$dN = c \cdot dV \quad \text{iar} \quad V = S dx \quad (I.123)$$

Prin egalarea ecuației (I.92) se exprimă viteza de sedimentare cu ecuația (I.122) și eliminarea timpului se obține în final după integrare expresia concentrației la un nivel  $x_2$  :

$$C_2 = C_1 e^{-\frac{m_a \cdot g \cdot (x_2 - x_1)}{kT}} \quad (I.124)$$

iar  $C_1$  - este concentrația de la nivelul  $x_1$  și m este masa aparentă.

Expresia (I.124) mai e cunoscută ca legea hipsometrică sau barometrică a lui Laplace, extinsă de Perrin (1905) la sistemele coloidale și pseudocoloidale.

Dacă se consideră  $x_1 = 0$ , drept nivel de referință a concentrației, adică  $C = C_0$  expresia (I.124) devine :

$$C = C_0 e^{-\frac{g \cdot x \cdot m_a}{kT}} \quad (I.125)$$

Calculînd înălțimea la care concentrația scade la jumătate Perrin și colaboratorii etc., rezultă cunoscînd și că :

$$m_a = 6\pi d^3 (\rho_p - \rho_a) \quad (I.126)$$

$$x_{1/2} = \frac{k \cdot T \cdot \ln 2}{m_a \cdot g} = \frac{k \cdot T \cdot \ln 2}{6\pi d^3 (\rho_p - \rho_a) g} \quad \langle m. \rangle \quad (I.127)$$

Astfel pentru particule avînd :

$$d = 2,1 \cdot 10^3 \text{ \AA} \rightarrow x_{1/2} = 3 \cdot 10^5 \text{ \AA}$$

$$d = 5 \cdot 10^2 \text{ \AA} \rightarrow x_{1/2} = \approx 10 \text{ cm}$$

iar pentru molecule de  $O_2$  unde :

$$d = 2,7 \text{ \AA} \rightarrow x_{1/2} = 5 \text{ km}$$

De aici, se remarcă încă odată că stabilitatea cinetică este invers proporțională cu diametrul d.

#### 7.5. UNELE CONCLUZII ASUPRA PROBLEMELOR DE SEDIMENTARE-LIMPEZIRE A HIDROSOLURILOR

Chiar dacă nenumărate probleme teoretice, experimentale și tehnologice legate de coagularea, sedimentarea și limpezirea hidrosolurilor în special sau a sistemelor coloidale și pseudocoloidale



în general sînt rezolvate, sînt încă multe aspecte ce-și așteaptă rezolvarea în viitor. În cele ce urmează se evidențiază sistematic aceste probleme. Astfel :

7.5.1. Probleme teoretice și experimentale legate de procesele de coagulare în condiții naturale

7.5.1.1. Stabilirea unei ecuații generale a coagulării în cazul sistemelor coloidale, omogene izometrice, omogene anizometrice, cu particularizări pe tipuri caracteristice funcție de caracteristicile dispersoidului și mediului de dispersie (apa) respectiv :

Polidisperse izometrice cu particularizări pe tipuri caracteristice funcție de caracteristicile dispersoizilor și mediului de dispersie (apa).

Polidisperse anizometrice cu particularizări pe tipuri caracteristice funcție de caracteristicile dispersoizilor și mediului de dispersie (apa).

7.5.1.2. Stabilirea unei ecuații generale a coagulării sistemelor pseudocoloidale, în aceleași condiții ca la punctul 7.5.1.1., adică pentru particule izometrice sau anizometrice, omogene sau polidisperse.

7.5.2. Probleme teoretice și experimentale legate de procesele de coagulare în condiții dirijate

În spațiul terestru sau extraterestru ar impune diversificarea ecuațiilor, similar ca la punctul 7.5.1. sau acțiuni alături de cele naturale, ca și atenuarea sau eliminarea unei forțe sau acțiuni naturale cu sau fără înlocuirea lor cu alte forțe sau acțiuni (fenomene).

7.5.3. Determinarea completă a unor legi (ecuații) privitor la sedimentarea respectiv limpezirea hidrosolurilor în special și a sistemelor difuze în general, în condițiile cele mai variate (cf. punctelor 7.5.1 și 7.5.2., ca metodică orientativă), pentru a putea, influența, modifica și dirija procesele de sedimentare-limezire.

În acest sens, se va prezenta, în continuare contribuția autorului la elucidarea mecanismului de coagulare-floculare etc., ca și de sedimentare-limezire, în cazul unor hidrosoluri (naturale sau preparate), atunci cînd asupra lor acționează și forțe hidroultrasonice.

BIBLIOGRAFIA CAPITOLULUI I

1. Caillere S., St. Henin - Mineralogie des argiles. Paris Ed. Masson et Co - 1963
2. Certousov M.D. - Hidraulica București Ed. tehnică - 1966
3. Chifu Emil - Chimie coloidală, București. Editura didactică și pedagogică - 1969
4. Coheci Vasile - Unele considerațiuni teoretice și practice asupra coagulării ca proces complex de tratare a apelor. Conf. prezentată la al 39 Congres Internațional de Chimie Industrială. București I.D.Tch. - 1970
5. Coheci Vasile - Contribuții la studiul procesului de coagulare cu aplicație la epurarea apelor reziduale. Teză de doctorat I.P. Timișoara - 1971
6. Coheci Vasile - Bazele tehnologiei chimice, Ed. I.P.T. (în curs de editare 1979)
7. Constantinescu M. etc. - Hidrologie. Ed. tehnică București - 1956
8. Crețu Gheorghe - Contribuții la studiul și dimensionarea separatoarelor suspensionale cu secțiune progresivă, pentru limpezirea apei. Teză de doctorat, I.P. Timișoara - 1971
9. Drăgan Ovidiu - Cercetări privind tragera la rece a țevilor pe dop activat ultrasonic. Teză de doctorat, I.P. Timișoara - 1974
10. Frumkin A.N. etc. - Cinetica produselor de electrod. București Ed. Energetică de stat (tr. l. rusă) - 1954
11. Giurconiu Mihai - Hidraulica, lucrări edilitare și instalații sanitare. București. Editura didactică și pedagogică - 1972
12. Gheorghiu Victor - Curs de hidraulică (note prelucrate) 1963-70
13. Ianina I. - Emulsiile și aplicațiile lor tehnice. București. Ed. tehnică - 1961
14. Jujicov V.A. - Filtrarea. Teoria și practica suspensiilor. București Ed. tehnică (trad. l. rusă) - 1962
15. Jura Cornel - Curs de alimentări cu apă, canalizări și instalații hidroedilitare. Ed. I.P. Timișoara - 1967
16. Jura Cornel - Alimentări cu apă. Ed. I.P. Timișoara - 1976
17. Kireev V.A. - Chimie fizică. Ed. tehnică București (tr. l. rusă) - 1962

18. Kudriavțev B.B. - Experiențe simple cu ultrasunete (trad. l.rusă) Ed.tehnică București - 1956
19. Mateescu Cristea - Hidraulica.București Ed.didactică și pedagogică - 1963
20. Marīnescu Nicolae - Equilibre de membrane.Paris.Ed.Hermann-1934
21. Mc.Baiu I.W. - Colloid Science.Boston,New-York,Ed. Heath et Co - 1950
22. Mirel Ion - Contribuții la studiul procesului de filtrare rapidă în perioada inițială de reținere.Teză de doctorat.I.P.Timișoara-1974
23. Nenitescu C.D. - Chimie organică.București Ed.tehnică-1966
24. Păcurariu M.P.C. - Hidrologie.Ed.I.P.Timișoara - 1975
25. Păcurariu M.P.C. - Hidrogeologie.Ed.I.P.T.V.Timișoara - 1975
26. Păcurariu M.P.C. - Suspensiile coloidale din ape.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1973
27. Păcurariu M.P.C. - Teoria procesului de coagulare.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1973
28. Păcurariu M.P.C. - Considerații asupra caracteristicilor și condițiilor de sedimentare-filtrare a soluțiilor vîscoase.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1976
29. Păcurariu M.P.C. - Fenomene electrocapilare și electrocinetică în sisteme coloidale.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1975
30. Păcurariu M.P.C. - Proprietăți cinetico-moleculare ale sistemelor coloidale.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1975
31. Păcurariu M.P.C. - Referințe privitor la epurarea apelor industriale.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1977
32. Păcurariu M.P.C. - Aplicații ale ultrasunetelor în procese de stabilizare sau destabilizare a sistemelor coloidale și pseudocoloidale.Studiu documentar Timișoara.Uz intern CHIF - 1972-1977
33. Fersoz B. - Introduction a l'etude de la cheologie. Paris.Ed.Dunod - 1960
34. Perrin Jean - Atomii.Ed.Acad.(tr.l.fr.) - 1963
35. I.Pîslărașu,N. - Alimentări cu apă.Ed.tehnică București Rotaru,M.Teodorescu 1970
36. Polihroniade Al. - Absorbția și adsorbția.București Ed.tehnică - 1967

37. Putilova I.N. - Lucrări practice de chimie coloidală.  
Ed.tehnică București (tr.l.rusă) - 1954
38. Rădoi V., Nemeș M. - Electrochimie Timișoara. Ed. Facla - 1974  
Radovan C.
39. Ruțkov A.P. - Chimie coloidală București. Ed.tehnică  
(tr.l.rusă) - 1960
40. Solacolu S. - Chimia fizică a sălicăților tehnici  
București Ed.tehnică - 1957
41. Solomon M. - Vîscozimetrii și elemente de teoria vîsco-  
zității. București. Ed.tehnică - 1958
42. Sub comisia de - Prognoza pentru problemele gospodăririi  
prognoză pentru preblemele gospo-  
dăririi apelor București. Uz intern - 1973
43. Zbegan V., Jura C. - Studiu teoretic și experimental al coagulă-  
rii și decantării apelor de suprafață în  
Giurconiu M., Crețu Gh., Mirel I. condițiile municipiului Timișoara. Caiet  
selectiv I.P.T. - 1968
44. Sigorin G.G. - Canalizarea. Ed.M.G.C. - 1951  
Demidov L.D.
45. Trofin Petru - Alimentații cu apă. București. Ed.didactică  
și pedagogică - 1973
46. Tinlenschi S. - Chimie coloidală. Ed.tehnică București-1964
47. Voiculescu Stefan - Epurarea apelor industriale cu suspensii  
Dioști minerale. Ed.tehnică București - 1975

PARTEA A II-a - CONTRIBUTII TEORETICE SI EXPERIMENTALE  
PRIVIND FENOMENUL DE LIMPEZIRE A UNOR  
HIDROSOLURI IN CIMP ULTRASONIC SI HIDRODINAMIC  
CAPITOLUL 2 - CONSIDERATII SI CONTRIBUTII TEORETICE

2.1. GENERALITATI. CLASIFICARI

După cum s-a arătat în capitolul 1, problema limpezirii hidrosolurilor și cu deosebire a apelor superficiale se realizează prin tehnologii diverse ce se bazează de regulă pe metode hidromecanice și chimice, metodele ultrasonice fiind doar semnalate. Mai mult cercetările și studiile de pînă acum referitoare la limpezirea apelor superficiale cu metode ultrasonice s-au soldat cu concluzii nefavorabile /7, 8, 12, 13, 14, 18, 19, 33, 43, 46, 64, 66, 73, 81, 82, 102, 104, 114, 120, 122, 124, 146/.

Cauzele ce au determinat întîrzierea sau evitarea aplicării metodelor ultrasonice în procese de sedimentare-limpezire a sistemelor difuze în general și în special a hidrosolurilor sînt următoarele : /8, 13, 18, 111, 134, 139, 141, 146/.

2.1.1. Teoria și practica privitor la agregarea, sedimentarea și deci limpezirea hidrosolurilor nu este fundamentată complet și general.

2.1.2. Echipamentele producătoare de ultrasunete erau constituite în comparație cu alte echipamente sau investiții folosite în procese de limpezire a unor sisteme difuze. Cauza costurilor ridicate se datora :

- Investiției de bază a echipamentelor .
- Intreținerii tehnologice ce necesita materiale scumpe și personal foarte calificat.
- Randamentul echipamentelor ultrasonice foarte mic (1...3)% și doar în unele procese modest ( $\eta > 10\%$ ).
- Consum foarte mare de energie electrică.
- Frecvențele de lucru  $f$ , erau înalte sau foarte înalte

$$f > 100 \text{ kHz} \text{ sau } f > 1 \text{ MHz} \quad (\text{II.1})$$

și numai ultimele două decenii s-au folosit, în unele aplicații tehnice frecvențe de :

$$16 \text{ kHz} < f < 100 \text{ kHz} \quad (\text{II.2})$$

Orientativ în tabelul II-1 se indică unele aplicații tehnice funcție de frecvența acustică.

În ultimul deceniu datorită dezvoltării și diversificării unor materiale și tehnici de execuție în electrotehnică și electronică, ca și a altor produse legate de producerea și înregistrarea ultrasunetelor se pot realiza echipamente avînd gabarite de  $(10...10^2)$  mai mici

și cu eficiență economică de ( $10^2 \dots 10^4$ ) mai mare decât prin folosirea tuburilor și echipamentelor din trecut. În aceste condiții, în unele aplicații, industriale metodele hidro-ultrasonice pot deveni mai competitive decât alte metode iar, sub aspect calitativ deseori înegalabile față de metode clasice /18,19,20,21,22,23,24,25,47,49,50,51,55,67,70,72,112,118,121,123,135,140,150/.

Tabelul II-1

Domeniul de frecvență	Utilizarea
15 MHz	Studiul vitezei și absorbției în lichide
(12...0,8)MHz	Defectoscopie în metale
(6...0,1)MHz	Măsurători de grosimi
(200...400)kHz	Formarea emulsiilor
(700...20)kHz	Polizarea metalelor
(400...8)kHz	Defectoscopia betoanelor
(50...20)kHz	Perforarea puțurilor petroliere
(30...20)kHz	Prelucrări mecanice(perforare,grevare, sudare,curățire)
(20...0,1)kHz	Sedimentarea aerosolilor

2.1.3. Stabilirea de relații cantitative între mărimile care condiționează coagularea, sedimentarea și în final limpezirea sistemelor disperse în general și a hidrosolurilor în special va rămâne și în continuare o problemă deschisă, exprimarea lor putându-se face prin metode clasice sau statistice /35,104,109,114/. Totuși se pot face unele clasificări sau delimitări a forțelor principale, perturbatoare sau neglijabile funcție de unele caracteristici sau proprietăți a hidrosolurilor. Astfel o mărime ce caracterizează procesele naturale de coagulare și implicit de sedimentare este viteza de coagulare

$$Q_c = f[C_{gd}, C_{gm}, C_{ga}, C_m, C, C_{ch}, C_t, F_{cm}, T_h, F_e, g] \quad (II.3)$$

iar :

$$C_{gd} = f_1(c, S_s, v_p, f_p) \quad (II.4-1)$$

$$C_{gm} = f_2(d_m, S_{sm}, v_m, f_{pm}) \quad (II.4-2)$$

$$C_{ga} = f_3(l_i, S_i, v) \quad (II.4-3)$$

$$C_m = f_4(v_p, \rho) \quad (II.4-4)$$

$$C = f_5(C_o, C_{fi}) \quad (II.4-5)$$

$$C_{ch} = f_6(N_{pi}, N_m, pH) \quad (II.4-6)$$

$$C_t = f_7(t_p, t_m, t_n, t) \quad (II.4-7)$$

$$F_e = f_8(N_{ep}, N_{em}, N_{ei}) \quad (II.4-8)$$

$$F_h = f_9(F_A, F_{hd}) \quad (II.4-9)$$

$$F_{cm} = f_{10}(F_{vc}, F_{ro}) \quad (II.4-10)$$

unde :

- $c_{gd}$  - un parametru ce depinde de caracteristicile geometrice ale dispersoidului ;
- $c_{gm}$  - un parametru ce depinde de caracteristicile geometrice ale mediului de dispersie ;
- $d, d_n$  - dimensiune, diametru a dispersoidului respectiv a mediului de dispersie ;
- $S_s, S_{sm}$  - suprafața superficială a dispersoidului respectiv a mediului de dispersie ;
- $V, V_n$  - volumul dispersoidului respectiv a mediului de dispersie ;
- $f_p, f_{pm}$  - forma dispersoidului, respectiv a mediului de dispersie ;
- $c_{ga}$  - un parametru ce depinde de caracteristicile geometrice ale incintei de activare ;
- $l_i, S_i$  - lungimi și secțiuni ale incintei de activare ;
- $V$  - volumul incintei de activare ;
- $c_m$  - un parametru ce depinde de caracteristicile de masă ;
- $\rho_p, \rho$  - densitatea specifică a particulei (dispersoidului) respectiv a mediului de dispersie ;
- $C$  - concentrația dispersoizilor în mediul de dispersie ;
- $C_o$  - concentrația inițială a dispersoizilor din hidrosol ;
- $C_{fi}$  - concentrații finale a dispersoizilor în hidrosolul nou format la diferite nivele ;
- $C_{ch}$  - un parametru ce depinde de caracteristicile chimice ale sistemului dispers (hidrosolului) ;
- $N_{pi}$  - natura chimică a dispersoidului (dispersoizilor) ;
- $N_m$  - natura chimică a mediului de dispersie (apa) ;
- $pH$  - pH sistemului dispers (hidrosolului) ;
- $C_t$  - un parametru ce depinde de temperatura hidrosolului și a mediului ambiant ;
- $t_p$  - temperatura particulei (dispersoidului) ;
- $t_m$  - temperatura mediului de dispersie (apa) ;
- $t_h$  - temperatura sistemului dispers (hidrosolului) ;
- $t$  - temperatura exterioară, temperatura mediului ambiant ;
- $F_e$  - rezultanta forțelor electrostatice ;
- $N_{ep}$  - un parametru ce depinde de natura electrică a dispersoidului (particulei) ;
- $N_{em}$  - un parametru ce depinde de natura electrică a mediului de dispersie (apa) ;
- $N_{ei}$  - un parametru ce depinde de natura electrică a incintei de activare ;

$F_h$  - rezultanta forțelor hidraulice ;

$F_A$  - forța arhimedică ;

$F_{hd}$  - forța hidrodinamică din sistemul dispers (hidrosolului) ;

$F_{cm}$  - rezultanta forțelor cinetico-moleculare ;

$g$  - accelerația gravitațională ;

$F_{VL}$  - rezultanta forțelor Van der Waals-London, de adesiune dintre două sau mai multe particule și mediul de dispersie (apă) ;

$F_{PD}$  - rezultanta forțelor de repulsie-difuzie dintre două sau mai multe particule și mediul de dispersie (apa).

Iar viteza de sedimentare  $v_p$  a dispersoizilor, ar fi :

$$v_p = f_r (v_{cg}, g, \dots) \quad (II.5)$$

În cazul folosirii undelor ultrasonice  $F_{US}$  în procesele de coagulare evident că viteza de coagulare  $v_{cg}$  :

$$v_{cg} = f' [v_{cg}, F_{US}] \quad (II.6)$$

și bineînțeles că viteza de sedimentare  $v_p$

$$v_p = f'_r [v'_{cg}, g] \quad (II.7)$$

Procesele de coagulare, sedimentare, limpezire a diferitelor sisteme polidisperse inclusiv a hidrosolurilor se pot clasifica :

2.1.3.1. După dimensiunea "d" a dispersoidului

2.1.3.1.1. Dacă  $d < 20 \text{ \AA}$ , influența accelerației gravitaționale devine neimportantă /33, 102, 104, 146/.

2.1.3.1.2. Dacă  $d < 10^3 \text{ \AA}$ , forțele cinetico moleculare sînt preponderente, alături de cele electrostatice, în schimb forțele gravitaționale și hidraulice au caracter secundar, sau chiar neglijabil ( $d < 20 \text{ \AA}$ ) /33, 35, 36, 104, 108, 114, 146/.

2.1.3.1.3. Dacă  $d = 1 \mu m = 10^4 \text{ \AA}$ , Forțele cinetico-moleculare și electrostatice participă în proporție egală cu forțele gravitaționale și hidraulice /35, 36, 104, 114/.

2.1.3.1.4. Dacă  $d > 4 \cdot 10^4 \text{ \AA} = 4 \mu m$  influența forțelor cinetico-moleculare se poate neglija, preponderente fiind forțele gravitaționale și hidraulice /33, 35, 36, 44, 104, 110, 114/.

O analiză similară se poate face funcție de suprafața de separație  $S_g$ , forma dispersoizilor  $f_p$ , volumul particulelor  $V_p$  etc.

2.1.3.2. Concentrația dispersoizilor în mediul de dispersie  $C$ , este de asemenea un criteriu important pentru delimitarea preponderenței forțelor. Se cunoaște că de exemplu-apele unor lacuri a mărilor și oceanelor au concentrație de săruri și mai ales ClNa :

$$8\% < C < 40\% \quad (II.8)$$

numindu-se din acest motiv sărate.

Iar dacă :

$$C > 40\% \quad (II.9)$$



se numesc salmastre.

Concentrația apelor de suprafață curgătoare inclusiv a apelor reziduale poate uneori să fie de (5...10) ori mai mare ca (II.9).

Potrivit relației (I-86), mărimea hidraulică  $v_c$  este invers proporțională cu concentrația. Concluzia are o valoare limitativă așa cum rezultă din unele aplicații practice /35,44,104,110,114/.

2.1.3.3. Clasificări a acestor procese s-ar putea face și funcție de temperatura hidrosolurilor  $t_h$ , valoarea potențialului electrocinetic  $\xi$ , viteza curentului mediului de dispersie (apei)  $v$ . De mare folos ar fi și stabilirea unor relații criteriale pentru delimitarea sau descifrarea acestor procese.

## 2.2. DOMENII DE VALABILITATE A UNOR IPOTEZE SAU TEORII PRIVITOR LA LIMPEZIREA HIDROSOLURILOR

2.2.1. In teoriile și cercetările experimentale referitor la procesele de coagulare, sedimentare forma particulelor s-a considerat sferică sau s-a echivalat cu una sferică. Toți cercetătorii au folosit ca punct de pornire cercetările lui Stokes, care a folosit pentru experiențele de referință bile de sticlă, cu dimensiuni din domeniul pseudocoloidal. Însăși sticla, cum se știe, se consideră un pseudocoloid netru electric și care prin frecare se electrizează (4

Ori, numai o parte din particulele sistemelor difuze în general, și a hidrosolurilor în special au formă sferică sau sferoidă. Cum raportul suprafețelor superficiale de contact dintre o particulă sferică și una anizometrică poate fi chiar de 100, se înțelege că și raportul vîscozităților mediului de dispersie depinde foarte mult de forma particulei. Rezultă clar că aprecierea forțelor ce concurează la agregare și sedimentare va diferi foarte mult funcție de forma particulelor și cu deosebire în sistemele polidisperse /35,35,104,110,114/.

2.2.2. In teoriile de bază Stokes, privind sedimentarea particulelor într-un mediu dispers, se consideră că mediul de dispersie (apa) este infinit /33,38,48,58,73,74,75,76,90,106,107,114,146/. De fapt interacțiunile dintre particule sînt funcție și de concentrație, fiind neimportant dacă mediul este finit sau infinit. Unii autori, vorbesc despre valabilitatea acestei ipoteze numai în cazul concentrațiilor mici, fără a preciza cantitativ această noțiune. Din contextul unor lucrări experimentale rezultă că prin concentrație mică s-ar înțelege :

$$C \leq 5\%$$

(II.10)

ipoteza fiind cu atît mai valabilă cu cît :

In majoritatea lucrărilor, nu se fac aprecieri cantitative referitoare la influența incintelor de activare (coagulare, sedimentare), deși este evident că prin forma și dimensiunea lor apare un parametru ce influențează producerea proceselor de coagulare-sedimentare.

2.2.3. In teoriile referitoare la stratul dublu electric, Helmholtz-Stern și Gouy Chapman (v.p.I), deși inițial particula se consideră sferică, pentru deducerea expresiei potențialului electrocinetic  $\psi$  se consideră că suprafața a 2 particule este plan paralelă, lucrând ca doi condensatori plani. Numai London și Derjaguin, au calculat influența acestei neconcordanțe ipotetice, afirmând că abaterea cantitativă nu este însemnată /33, 35, 36, 44, 97, 104, 105, 108, 114, 146/.

2.2.4. Deducerea energiei electrostatice de respingere  $E_r$  și a energiei de atracție  $E_a$ , componente a energiei totale de interacțiune  $E$ , în procesul de atracție a două particule, nu este completă deoarece nu se ține seama de influența forțelor gravitaționale, hidraulice, reacții chimice și alți parametrii caracteristici. De asemenea se consideră că interacțiunea se produce între două particule în zona de despicare, când în realitate se pot ciocni sau intersecta mai mult decât două particule. Determinarea asigurării de depășire a ciocnirii a (2, 3, ..., n) particule este o problemă ce se poate rezolva statistic, urmînd ca în determinarea componentelor ecuației (I-44) să se reflecte și acest fapt /104, 105, 108, 114/.

Verificarea experimentală, se poate face prin determinări și analize cantitative sau avînd un microscop cu putere de mărire adecvată.

2.2.5. Toate teoriile privitor la procesele de agregare (coagulare-floculare etc.) și sedimentare sînt incomplete, deoarece :

- Folosesc ipoteze care sînt valabile numai pentru anumite sisteme coloidale sau pseudocoloidale. Probabil că experimentările sau aparatura de cercetare nu au permis autorilor investigații de amploare.

- In general funcție de specialitățile autorilor teoriile s-au dezvoltat mai mult și mai în adîncime spre aceste domenii (fizică în general, chimie, chimie coloidală, electricitate, hidraulică etc.).

- O cercetare completă este de mare durată, necesită un colectiv de cercetare politehnic, dispunînd de instalații și o aparatură modernă.

- Rezolvarea problemelor practice se realizează uneori prin cercetări experimentale și metode combinate, mai rapid, decât o cercetare fundamentală.

### 2.3. UNELE PROPRIETATI ALE ULTRASUNETELOR IN LICHIDE

2.3.1. Se cunoaște că mișcarea acustică este o mișcare perturbatoare (de compresie și dilatare) a unei stări mecanice. Mișcarea acustică este deci o mișcare mecanică secundară suprapusă pe o stare (de mișcare sau repaus) mecanică.

În cazul mișcărilor turbulente, când se creează vârtejuri, se produc unde de presiune, care se extind dincolo de regiunea turbulentă și unde se propagă sub forma de unde de presiune acustică. În schimb în zona de vârtej distincția între presiunea hidromecanică (aeromecanică) și cea acustică este arbitrară, deoarece variațiile vitezei acustice sînt de același ordin de mărime cu cele mecanice.

Potrivit acestei definiții unda acustică este rezultanta mișcării unui fluid (lichid), ce creează o variație alternativă a presiunii și deci teoria mișcării turbulente este o parte a teoriei acustice /54, 86/.

• Mișcarea vibratorie se consideră mecanică (hidromecanică, aeromecanică etc.), atunci când vibrează întreaga masă împreună cu centrul de masă. În schimb în mișcarea acustică, vibrațiile au loc în întreaga masă fără ca centrul de masă să oscileze.

În funcție de frecvență mișcarea acustică se numește infrasonoră, sonoră, ultrasonoră respectiv hipersonoră astfel :

$$\begin{array}{l} f < 16 \text{ Hz} ; 16 \text{ Hz} \leq f \leq 16 \text{ kHz} \\ 16 \text{ kHz} < f \leq 100 \text{ MHz} ; f > 100 \text{ MHz} \end{array} \quad \dots \quad (\text{II.12})$$

Energia acustică se transmite sub forma undelor acustice. Propagarea undelor acustice se face sub forma undelor sferice plane sau cilindrice. Undele sferice sînt absorbite invers proporțional cu patratul distanței, de mediul străbătut. Ele mai pierd energie și prin difuzie. Undele plane pierd energie numai prin absorbția mediului iar cele cilindrice pierd energie prin absorbția mediului și parțial prin difuzie, pierderea fiind mai mică comparativ cu undele sferice la aceeași frecvență și distanță.

Ultrasunetele și hipersunetele (microundele) se pot fascicula cu ușurință, deci se propagă sub forma undelor plane, frecvența  $f = (20 \dots 30) \text{ kHz}$  fiind ideală în tehnica ultraacustică subacvatică.

Deoarece fluidele au doar o elasticitate de volum, efectul forței deformatoare se manifestă doar prin variație de volum, adică componenta tangențială este nulă. De aceea în fluide (lichide) se propagă unde longitudinale. În hidrosoluri, deci și în ape superficiale, datorită dispersiilor (solizi) iar naștere și unde trans-

versale, care sînt absorbite în întregime datorită frecărilor interioare la distanțe mai mici ca  $\lambda$ , de aceea la concentrații mici se pot considera ca inexistente. În cazul hidrosolurilor cu o structură mai apropiată de solide ele se manifestă. În cazul undelor longitudinale plane, frontul undei poate fi asimilat cu un plan normal pe direcția de propagare, particulele vibrînd înainte și înapoi pe această direcție. Undele plane longitudinale pot fi progresive sau staționare.

S-a arătat că energia ultraacustică se absoarbe (transformă) parțial în mediul de dispersie ceea ce conduce la creșterea temperaturii și a mișcării browniene. În cazul unor particule coloidale această absorbție este modestă în lichide și excesiv de mare în gaze, proprietate fructificată în procese de precipitare și agregare a particulelor coloidale din mediul gazos. Densitatea de energie E acustică folosită este în aceste cazuri :

$$E = (50 \dots 100) \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} = (5 \dots 10) \frac{\text{J}}{\text{m}^3} \quad (\text{II.13})$$

la valoarea minimă producîndu-se precipitare iar la cea maximă agregare (coagulare, floculare). Frecvența acustică optimă este invers proporțională cu dimensiunea particulelor. În cazul precipitărilor și agregărilor de particule coloidale din mediul de dispersie gazos (aerul) se folosesc cu bune rezultate sirene ultraacustice ce asigură o frecvență  $f = (16 \dots 30) \text{kHz}$  și intensități de ordinul  $(\text{W}/\text{cm}^2) / 64/$ .

2.3.2. Pentru evidențierea unor proprietăți ale ultrasunetelor în mediul lichid (apa) se dau ecuațiile de definiție a unor mărimi caracteristice, valabile în cazul undelor plane longitudinale dintr-un mediu omogen și izotrop (apa distilată). Astfel :

Presiunea acustică maximă  $p_a \text{ max}$

$$p_{a \text{ max}} = 4,4136 \cdot 10^2 \sqrt{I \cdot \rho \cdot c} < \text{atm} >; p_{a \text{ max}} = \sqrt{2 \cdot I \cdot \rho \cdot c} < \frac{\text{N}}{\text{m}^2} >_{\text{SI}} \quad (\text{II.14})$$

Viteza maximă a oscilației (vibrației) unei particule

$$v_{\text{max}} = 4,472 \cdot 10^2 \sqrt{\frac{I}{\rho \cdot c}} < \frac{\text{cm}}{\text{s}} > \quad v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2I}{\rho \cdot c}} < \frac{\text{m}}{\text{s}} >_{\text{SI}} \quad (\text{II.15})$$

Amplitudinea oscilației (vibrației) unei particule

$$A = 7,117 \cdot 10^2 \frac{1}{f} \sqrt{\frac{I}{\rho \cdot c}} = 1,591 \frac{v_{\text{max}}}{f} < \mu >; A = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\frac{2 \cdot I}{\rho \cdot c}} < \text{m} >_{\text{SI}} \quad (\text{II.16})$$

Accelerarea maximă a oscilației (vibrației) unei particule

$$a_{\text{max}} = 2,8099 \cdot 10^6 f \sqrt{\frac{I}{\rho \cdot c}} = 6,283 \cdot 10^3 f \cdot v_{\text{max}} < \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} > \quad (\text{II.17-a})$$

$$a_{\text{max}} = 2\pi f \cdot v_{\text{max}} < \frac{\text{m}}{\text{s}^2} >_{\text{SI}} \quad (\text{II.17-b})$$

iar :

I este intensitatea acustică în  $(\text{W}/\text{m}^2)_{\text{SI}}$  ;

$\rho$  este densitatea specifică a fluidului în ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) SI ;  
 $c$  este viteza de propagare a undei acustice în mediul fluid în ( $\text{m}/\text{s}$ ) SI ;

$f$  este frecvența oscilației acustice în (Hz) SI ;

Dacă se admite că în apă :

$$\rho = \frac{1\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{10^3\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{și} \quad c = 1460 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{II.18})$$

iar în aer :

$$\rho = \frac{10^{-3}\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{1\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{și} \quad c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{II.19})$$

ecuațiile (II.14)...(II.17) devin pentru apă :

$$p_{\text{max}} = 1,686\sqrt{I} \text{ <atm>}; \quad p_{\text{amax}} = 1,709 \cdot 10^{-7}\sqrt{I} \text{ <N/m}^2\text{ >} \quad 17,022 \cdot 10^{-5}\sqrt{I} \quad (\text{II.20})$$

$$v_{\text{max}} = 11,7\sqrt{I} \text{ <cm/s>} \quad ; \quad v_{\text{amax}} = 11,7^{-4}\sqrt{I} \text{ <m/s>} \quad (\text{II.21})$$

$$A = 18,6 \frac{\sqrt{I}}{f} \text{ <μm>} \quad ; \quad A = 18,6 \cdot 10^{-7} \frac{\sqrt{I}}{f} \text{ <m>} \quad (\text{II.22})$$

$$a_{\text{max}} = 7,351 \cdot 10^4 f \sqrt{I} \text{ <cm/s}^2\text{ >} \quad ; \quad a_{\text{amax}} = 7,351 \cdot 10^{-6} f \sqrt{I} \text{ <m/s}^2\text{ >} \quad (\text{II.23})$$

iar pentru aer :

$$p_{\text{max}} = 2,57 \cdot 10^{-2}\sqrt{I} \text{ <atm>} \quad ; \quad p_{\text{amax}} = 26\sqrt{I} \text{ <N/m}^2\text{ >} \quad (\text{II.24})$$

$$v_{\text{max}} = 7,669 \cdot 10^2\sqrt{I} \text{ <cm/s>} \quad ; \quad v_{\text{amax}} = 7,669 \cdot 10^{-2}\sqrt{I} \text{ <m/s>} \quad (\text{II.25})$$

$$A = 1,2205 \cdot 10^3 \frac{\sqrt{I}}{f} \text{ <μm>} \quad ; \quad A = 1,2205 \cdot 10^{-2} \frac{\sqrt{I}}{f} \text{ <m>} \quad (\text{II.26})$$

$$a_{\text{max}} = 4,818 \cdot 10^6 f \sqrt{I} \text{ <cm/s}^2\text{ >} \quad ; \quad a_{\text{amax}} = 4,818 \cdot 10^{-5} f \sqrt{I} \text{ <m/s}^2\text{ >} \quad (\text{II.27})$$

În condiții identice de intensitate  $I$  și frecvență  $f$ , acustica făcând rapoartele aferente între relațiile (II.20)...(II.23) și relațiile (II.24)...(II.27) rezultă patru coeficienți și anume  $k_p$ ,  $k_{v \text{ max}}$ ,  $k_A$  și  $k_{a \text{ max}}$  :

$$k_p = \frac{p_{\text{amax aer}}}{p_{\text{max apă}}} = 65,60 \quad (\text{II.28}) \quad k_{v \text{ max}} = \frac{v_{\text{max apă}}}{v_{\text{max aer}}} = 1,526 \cdot 10^{-2} \quad (\text{II.29})$$

$$k_A = \frac{A_{\text{apă}}}{A_{\text{aer}}} = 1,524 \cdot 10^{-2} \quad (\text{II.30}) \quad k_{a \text{ max}} = \frac{a_{\text{max apă}}}{a_{\text{max aer}}} = 1,567 \cdot 10^{-2} \quad (\text{II.31})$$

iar rapoartele inverse dau coeficienții  $k'_p$ ,  $k'_{v \text{ max}}$ ,  $k'_A$  și  $k'_{a \text{ max}}$  având următoarele valori :

$$k'_p = \frac{p_{\text{max aer}}}{p_{\text{max apă}}} = 1,52 \cdot 10^{-2} \quad (\text{II.32}) \quad k'_{v \text{ max}} = \frac{v_{\text{max aer}}}{v_{\text{max apă}}} = 65,55 \quad (\text{II.33})$$

$$k'_A = \frac{A_{\text{aer}}}{A_{\text{apă}}} = 65,62 \quad (\text{II.34}) \quad k'_{a \text{ max}} = \frac{a_{\text{max aer}}}{a_{\text{max apă}}} = 65,54 \quad (\text{II.35})$$

Se observă că :

- Presiunea acustică maximă  $p_{\text{max}}$  și viteza maximă a oscilației unei particule  $v_{\text{max}}$ , sînt independente de frecvență la aceeași intensitate  $I$ .

Rezultă că în orice proces, deci și în procese de agregare-sedimentare, frecvența optimă folosită se poate alege funcție de caracteristicile hidrosolului și intensitatea optimă în acest proces. De asemenea frecvența se va alege și funcție de tehnologia de producere cea mai economică.

- Amplitudinea  $A$  și accelerația maximă  $a_{\max}$  a unei particule este direct proporțională cu intensitatea  $I^{1/2}$  și invers proporțională cu densitatea fluidului (hidrosolului)  $\rho$ , respectiv viteza acustică  $c$ .

- În domeniul agregării și sedimentării aerosolurilor există de cca. 2 decenii tehnologii industriale, ce folosesc metode ultrasonice. Transpunerea acestei experiențe teoretice și practice se poate cerceta și în domeniul hidrosolurilor, într-o primă aproximație, respectând scările date de coeficienții  $k_p, k_p', k_v, k_v', k_A, k_A', k_a, k_a'$ .

Deoarece între cele două medii aer-apă există și alte rapoarte valorice între alți parametrii caracteristici, în teoria și practica agregării și sedimentării hidrosolurilor, trebuie să se considere și influența acestor parametrii caracteristici, atunci când se operează cu metode ultrasonice, sau să se determine indirect influența lor global prin metode adecvate (aproximative, statistice etc.).

- Intrucît într-un hidrosol oarecare (ape curgătoare, ape uzate etc.) densitatea  $\rho$  și viteza de propagare  $c$ , au uneori variații mici (de pînă la 10 %), se pot admite valorile date de (II.18) ca valori medii. Iar presiunea acustică maximă  $p_a \max$ , cît și viteza maximă a oscilațiilor depind de  $\sqrt{I}$ . În aceleași condiții, amplitudinea  $A$  (elongația maximă) este invers proporțională cu frecvența de oscilație  $f$  și direct proporțională cu viteza maximă a oscilației. Iar accelerația maximă  $a_{\max}$  este direct proporțională cu frecvența de oscilație  $f$  și viteza maximă de oscilație  $v_{\max}$ .

Pentru a evidenția variația mărimilor caracteristice  $p_a \max$ ,  $v_{\max}$ ,  $A$  și  $a_{\max}$  în cazul apei se consideră:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3; \quad c = 1460 \text{ m/s}; \quad g = 980 \text{ cm/s}^2 \quad (\text{II.36})$$

S-a considerat accelerația gravitațională  $g$ , pentru a evidenția în raport de ea, variațiile accelerației oscilației acustice maxime  $a_{\max}$ .

În tabelul (II.2) se prezintă în aceste condiții variația mărimilor  $p_a \max$  și  $v_{\max}$  la diferite valori a intensității  $I$ , variația  $p_a \max$  și  $v_a \max$ .

Tabelul II-2

$I \langle W/cm^2 \rangle$	$10^{-3}$	$10^{-1}$	1	10	25
$p_a \text{ max} \langle atm \rangle$	$5,33 \cdot 10^{-2}$	$5,33 \cdot 10^{-1}$	1,686	5,33	8,43
$v_a \text{ max} \langle cm/s \rangle$	$3,69 \cdot 10^{-1}$	3,69	11,7	36,9	58,5

In tabelele (II-3) și (II-4) se prezintă variația mărimilor A și  $a_{\text{max}}$  funcție de mărimile  $I \langle W/cm^2 \rangle$  și  $f \langle kHz \rangle$ .

Variația A  $\langle \mu m, 10^{-6} m \rangle$ .

Tabelul II-3

$f \langle kHz \rangle$	$I \langle W/cm^2 \rangle 10^{-3}$	$10^{-1}$	1	10	25
$10^{-2}$	5,88.10	$5,88 \cdot 10^2$	$1,86 \cdot 10^3$	$5,88 \cdot 10^3$	$9,3 \cdot 10^3$
$10^{-1}$	5,88	5,88.10	$1,86 \cdot 10^2$	$5,88 \cdot 10^2$	$9,3 \cdot 10^2$
1	$5,88 \cdot 10^{-1}$	5,88	1,86.10	5,88.10	$9,3 \cdot 10^1$
10	$5,88 \cdot 10^{-2}$	$5,88 \cdot 10^{-1}$	1,86	5,88	9,3
18	$3,26 \cdot 10^{-2}$	$3,26 \cdot 10^{-1}$	1,034	3,267	5,16
20	$2,94 \cdot 10^{-2}$	$2,94 \cdot 10^{-1}$	0,930	2,94	4,65
$10^2$	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$5,88 \cdot 10^{-2}$	$1,86 \cdot 10^{-1}$	$5,88 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^{-1}$
$10^3$	$5,88 \cdot 10^{-4}$	$5,88 \cdot 10^{-3}$	$1,86 \cdot 10^{-2}$	$5,88 \cdot 10^{-2}$	$9,3 \cdot 10^{-2}$

Variația  $a_{\text{max}} \langle g, 9,80665 \frac{m}{s^2} \rangle$

Tabelul II-4

$f \langle kHz \rangle$	$I \langle W/cm^2 \rangle 10^{-3}$	$10^{-1}$	1	10	25
$10^{-2}$	$2,37 \cdot 10^{-2}$	$2,37 \cdot 10^{-1}$	$7,5 \cdot 10^{-1}$	2,37	3,75
$10^{-1}$	$2,37 \cdot 10^{-1}$	2,37	7,5	$2,37 \cdot 10^1$	$3,75 \cdot 10^1$
1	2,37	$2,37 \cdot 10^1$	$7,5 \cdot 10^1$	$2,37 \cdot 10^2$	$3,75 \cdot 10^2$
10	$2,37 \cdot 10^1$	$2,37 \cdot 10^2$	$7,5 \cdot 10^2$	$2,37 \cdot 10^3$	$3,75 \cdot 10^3$
18	$4,26 \cdot 10^1$	$4,26 \cdot 10^2$	$1,35 \cdot 10^3$	$4,27 \cdot 10^3$	$6,75 \cdot 10^3$
20	$4,74 \cdot 10^1$	$4,74 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^3$	$4,74 \cdot 10^3$	$7,50 \cdot 10^3$
$10^2$	$2,37 \cdot 10^2$	$2,37 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$	$2,37 \cdot 10^4$	$3,75 \cdot 10^4$
$10^3$	$2,37 \cdot 10^3$	$2,37 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^3$	$2,37 \cdot 10^5$	$3,75 \cdot 10^5$

Cu observația că nu toate valorile obținute se pot considera valabile, deoarece de exemplu, pentru valori de  $10^3 \mu m$  pentru A nu se mai încadrează în acustica liniară, valoarea intensității I trebuind să fie mai mare. Valorile obținute reprezintă un sprijin eficient în stabilirea parametrilor acustici, în cadrul programului experimental.

Se mai cunosște de asemenea că la  $f > 100 kHz$  atenuarea undelor

acustice devine foarte importantă.

2.3.3. După Timoshenko, Belenki și Fedoruk /143/, deși fenomenul de coagulare a aerosolurilor e cunoscut de cca. 40 ani, mult timp s-a considerat că el se datorește coagulării ortocinetice. Conform acestei ipoteze particulele de mărimi diferite vibrează la amplitudini diferite și astfel se ciocnesc eficace coagulându-se. Prin această teorie nu se poate explica coagularea aerosolilor monodispersi la frecvențe joase, iar altor cauze ca forțele de presiune de radiație turbulentă, Bernoulli, Bjerknes li s-a acordat mai puțină importanță.

Multe din cercetările teoretice și aplicative (tehnologii de purificare), au fost neconcludente și chiar au frânat dezvoltarea aplicativă, deoarece din motivele arătate se alegeau întâmplător condițiile de operare. De exemplu se foloseau frecvențe ridicate  $f \gg 100$  kHz și tehnici scumpe cum ar fi sirenele ce aveau un consum excesiv de energie (2...7) kWh/1000<sup>3</sup> gaz). Autorii afirmă că în ultimii 10 ani s-a cristalizat o teorie unificată privind interacțiunea particulelor (dispersoizilor) în aer (gaz) care explică coagularea particulelor de aerosol, prin luarea în considerație a mișcării relative a două sau mai multe particule de aerosol adiacente într-un mediu viscos în vibrație. În plus particulele nu mai sînt considerate independente una de alta (v. 2.2.4) ca în celelalte ipoteze. Metoda mai ține seama de efectul curgerii particulelor, efectul de perete și microturbulență. Rezolvarea teoretică indică, ceea ce s-a evidențiat și de autor (v. 2.3.2) că coagularea particulelor submicronice în câmpul acustic nu depinde de frecvență și este proporțională cu amplitudinea vitezei maxime sau amplitudinii deplasării (v. tabelul II-2 și II-3).

Aceasta confirmă și părerea autorului (v. 2.2) și în consecință pentru coagularea aerosolilor trebuie preferate frecvențe acustice joase, căci generatoarele de oscilații puternice ca de exemplu sirene electrice de joasă frecvență sînt simple și ieftine.

Astfel se indică /141/ ca optime pentru aerosoluri din domeniul metalurgic cu volume mari de gaze ( $10^2 \dots 10^3$ ) m<sup>3</sup>.

- Timpul de relaxare  $\tau = (1, 2, \dots, 2, 5)$  s
- Intensitatea acustică  $I = (0, 1 \dots 0, 2)$  W/cm<sup>2</sup> și
- Frecvența acustică  $f = (400 \dots 600)$  Hz

Iar într-un experiment pilot :

Dimensiunea particulelor  $d = 0, 2$  μm

Concentrația  $c = (2 \dots 20)$  g/m<sup>3</sup>

Temperatura jetului prăfos  $t = (40 \dots 300)$  °C

Intensitatea acustică  $I = (0, 1 \dots 0, 6)$  W/cm<sup>2</sup>



Timpul de relaxare  $\tau = (0,5 \dots 2,5)$ s

Frecvența acustică  $f = (1,2 \dots 16)$ kHz

Pe baza microfotografiilor realizate se constată și experimental că viteza de agregare este direct proporțională cu dimensiunea particulelor, recomandându-se folosirea metodei de coagulare ultrasonică pentru aerosoluri cu particule submicronice.

Expresia obținută de autori (1976) și considerată a fi prima expresie teoretică ce exprimă coagularea sonică, verificată experimental, se prezintă prin coeficientul de coagulare acustică :

$$k_c = \frac{k \cdot T \cdot C_0 (1+a) \sqrt{c^2 - 4\bar{d}^2}}{\eta \bar{d} (1 + \frac{3}{16} Re) \operatorname{arch} \frac{L}{2d}} \quad \langle s^{-1} \rangle \quad (\text{II-37})$$

unde :

$k$  este constanta lui Boltzmann

$T$  este temperatura absolută  $^{\circ}\text{K}$

$(1+a)$  este corecția Millikan a mișcării particulelor cele mai fine datorită intermitenței mediului

$\eta$  este coeficientul de vâscozitate dinamică  $\langle \frac{N \cdot s}{m^2} \rangle$

$L$  este parametrul ce exprimă interacțiunea spațială  $m \langle m \rangle$

$d, \bar{d}$ , este dimensiunea, respectiv dimensiunea medie a particulelor  $\langle m \rangle$

$Re$  este criteriul Reynolds

$C_0$  reprezintă numărul particulelor în unitatea de volum  $\langle m^{-3} \rangle$

Metoda prezentată, deși valabilă, pentru aerosoluri, confirmă o parte din ipotezele prezentate la 2.2 și 2.3.2.

2.3.4. Se știe că /1,7,8,14/ între lungimea de unde  $\lambda$ , frecvența  $f$  și viteza de propagare a undei acustice  $c$ , există relația :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \langle m \rangle \quad (\text{II-38})$$

Atunci când energia acustică se fascicularizează (dirijează) de la un emițător, trebuie ca dimensiunea emițătorului  $D_{em}$  :

$$D_{em} > \lambda \quad \langle m \rangle \quad (\text{II-39})$$

Dacă obiectul  $O$  (particula) are dimensiuni mai mari :

$$D > \lambda \quad \langle m \rangle \quad (\text{II-39})$$

unda acustică nu mai înconjoară obiectul ei se propagă prin el. Această proprietate este folosită în hidrolocație și defectoscopie. Deci în cazul hidrosolurilor trebuie ca dispersiunii să aibă  $d < \lambda$ .

Se vede (II-38) că dacă :

$$f = ct \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{II-40})$$

De aici rezultă că atunci când se folosește o instalație în care transmiterea energiei acustice se face folosind concentratoare de oțel, în hidrosoluri, trebuie astfel alese dimensiunile concentratoarelor și a incintei de activare încât cuplajul să se facă cu pierdere minimă de energie acustică. Practic trebuie ca la capătul con-

centratorului să existe un ventru de presiune ( $\lambda/2$ ) iar incinta de activare să fie multiplu de  $\lambda/2$ .

2.3.5.1. Așa cum rezultă informativ din tabelul II-5, la o anumită intensitate acustică I și frecvență f, apare în lichide fenomenul de cavitație ultrasonoră.

Cavitatarea ultrasonoră se produce într-un lichid atunci când tensiunea (presiunea) acustică ajunge la o valoare critică. Datorită presiunilor ce apar, evaluate la valori de  $10^4$  atm (Rayleigh) ele depășesc forțele de coeziune ale lichidului. Are loc o absorbție practică totală a undei acustice /86, 87, 88/.

Tabelul II-5

Presiunea acustică critică  $p_{a \max}$  și intensitatea acustică I la diferite frecvențe f, producătoare de cavitație în hidrosoluri după Grumăzescu /64/.

$f < kHz, 10^3 Hz >$	$p_{a \max} < atm, \frac{kgf}{cm^2}, 9,80665 \frac{N}{m^2} >$	$I < \frac{W}{cm^2} ; 10^{-4} \frac{W}{m^2} >$
15	(0,2...2)	(0,16...2,6)
175	4	10
365	(7...20)	(33...270)
500	(12...25)	(100...400)
3300	(230...300)	(3500...60000)

Ca urmare a acestei situații se creează niște microzone cu presiuni maxime  $p_{a \max}$ , unde lichidul se rupe la dimensiuni ultramicroscopice pulverizându-se și formând bule de aer(gaz), împreună cu gazele dizolvate în lichid sau separat de ele. După momentul de maximă presiune apare și o depresiune (destindere) ultrasonică în fisurile sau cavitățile create, care explodează la presiuni de ( $10^4 \dots 10^5$ ) atm. Fenomenul petrece cu precădere pe suprafețe de contact deci acolo unde rezistența undelor ( $\rho, c$ ) variază brusc. Neregularitățile cele mai fine, fisurile, colțurile etc., favorizează producerea cavitației pe suprafețele corpurilor. De aceea mai ales la frecvențe înalte, ale ultrasunetelor se produce dispersarea substanțelor străine de pe corpuri în mediul lichid. Eliminarea murdăriei prin desprindere cavitațională creează un strat de noroi ce trece în mediul de dispersie (apa), putând fi antrenat odată cu acesta. Ca aplicații ale acestei proprietăți se menționează spălarea și curățirea pieselor metalice, a țesăturilor murdare, în extragerea a pînă la 35 % din substanța amară a hameiului necesară în fabricarea berii etc. Cavitația ultrasonică acționează negativ și distru-

tiv în cazul unor ansambluri hidromecanice (turbine, palete etc.)

În cazul pseudo-cavității, când bula de aer se formează nu datorită acțiunii ultrasunetului, distrugerea ei, nu are loc pînă la capăt (zero), deoarece ca urmare a excitațiilor acustice se produc oscilații amortizate de bula de gaz (aer). Presiunile care apar nu sînt prea mari, dar pot străpunge corpuri fine microscopice /118/.

Cavităția și-a găsit întrebuințare și în industria prelucrătoare de piele, metalurgică sau chimie organică (depolimerizare și polimerizare).

Odată cu apariția <sup>cavității</sup> ultrasonice, are loc și o descărcare electrică puternică ce provoacă o ionizare a mediului de dispersie și emisie de radiații ultraviolete. Ionizarea mediului de dispersie asigură o creștere a  $O_2$  liber. De aceea acest proces se folosește în medicină la sterilizarea medicamentelor și în foarte rare cazuri și a apei pentru distrugerea florei și faunei patogene și potabilizarea ei. Posibilități largi de depoluare a apelor <sup>de</sup> cursurilor de apă sau a apelor uzate cu conținut foarte mare de substanțe organice se pot asigura prin producerea cavității ultrasonice în condiții de eficiență economică. Se mai menționează în acest sens /64, 66, 103, 124/ că apa oxigenată se formează la putere consumată de 0,1 W/g de soluție, iar randamentul crește liniar cu timpul, maximum obținându-se după 5 ore.

2.3.5.2. Reacțiile chimice ce se desfășoară în câmpul ultrasonic la cavităție se împart în 3 grupe /13, 14, 103, 124/:

- Reacții chimice ce se desfășoară direct în faza gazoasă, adică în bulele de cavităție.

- Reacții chimice care au loc în faza lichidă, adică în mediul de dispersie (apa) în imediata apropiere de bulele de cavităție.

- Reacții chimice ce au loc la limita de separație, dintre bula de cavităție și lichid.

De aceea se consideră că în procesele de polimerizare și depolimerizare fenomenul de cavităție ar fi cauza principală și aproape exclusivă, apa fiind cel mai favorabil mediu pentru inițierea și accelerarea acestor procese.

Se menționează de Bucher R.M., Maczewski etc. (1957) că și procese de agregare-precipitare a aerosolilor pot rezulta în urma producerii cavității ultrasonice, eficacitatea operației fiind funcție de frecvența ultrasonoră  $f$ , intensitatea acustică  $I$ , natura și granulometria particulelor. Presiunea acustică recomandată respectiv densitatea de energie acustică

este:  $P_a = 5 \cdot 10^{-4} \frac{N}{m^2}$  respectiv  $E = 5 \frac{J}{m^3} = \frac{50 \text{ erg}}{cm^3}$  (II-41)

dublarea lor valorică asigurînd un randament maxim. Se semnaleză în acest sens inadvertența, deja demonstrată că frecvența nu este hotărîtoare în producerea proceselor menționate, puterea acustică  $P_a$  max și viteza maximă a oscilației fiind independente de frecvența  $f$  (v.2.3.2), fapt confirmat de recente realizări în domeniul coagulării aerosolurilor /141/.

2.3.6. După Cosma T /40/ separarea și depunerea de particule în suspensie într-un mediu lichid se produce sub acțiunea unui cîmp ultrasonic staționar și la puteri acustice bine definite. Instalația folosită era experimentală iar rezultatele nu sînt încă cunoscute.

Prezentînd o instalație de purificare a lichidelor prin metode de filtrare ultrasonică /39,55/ se menționează că instalația s-a conceput avînd un modul  $n \frac{\lambda}{2}$  și are un randament mai bun decît alte metode ce folosesc site, deoarece în acest caz, îmbîcșirea este evitată timp îndelungat datorită vibrației ultrasonice. Frecvențele folosite sînt :

$$f = (18 \dots 25) \text{ kHz iar } I = (0,2 \dots 2) \left\langle \frac{W}{cm^2} \right\rangle \quad (II-42)$$

Pe de altă parte se precizează că mecanismul filtrării sistemelor disperse, avînd mediul de dispersie lichid (apa) nu este suficient studiat.

De asemenea Marinesco /85/ realizează o concentrare a unei soluții inițiale de cerneală (colorant) în ventrele unui cîmp ultrasonic staționar.

Unele încercări de separare a sării din apa mării a încercat Bondy, prin separare fracționată, fără a avea rezultate concludente /13,14,18/. Aceasta este și de înțeles dacă se amintește că NaCl este o substanță tensoactivă deci protectoare a stabilității hidrosolurilor (apa mării), separarea putîndu-se realiza numai dacă energia totală de respingere  $E_r$ ,

$$|E_r| < E_a \quad \text{sau } E_r \ll E_a \quad (I-69)$$

2.3.7. Se cunoaște /118,119,124/ că densitatea medie a energiei acustice  $\bar{E}$  este :

$$\bar{E} = \frac{I}{c} = \frac{\rho}{2} (\omega A)^2 = \frac{\rho}{2} (2\pi f A)^2 \quad (II-42')$$

deci la aceeași frecvență  $f$  și amplitudine  $A$ , între aer și apă existînd un raport al densităților de  $10^3$ ,

$$\bar{E}_{\text{apă}} > 10^3 \bar{E}_{\text{aer}} \quad (II-43)$$

un raport mai mare fiind în cazul metal-apă sau ...

Intensitatea reflectată  $I_R$  care apare la suprafața de contact a 2 medii diferite este :

$$I_R = \left( \frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \right)^2 I \quad \left\langle \frac{W}{cm^2} \right\rangle \quad (II-44)$$

unde  $\rho_1, \rho_2$  sînt densitățile a două medii diferite  $\langle kg/m^3 \rangle$   
 $c_1, c_2$  sînt vitezele de propagare acustică în două medii diferite  $\langle m/s \rangle$

I - intensitatea acustică incidentă  $\langle W/m^2 \rangle$

De aici se observă că la contactul dintre aer și oțel de exemplu în microfisurile oțelului apare o ~~reflecție~~ ~~transmisie~~ transmisie practic nulă. De aceea în aer nu se pot crea unde staționare cu ajutorul unui concentrator metalic în condiții obișnuite de prelucrare.

2.3.8. Se menționează de Ahrens E /1/ că dependența vitezei

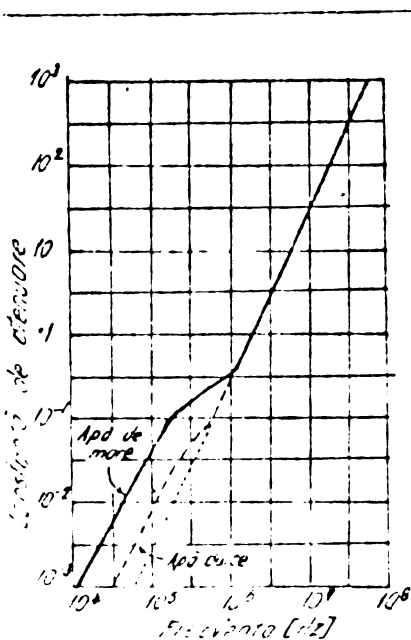


Fig II-1 Dependenta vitezei de căutare de temperatură și salinitate

de propagare a unei acustice c în apele sărate (mări, oceane) este influențată de temperatura t în °C, presiunea p în m.col.apă și concentrația (salinitatea) acestor ape (%), după relația experimentală :

$$c = 1410 + 4,2(t - 0,037t^2 + 1,14c + 0,018h) \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (II-45)$$

Se constată că <sup>la</sup> creșterea a temperaturii de la 10 la 20°C, viteza c crește cu 2 %, diferența între apa dulce și sărată fiind de cca. 2,5 %.

La 1000 m adîncime, variația vitezei v este de 1,2 %. Această expresie servește la determinarea variațiilor vitezei c, în experiențele

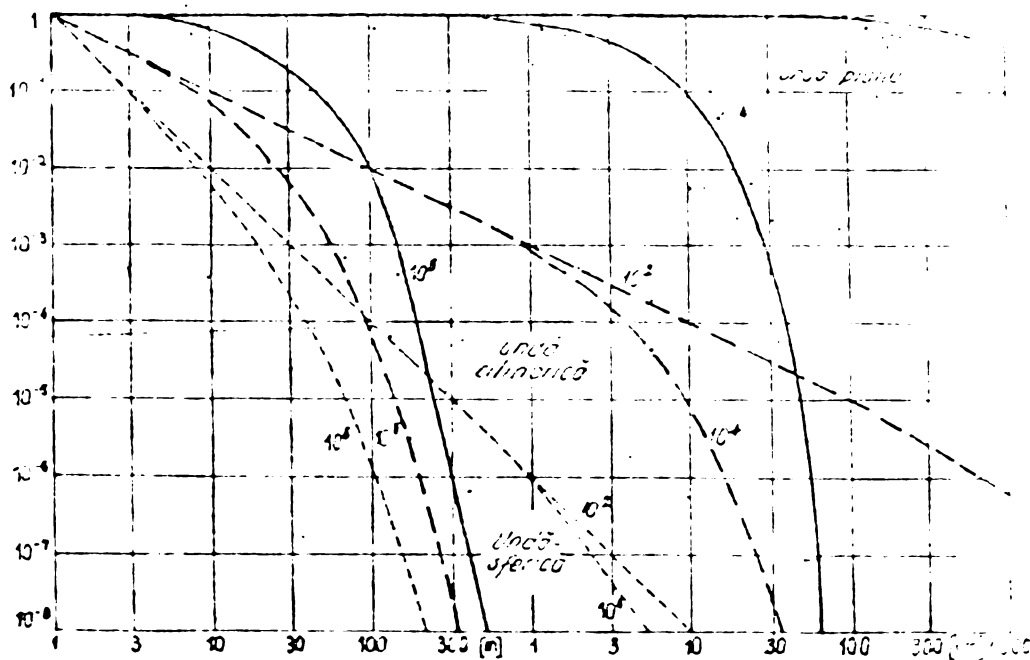


Fig II-2 Energia undelor plane cilindrice și sferice în apă funcție de distanța de la sursă. Perimetrul alăturat este frecvența căreia corespunde absența de pierdere a marelui depinde puternic de frecvență.

în care hidrosolul este de origină marină sau are concentrații asemănătoare. Dependența constantei de atenuare a frecvenței și implicit a vitezei de propagare  $c$  în apă se redă în fig.II-1 și fig.II-2 după Tarnaczy.

#### 2.4. SEDIMENTAREA DISPERSOIZILOR SFERICI DIN SISTEMELE

##### MONODISPERSE INTR-UN CÎMP HIDROSONIC, HIDRODINAMIC ȘI GRAVIT

S-a arătat în cap.1, p.4,5 și 7 și cap.2 p.1 că dispersoizii TION (particulele) din mediile de dispersie sînt de formă anizometrică sau sferoidă și că procesul de agregare-sedimentare depinde de mai mulți parametri. Pentru cazul sistemelor monodisperse, dispersoizii sferici (din sticlă) avînd :

$$Re < 1 \quad \text{și} \quad d_{lim} \leq 10^6 \text{Å} = 0,01 \text{cm} \quad (I-95), (I-96)$$

Stokes a calculat ecuația sedimentării particulelor (I-94). De fapt cum arată [33,146], calculul s-a efectuat cu bile avînd  $d = 10^6 \text{Å}$ , și s-a admis ca valabil și pentru  $d < 10^6 \text{Å}$ . În cele ce urmează se prezintă într-o viziune extinsă conformă cu rezultatele cercetărilor de pînă acum și personală modul de producere a fenomenului de sedimentare a dispersoizilor într-un mediu de dispersie, atunci cînd pe lîngă parametri naturali acționează și un cîmp hidrosonic.

2.4.1. Interacțiunile dispersoizilor pot fi grupate în :

2.4.1.1. Interacțiunile dintre dispersoizi și mediul de dispersie, considerînd dispersoizii independenți. Ele sînt de natură fizică (forțe cinetico-moleculare) și fizico-chimică (forțe de chemosorbție etc.).

2.4.1.2. Interacțiunile dintre dispersoizi, ce au loc în cazul ciocnirilor eficiente (neelastice), cînd pe lîngă forțele de la 2.4.1.1. apar și forțe electrostatice, hidrodinamice (de despicare) etc.

2.4.1.3. Interacțiunile dintre dispersoizi și cîmpurile de forțe externe suprapuse peste mediul de dispersie lichid (apa), adică în cazul analizat ; forța gravitațională, forțe hidrostactice (arhimedice) și hidrodinamice, forțe termice și forțe acustice.

Interacțiunile de tipul (2-4.1.1) și (2-4.1.2) au un caracter în general aleator, cu excepția forțelor de difuzie care se orientează sub acțiunea unui gradient de concentrație, cînd datorită presiunii osmotice există tendința omogenizării sistemului dispers și a forțelor electrostatice și hidrodinamice (de despicare). Interacțiunile de tipul (2-4.1.3) sînt orientate și cu excepția gravitației orientabile.

Evident că pentru realizarea sedimentării, sau în general a căderii unei particule pe verticală, este recomandabil ca suma forțelor aleatoare să fie nulă și rezultanta forțelor dirijate să fie capabilă

să asigure căderea dispersoidului pe verticală în ritm accelerat adică de ordinul secundelor sau cel mult al minutelor.

2.4.2. În ipoteza de mai sus, adică când rezultanta forțelor aleatoare e nulă sau măcar neglijabilă față de forțele orientate și considerînd un sistem de axe în care sensul (+) coincide cu sensul accelerației gravitaționale se analizează în continuare forțele orientate.

2.4.2.1. Forțele de difuzie

Se cunoaște că forțele de difuzie, pe unitatea de volum sînt proporționale cu gradientul presiunii osmotice  $p_0$  a sistemului dispers /33,58,90,102,103,146/, adică :

$$\vec{F}'_D = -grad p_0 \quad \left\langle \frac{N}{m^3} \right\rangle \quad (II-46)$$

Iar potrivit legii lui van't Hoff

$$p_0 = C \cdot R \cdot T \quad \left\langle \frac{N}{m} \right\rangle \quad (II-47)$$

Dacă temperatura absolută T :

$$T = const \quad \left\langle ^\circ K \right\rangle \quad (II-48)$$

și cum constanta universală a gazelor R :

$$R = 8,3143 \cdot 10^3 \quad \left\langle \frac{J}{kmol, ^\circ K} \right\rangle \quad (II-49)$$

sau :

$$R = k \cdot N \quad \left\langle \frac{J}{kmol, ^\circ K} \right\rangle \quad (II-50)$$

Constanta lui Boltzman :

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \quad \left\langle \frac{J}{^\circ K} \right\rangle \quad (II-51)$$

Iar numărul lui Avogadro :

$$N = 6,0254 \cdot 10^{26} \quad \left\langle kmol^{-1} \right\rangle \quad (II-52)$$

Rezultă că forțele de difuzie (II-46) depind de gradientul de concentrație  $c$  și temperatură :

$$\vec{F}'_D = -RT grad c \quad \left\langle \frac{N}{m} \right\rangle \quad (II-53)$$

2.4.2.1.1. Pentru a sublinia ponderea și caracteristicile acestor forțe, se consideră o incintă de înălțime  $h$ , unitară (1 m) în care hidrosolul are la fund o concentrație  $c_F$  dublă față de cea de la suprafață  $c_S$ . Hidrosolul se consideră bidispers, avînd particulele A și B.

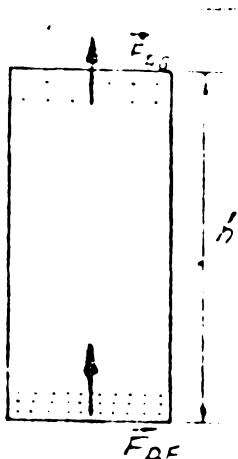


Fig. 2-3. Evidențierea forțelor de difuzie ce apar în hidrosol.

Se consideră două concentrații diferite. Astfel fie:

Dispersoidul A, avînd :

- densitatea  $\rho_A = 5000 \text{ kg/m}^3$  ;
- masa moleculară  $M = 60$  ;
- diametrul particulelor  $d = 0,20 \mu\text{m}$  respectiv var.II)  $d = 0,20 \text{ mm}$ .

Dispersoidul B, avînd :

- densitatea  $\rho_B = 1500 \text{ kg/m}^3$  ;
- masa moleculară  $M = 25$  ;
- diametrul particulelor  $d = 0,20 \mu\text{m}$  respectiv (var.II)  $d = 0,20 \text{ mm}$ .

Concentrațiile masice (m/V) se consideră pentru ambii dispersoizi A și B în 2 variante :

$$C_1 = \frac{1g}{dm^3} = \frac{1kg}{m^3} \quad \text{și} \quad C_2 = \frac{10g}{dm^3} = \frac{10kg}{m^3}$$

Temperatura hidrosolului se admite  $t = 18^\circ C$  sau  $T = 291^\circ K$  iar coeficientul dinamic de vîscozitate  $\eta$  va fi :

$$\eta = 1,066 \cdot 10^{-3} \text{ NA/m}^2$$

Acum concentrațiile la suprafață vor fi :

$$C_{SA_1} = 16,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{m^3} ; \quad C_{SA_2} = 166 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{m^3}$$

$$C_{SB_1} = 40 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{m^3} ; \quad C_{SB_2} = 400 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{m^3}$$

iar :

$$C_F = 2C = 2C_S = 2 \begin{vmatrix} C_{SA_1} & C_{SB_1} \\ C_{SA_2} & C_{SB_2} \end{vmatrix} \left\langle \frac{\text{kmol}}{m^3} \right\rangle \quad (\text{II-54})$$

cum :

$$|\text{grad } c| = \frac{C_F - C_S}{h} = \frac{C_S}{h} \quad (\text{II-55})$$

Forța de difuzie de la suprafață  $\vec{F}_{DS}$  va fi :

$$|\vec{F}'_{DS}| = -\frac{R \cdot T \cdot C_S}{h} \left\langle \frac{N}{m^3} \right\rangle \quad (\text{II-56})$$

Deoarece forța de difuzie pe particulă (dispersoid) este :

$$\vec{F}_D = \frac{\vec{F}'_D}{cN} = \frac{KT}{c} \text{ grad } c \quad \langle N \rangle \quad (\text{II-57})$$

Rezultă că se poate scrie (II-56) sub forma (II-58) ținînd seama de (II-50) și (II-57) :

$$|\vec{F}_D| = -\frac{RT}{C_S \cdot N} \cdot \frac{C_S}{h} = -\frac{RT}{N \cdot h} = -\frac{KT}{h} \left\langle N \right\rangle \quad (\text{II-58})$$

Iar forța de difuzie pe particulă (dispersoid) la fund :

$$|\vec{F}_{DF}| = -\frac{RT}{2C_S N} \frac{C_S}{h} = -\frac{KT}{2h} \left\langle N \right\rangle \quad (\text{II-59})$$

Se vede din ecuațiile (II-58) și (II-59) că forțele de difuzie pe particulă nu depind nici de concentrație și nici de dimensiunea particulei, ci numai de variația acestei concentrații de la un punct la altul, de temperatură și constanta lui Boltzman. Cu cît variația concentrației e mai mare la același (k.T), cu atît mai mare e variația forțelor de difuzie pe particule, adică :

$$|\vec{F}_{DS}| > |\vec{F}_{DF}| \quad \langle N \rangle \quad (\text{II-60})$$

De asemenea rezultă că în orice hidrosol (sistem coloidal) în care există un gradient de concentrație, forțele de dispersie devin orientate.

Variația forței de dispersie în exemplul considerat rezultă din:

$$F_{DS} = -40,2 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle ; \quad F_{DF} = -20,1 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$$

respectiv pentru o concentrație de 10 ori mai mare la fund :

$$F_{DS} = -361,8 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle ; \quad F_{DF} = -36,18 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$$

Dacă suplimentar se consideră temperatura  $t = 68^\circ C$  adică cu  $50^\circ C$  mai mare ca în exemplu anterior, valorile forțelor de difuzie pe particulă



devin :  $F_{DS} = -47,05 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$  ;  $F_{DF} = -23,3 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$

$F_{DS} = -423,5 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$  ;  $F_{DF} = -42,35 \cdot 10^{-22} \langle N \rangle$

In concluzie rezultă că la temperaturi normale :

$|\vec{F}_D| = (10^{-20} \dots 10^{-22}) \langle N \rangle$  (II-61)

2.4.2.2. Forța gravitațională și arhimedică, ce dau greutatea aparentă a particulei este :

$\vec{G} = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_a) \vec{g} \langle N \rangle$  (I-88)

2.4.2.2.1. Pentru a evidenția diametrul la care valoarea lui  $\vec{G}$  devine comparabilă cu  $\vec{F}_D$ , ca ordin de mărime se dau valorile  $\vec{G}$ , corespunzătoare la diverși diametrii d, pentru aceleași particule A și B în ,

Valorile  $\vec{G}$  la particule A, B

Tabelul II-6

d $\langle \text{Å} \rangle$	A	B
	$\vec{G} \langle N \rangle$	$\vec{G} \langle N \rangle$
$2 \cdot 10^6$	$164 \cdot 10^{-9} = 1,64 \cdot 10^{-7}$	$21 \cdot 10^{-9} = 2,1 \cdot 10^{-8}$
$2 \cdot 10^4$	$164 \cdot 10^{-18} = 1,64 \cdot 10^{-16}$	$21 \cdot 10^{-18} = 2,1 \cdot 10^{-17}$
$2 \cdot 10^2$	$164 \cdot 10^{-21} = 1,64 \cdot 10^{-19}$	$21 \cdot 10^{-21} = 2,1 \cdot 10^{-20}$
$2 \cdot 10$	$164 \cdot 10^{-24} = 1,64 \cdot 10^{-22}$	$21 \cdot 10^{-24} = 2,1 \cdot 10^{-23}$

Se vede că la densități uzuale ale dispersoizilor, forțele de difuzie  $F_D$  , nu mai pot fi neglijate în raport cu greutatea aparentă G, în cazul particulelor (dispersoizilor) ce au :

$d < (100 \dots 300) \text{ Å} \langle \text{Å} \rangle$  (II-62)

2.4.2.2. Forța de frecare a particulei (dispersoidului) în mediul de dispersie (Stokes) este dată de :

$\vec{F} = 3\pi d \eta \vec{v}_r \langle N \rangle$  (I-91)

2.4.2.2.1. Pentru a evidenția valorile de referință ale forței Stokes F, s-au determinat  $v_r \text{ max}$  (viteze maxime), ținând ca și Stokes seama de limita  $Re$ ,

$Re = 1$  (I-95)

Calculul  $v_r \text{ max}$  pentru  $Re = 1$

Tabelul II-7

d A	10	100=10 <sup>2</sup>	1000=10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
$v_r \text{ max}$ (m/s)	1066	106,6	10,66	$1,066 \cdot 10^{-2}$	$1,066 \cdot 10^{-3}$

In tabelul II-8, la diferite viteze  $v_r$  și diametrii d, se dau valorile forței Stokes  $\langle N \rangle$

Valorile forței Stokes  $F < N >$

Tabelul II-8

$v_r$ \ d	2 mm	0,2 mm	20 $\mu$	2 $\mu$	0,2 $\mu$	200 Å	20 Å
1 mm/s	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$
0,1 mm/s	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^{-15}$
0,01 mm/s	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-16}$
1 $\mu$ /s	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{-17}$
1 Å/s	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{-17}$	$2 \cdot 10^{-18}$	$2 \cdot 10^{-19}$	$2 \cdot 10^{-20}$	$2 \cdot 10^{-19}$

Se vede că într-un hidrosol în stare de repaus (hidrostatic) :

- Sedimentarea gravitațională este practică adică de ordinul secundelor sau cel mult a minutelor la diametru d

$$d > 10 \mu = 10^5 \text{Å} \quad (\text{II-63})$$

- Influența greutății aparente G pentru diametre d,

$$d < 100 \text{Å} \quad (\text{II-64})$$

este neglijabilă, chiar și fără considerarea influenței suprafeței superficiale  $S_s$ .

- Sedimentarea gravitațională este eficientă pentru particule avînd diametru

$$d > 10^6 \text{Å} = 0,1 \text{mm} \quad (\text{II-65})$$

- Forțele de frecare Stokes  $\vec{F}$  sînt mari în comparație cu G, la viteze relative  $v_r$

$$v_r \geq 1 \text{mm/s} \quad (\text{II-66})$$

- Din *relatiile I-33 și I-94* rezultă că în timp ce  $\vec{G}$  scade cu puterea a 3-a,  $|\vec{F}|$  scade numai cu puterea 1-a <sup>aliniat</sup> astfel că doar la viteze de ordinul Å/s,  $|\vec{F}|$  are același ordin de mărime cu  $|\vec{F}_s|$ , în rest  $|\vec{F}|$  este întotdeauna mai mare decît  $|\vec{F}_D|$  deci pentru particule cu diametrul d

$$d > 100 \text{Å} \quad |\vec{F}| \gg |\vec{F}_D| \quad |\vec{G}| \gg |\vec{F}_D| \quad (\text{II-67})$$

și  $F_D$  se poate neglija în raport de  $|\vec{G}|$  și  $|\vec{F}|$

### 2.4.2.3. Forțe electrice

Sînt în general de natură electrostatică (stratul Helmholtz-Stern) și parțial dinamice (stratul difuz Gony-Chapmann)

$$\vec{F}_e = \sum \vec{E} \quad (\text{II-67'})$$

unde :

$Q$  este sarcina electrică netă a particulei iar

$E$  este intensitatea cîmpului electric suprapus peste mediul de dispersie.

În ipotezele Stokes, admise, și de autor în acest paragraf, adică cînd se consideră pe lîngă celelalte ipoteze menționate că particulele

nu se interacționează rezultanta forțelor electrice e nulă, la particula sferică, într-un hidrosol natural, deci când nu există un câmp electric dirijat sau accidental.

2.4.2.4. Forța de presiune acustică  $F_A$

Se cunoaște /12,87,88,139/ că presiunea netă cu care o undă plană acționează asupra unității de suprafață a unui dispersoid sferic de diametru  $d$  este :

$$p_i = p_{omax} \cdot e^{\frac{1}{2}(i \cdot k \cdot d \cos \theta)} \cdot e^{-i\omega t} \quad \langle \frac{N}{m^2} \rangle \quad (II-68)$$

unde  $\theta$  este unghiul ce indică latitudinea punctului de incidență pe suprafața sferei, iar :

$$\vec{F}_A = \frac{2\pi r^2 p_{omax}}{\sqrt{[\frac{1}{kr} + (1 + \frac{1}{2}\beta)]^2 [kr(1+\beta)]^2}} \cdot \frac{\vec{k}}{k} \quad \langle N \rangle \quad (II-69)$$

unde :

$$r = d/2 \text{ este raza sferei de diametru } d \langle m \rangle \quad (II-70)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{c} \text{ este numărul de unde } \langle m^{-1} \rangle \quad (II-71)$$

$\vec{k}$  este vectorul de unde avînd direcția și sensul propagării undei plane pe care o reprezintă  $\langle m^{-1} \rangle$  ;

$\vec{k}/k$  este versorul direcției și sensul de propagare a undei plane ;

$$\text{iar : } \beta = \frac{1}{Z} = \frac{v_{max}}{p_{omax}} \cdot \rho \cdot c \quad (II-72)$$

este admitanța acustică.

$\rho$  - densitatea de echilibru a mediului de dispersie  $\langle kg/m^3 \rangle$  ;

$c$  - viteza de propagare a undei acustice  $\langle m/s \rangle$  ;

$I$  - intensitatea acustică medie  $\langle W/m^2 \rangle$  .

Tinînd seama de relațiile (II-13), (II-70), relația (II-69) devine:

$$\vec{F}_A = \frac{\pi d^2 \sqrt{2\rho \cdot c \cdot I}}{2 \sqrt{[\frac{2}{kd} + (1 + \frac{1}{2}\beta)]^2 + [\frac{kd}{2}(1+\beta)]^2}} \cdot \frac{\vec{k}}{k} \quad \langle N \rangle \quad (II-73)$$

Admitanța acustică , reflectă elasticitatea sau duritatea dispersoizilor. Într-adevăr la aceiași  $p_a \max$  :

$$v_{max} = 0 \text{ pentru particule rigide } \beta = 0 ;$$

$$v_{max} = v'_{max} \text{ pentru particule moi (gaz) și } \beta \rightarrow 1 , \text{ adică :}$$

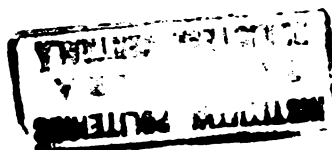
$$0 \leq \beta < 1 \quad (II-74)$$

În acest context, dacă se admite particula rigidă relația (II-70) devine :

$$\vec{F}_A = \frac{\pi d^2 \sqrt{2\rho \cdot c \cdot I}}{2 \sqrt{(\frac{2}{kd} + 1)^2 + (\frac{kd}{2})^2}} \cdot \frac{\vec{k}}{k} \quad (II-75)$$

Deoarece particulele (dispersoizii) sînt mici în comparație cu lungimea de undă  $\lambda$ , adică :

$$\frac{kd}{2} = \frac{\pi d}{\lambda} \ll 1 \quad (II-76)$$



Relația (II-75) devine prin neglijarea termenului  $kd/2$ , și considerarea relației (II-71) și (II-14) :

$$|\vec{F}_{Amax}| = \frac{\pi^2 d^3 f}{2} \sqrt{\frac{2\rho I}{c}} \left| \frac{k}{k} \right| = \frac{\pi^2 d^2 f}{2c} \rho_{amax} \langle N \rangle \dots \dots \quad (II-77)$$

În cazul când admitanța acustică  $\beta$  :

$$\beta = 1 \quad (II-78)$$

Se obține din relația (II-73) relația (II-79), adică forța de presiune acustică minimă :

$$\vec{F}_{Amin} = \frac{\pi k d^2 \sqrt{2\rho c I}}{2\sqrt{4+3kd+2,25k^2d^2+k^4d^4}} \cdot \frac{k}{k} \quad (II-79)$$

Este interesant de observat că între  $\vec{F}_{Amax}$  și  $\vec{F}_{Amin}$  există o diferență mică, ce se poate neglija în unele cazuri.

Astfel dacă în relația (II-79) se neglijează termenii  $kd, k^2, d^2$  și  $k^4d^4$  ca fiind foarte mici, rezultă :

$$F_{Amax} = F_{Amin} = \frac{\pi^2 f d^3}{2} \sqrt{\frac{2\rho I}{c}} \cdot \frac{k}{k} = \frac{\pi^2 d^2 f}{2c} \rho_{amax} \quad (II-789)$$

2.4.2.4.1. Un calcul numeric va evidenția ordinul de mărime a  $\vec{F}_A$ , în cazul particulelor de tipul A și B, cum se vede în tabelul II-9.

În instalația experimentală  $\vec{G}$  și  $\vec{F}_A$  au același sens și direcție. Se mai constată că e mai evident de prezentat valoric raportul  $\vec{F}_A/\vec{G}$  decât  $\vec{F}_A$  ( $\vec{G} \downarrow \vec{F}_A$ )

$$\left| \frac{\vec{F}_A}{\vec{G}} \right| = \frac{3\pi f \sqrt{2\rho I}}{(\rho_p - \rho_0)g} \quad (II-79)$$

Raportul (II-79) nu mai depinde de diametrul particulei .

Unele valori ale raportului  $|\vec{F}_A|/|\vec{G}|$

Tabelul II-9

I $\left\langle \frac{W}{cm^2} \right\rangle$	A			B		
	frecvența f < kHz >			frecvența f < kHz >		
	25	20	15	25	20	15
0,1	222,0	177,7	70,2	1778	1423	1067
0,01	70,2	56,2	42,1	562,5	450	337,5

Este evident că :

- Aportul forței de presiune acustice crește proporțional cu radical de ordinul 2 din intensitatea acustică  $I$  și frecvența  $f$ .
- Acțiunea forței de presiune acustică  $\vec{F}_A$  este considerabil mai mare decât a forței  $\vec{G}$ , în acțiunea de sedimentare, fiind cu atât mai mare cu cât particula (dispersoidul) are densitate mai mică.

2.4.3. Ecuatia sedimentării dispersoizilor sferici din sisteme monodisperse într-un câmp gravitațional hidrodinamic și acustic progresiv, mediul de dispersie fiind lichid

Se face observația că în relația (I-91), forța de frecare Stokes este funcție și de viteza relativă  $\vec{v}_r$ .

Cum viteza curentului hidrodinamic  $\vec{v}$  este diferită de viteza particulelor  $\vec{v}_p$  rezultă că :

$$\vec{v}_r = (\vec{v}_p - \vec{v}) \quad (II-80)$$

Valoarea vitezei  $\vec{v}$  se calculează din ecuațiile Navier-Stokes sau se măsoară direct sau indirect așa cum s-a procedat în prezenta lucrare. Ținând seama de relația (II-80) relația (I-91) devine :

$$\vec{F} = 3\pi d\eta(\vec{v}_p - \vec{v}) \quad (II-81)$$

Ecuatia de echilibru dinamic a unei particule, în ipotezele Stokes și în câmp hidroacustic și gravitațional este dată de :

$$\vec{F}_D + \vec{F} + \vec{G} + \vec{F}_A = 0 \quad \langle N \rangle \quad (II-82)$$

sau :

$$-\frac{\rho T \text{grad} c}{c.N} + \frac{\pi d^3}{6}(\rho_p - \rho_0)g - 3\pi d\eta(\vec{v}_p - \vec{v}) + \frac{\pi d^2 \sqrt{2\rho_a \cdot c \cdot I} \frac{\vec{k}}{k}}{2 \sqrt{\frac{2}{kd} + (1 + \frac{1}{2}\beta)}^2 + [\frac{kd}{2}(1+\beta)]^2} \quad (II-83)$$

În cazul unei unde acustice plane progresive, adică :

$$\vec{k} \parallel \vec{g} \quad (II-84)$$

și ținând seama de relația (II-51), relația (II-83) devine scalară :

$$(II-85)$$

$$-\frac{k \cdot I}{c} |\text{grad} c| + \frac{\pi d^3}{6}(\rho_p - \rho_0)g - 3\pi d\eta(v_p - v) + \frac{\pi d^2 \sqrt{2\rho_a \cdot c \cdot I}}{2 \sqrt{\frac{2}{kd} + (1 + \frac{1}{2}\beta)}^2 + [\frac{kd}{2}(1+\beta)]^2}$$

într-o soluție omogenă :

$$|\text{grad} c| = 0 \quad (II-85)$$

Relația (II-84) cu condiția (II-85) servește într-o primă fază la determinarea vitezei de cădere a particulei  $v_p$  sub acțiunea câmpului hidrosonic și hidrodinamic astfel :

$$(II-86)$$

$$v_p = v + \frac{\pi d^3}{18\eta}(\rho_p - \rho)g + \frac{d \sqrt{2\rho_a \cdot c \cdot I}}{6\eta \sqrt{\frac{2}{kd} + (1 + \frac{1}{2}\beta)}^2 + [\frac{kd}{2}(1+\beta)]^2}$$

Evident că în momentul începerii sedimentării intervine și termenul datorită difuziei (v.II-84) și relația (II-86) se modifică.

Se mai observă că în regim hidrostatic când :

$$v = 0 \quad (II-87)$$

respectiv dacă nu există un câmp ultrasonic (acustic) relația (II-86)

capătă forma cunoscută (I-92).

Dacă în ecuația (II-86) se ține seama de relația (II-76) rezultă :

$$v_c = v_p = v + \frac{\pi d^2}{18} (\rho_p - \rho_0) + \frac{\pi d^2 f}{6 \eta} \sqrt{\frac{2 \rho_0 I}{c}} \left\langle \frac{m}{s} \right\rangle \quad (\text{II-88})$$

care este de fapt relația practică folosibilă pentru determinarea vitezei de cădere a particulei într-un mediu de dispersie (apă) sub acțiunea gravitației, forței arhimedice și a unui câmp hidrodinamic și hidrosustic progresiv.

În tabelul II-10 s-a considerat cazul particulei de tip B și se calculează viteza de cădere a particulei în condiții variate, variabilele fiind diametrul  $d \langle \text{Å} \rangle$ , frecvența acustică  $\langle \text{kHz} \rangle$ ; viteza mediului de dispersie  $v \langle \mu\text{s}, \text{mm/s} \rangle$  și intensitatea acustică  $I \langle \text{W/cm}^2 \rangle$ .

Viteza mediului de dispersie s-a considerat în 2 variante

$$\vec{v} \downarrow \downarrow \vec{g} \quad \text{și} \quad \vec{v} \uparrow \downarrow \vec{g} \quad (\text{II-89})$$

Din analiza rezultatelor se desprind următoarele concluzii

1 - Viteza de cădere a particulelor  $v_p$  este întotdeauna mai mare în câmp hidrodinamic ( $\vec{v} \downarrow \downarrow \vec{g}$ ) și hidrosonic decât numai în câmp gravitațional.

2 - În cazul când viteza hidrosolului ( $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{g}$ ), particulele sînt antrenate în sus pînă la :

$$d \leq 10^4 \text{ Å} \quad \text{și} \quad I \leq 0,1 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \quad (\text{II-90})$$

3 - În regim hidrostatic, adică :

$$v = 0 \quad (\text{II-91})$$

viteza de cădere a particulelor în câmp gravitațional și ultrasonic față de viteza de cădere în câmp gravitațional este mult mai mare.

4 - În ansamblu se observă că, cu excepția unor cazuri când  $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{g}$ , și când acțiunea gravitațională și ultrasonică nu e eficientă în condițiile date, prin modificarea favorabilă a direcției vitezei  $\vec{v}$ , sedimentarea este mai accelerată.

Aceasta înseamnă că folosind regimul hidrodinamic în montajul cu incinte de tipul 1, pentru a obține sedimentarea trebuie să nu se depășească valoarea vitezelor critice care provoacă difuzia și mișcarea turbulentă în incintă. Dar chiar și în astfel de cazuri, în anumite condiții ( $d, Re, v, I$ ), se produce sedimentarea, chiar și a particulelor coloidale datorită fenomenelor de agregare cum se va arăta în cap. 2.8 și 4.

5 - În tabelul II-10 s-au folosit intensități :

$$I \leq 0,1 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \quad (\text{II-92})$$

deoarece, acestea s-au dovedit suficiente pentru a accelera sedimen-

# Calculul vitezei de cădere a dispersiizilor

$v_p$  ( $\frac{mm}{s}$ ) în câmp gravitațional, hidrostatic și

și ultrasonic cazul particulei de tip

$$B (\rho = 1500 \text{ kg/m}^3) \text{ } t = 18^\circ C$$

$\omega$	$f$ (kHz)	$d$ (Å)	$10^{-3} \left( \frac{v}{cm^2} \right)$			$10^{-1} \left( \frac{v}{cm^2} \right)$			
			0	15	20	25	15	20	25
0	10	10	$0.255 \cdot 10^{-9}$	$27.5 \cdot 10^{-9}$	$36.8 \cdot 10^{-9}$	$45.6 \cdot 10^{-9}$	$272.9 \cdot 10^{-9}$	$363.8 \cdot 10^{-9}$	$454.7 \cdot 10^{-9}$
0	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	$0.255 \cdot 10^{-7}$	$27.5 \cdot 10^{-7}$	$36.8 \cdot 10^{-7}$	$45.6 \cdot 10^{-7}$	$272.9 \cdot 10^{-7}$	$363.8 \cdot 10^{-7}$	$454.7 \cdot 10^{-7}$
0	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	$0.255 \cdot 10^{-5}$	$27.5 \cdot 10^{-5}$	$36.8 \cdot 10^{-5}$	$45.6 \cdot 10^{-5}$	$272.9 \cdot 10^{-5}$	$363.8 \cdot 10^{-5}$	$454.7 \cdot 10^{-5}$
0	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	$0.255 \cdot 10^{-3}$	$27.5 \cdot 10^{-3}$	$36.8 \cdot 10^{-3}$	$45.6 \cdot 10^{-3}$	$272.9 \cdot 10^{-3}$	$363.8 \cdot 10^{-3}$	$454.7 \cdot 10^{-3}$
0	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	$0.255 \cdot 10^{-1}$	$27.5 \cdot 10^{-1}$	$36.8 \cdot 10^{-1}$	$45.6 \cdot 10^{-1}$	$272.9 \cdot 10^{-1}$	$363.8 \cdot 10^{-1}$	$454.7 \cdot 10^{-1}$
0	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	$0.255 \cdot 10$	$27.5 \cdot 10$	$36.8 \cdot 10$	$45.6 \cdot 10$	$272.9 \cdot 10$	$363.8 \cdot 10$	$454.7 \cdot 10$
0	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	$0.255 \cdot 10^3$	$27.5 \cdot 10^3$	$36.8 \cdot 10^3$	$45.6 \cdot 10^3$	$272.9 \cdot 10^3$	$363.8 \cdot 10^3$	$454.7 \cdot 10^3$
+1 μ/s	10	10	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$
-1 μ/s		10	$-1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$
+1 μ/s	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.002 \cdot 10^{-3}$	$1.003 \cdot 10^{-3}$	$1.004 \cdot 10^{-3}$	$1.027 \cdot 10^{-3}$	$1.036 \cdot 10^{-3}$	$1.045 \cdot 10^{-3}$
-1 μ/s		10 <sup>2</sup>	$-1.000 \cdot 10^{-3}$	$-0.997 \cdot 10^{-3}$	$-0.975 \cdot 10^{-3}$	$-0.975 \cdot 10^{-3}$	$-0.973 \cdot 10^{-3}$	$-0.963 \cdot 10^{-3}$	$-0.954 \cdot 10^{-3}$
+1 μ/s	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	$1.002 \cdot 10^{-3}$	$1.275 \cdot 10^{-3}$	$1.363 \cdot 10^{-3}$	$1.456 \cdot 10^{-3}$	$3.729 \cdot 10^{-3}$	$4.633 \cdot 10^{-3}$	$5.547 \cdot 10^{-3}$
-1 μ/s		10 <sup>3</sup>	$0.997 \cdot 10^{-3}$	$-0.725 \cdot 10^{-3}$	$-0.632 \cdot 10^{-3}$	$-0.544 \cdot 10^{-3}$	$1.729 \cdot 10^{-3}$	$2.633 \cdot 10^{-3}$	$3.547 \cdot 10^{-3}$
+1 μ/s	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	$1.225 \cdot 10^{-3}$	$28.5 \cdot 10^{-3}$	$37.8 \cdot 10^{-3}$	$46.6 \cdot 10^{-3}$	$273.9 \cdot 10^{-3}$	$364.8 \cdot 10^{-3}$	$455.7 \cdot 10^{-3}$
-1 μ/s		10 <sup>4</sup>	$0.775 \cdot 10^{-3}$	$26.5 \cdot 10^{-3}$	$35.2 \cdot 10^{-3}$	$44.6 \cdot 10^{-3}$	$271.9 \cdot 10^{-3}$	$362.8 \cdot 10^{-3}$	$453.7 \cdot 10^{-3}$
+1 μ/s	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	$25.6 \cdot 10^{-3}$	2.75	3.68	4.56	27.3	36.3	45.4
-1 μ/s		10 <sup>5</sup>	$25.4 \cdot 10^{-3}$	2.75	3.68	4.56	27.3	36.3	45.4
+1 μ/s	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	2.55	2.75	3.68	4.56	$2.73 \cdot 10^3$	$3.63 \cdot 10^3$	$4.54 \cdot 10^3$
-1 μ/s		10 <sup>6</sup>	2.55	2.75	3.68	4.56	$2.73 \cdot 10^3$	$3.63 \cdot 10^3$	$4.54 \cdot 10^3$
+1 μ/s	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	$2.55 \cdot 10^2$	$27.5 \cdot 10^3$	$36.8 \cdot 10^3$	$45.6 \cdot 10^3$	$273 \cdot 10^3$	$363 \cdot 10^3$	$454 \cdot 10^3$
-1 μ/s		10 <sup>7</sup>	$2.55 \cdot 10^2$	$27.5 \cdot 10^3$	$36.8 \cdot 10^3$	$45.6 \cdot 10^3$	$273 \cdot 10^3$	$363 \cdot 10^3$	$454 \cdot 10^3$
+1 μ/s	10	10	1	1	1	1	1	1	
-1 μ/s		10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
+1 μ/s	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1	
-1 μ/s		10 <sup>2</sup>	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
+1 μ/s	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	1	1	1	1.002	1.003	1.004
-1 μ/s		10 <sup>3</sup>	-1	-1	-1	-1	-0.977	-0.975	-0.975
+1 μ/s	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	1	1.027	1.036	1.045	1.273	1.363	1.454
-1 μ/s		10 <sup>4</sup>	-1	-0.973	-0.963	-0.954	-0.787	0.633	-0.545
+1 μ/s	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	1.025	3.75	4.53	5.56	25.3	37.3	45.4
-1 μ/s		10 <sup>5</sup>	-0.975	1.75	2.68	3.56	26.3	35.3	45.4
+1 μ/s	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	3.550	376	369	457	$2.73 \cdot 10^3$	$3.63 \cdot 10^3$	$4.54 \cdot 10^3$
-1 μ/s		10 <sup>6</sup>	4.55	274	367	454	$2.73 \cdot 10^3$	$3.63 \cdot 10^3$	$4.54 \cdot 10^3$
+1 μ/s	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	256	$27.5 \cdot 10^3$	$36.8 \cdot 10^3$	$45.6 \cdot 10^3$	$273 \cdot 10^3$	$363 \cdot 10^3$	$454 \cdot 10^3$
-1 μ/s		10 <sup>7</sup>	254	$27.5 \cdot 10^3$	$36.8 \cdot 10^3$	$45.6 \cdot 10^3$	$273 \cdot 10^3$	$363 \cdot 10^3$	$454 \cdot 10^3$

Calculul timpului de cădere a particulei pe distanța unitară (1m),  $t$  (s) în cîmp gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic în cazul particulei de tip B' ( $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$ ) și la  $t = 10^\circ\text{C}$

Tabelul 2-14

I $\frac{W}{\text{cm}^2}$		0		$10^{-3} < \frac{W}{\text{cm}^2} >$			$10^{-1} < \frac{W}{\text{cm}^2} >$		
		UM	Q	15	20	25	15	20	25
0	10	an	141708	1159	866	699	117	88	70
0	$10^2$	an	1417	11,59	8,66	6,99	1,17	0,88	0,7
0	$10^3$	zi	5146,5	42	31	25	4,2	3,1	2,5
0	$10^4$	h	1224	10,1	7,5	6	1	0,66	0,53
0	$10^5$	min	738	6,06	4,5	3,6	0,52	0,45	0,40
0	$10^6$	s	4,44	3,6	2,7	2,2	0,36	0,27	0,22
0	$10^7$	s	4,4	$3,60 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
1 $\mu\text{/s}$	10	zi	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
-1 $\mu\text{/s}$		zi	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5
1 $\mu\text{/s}$	$10^2$	zi	11,5	11,5	11,5	11,5	11,2	11,1	11,0
-1 $\mu\text{/s}$		zi	-11,5	-11,6	-11,6	-11,6	-11,8	-12	-12,1
1 $\mu\text{/s}$	$10^3$	zi	11,5	9	8,4	7,9	3,1	2,5	2,0
-1 $\mu\text{/s}$		zi	-11,6	-16	-18,3	-21,2	6,7	4,3	3,2
1 $\mu\text{/s}$	$10^4$	h	225,6	9,7	7,3	5,9	1,0	0,67	0,53
-1 $\mu\text{/s}$		h	-357,6	-10,7	-7,7	-6,2	1,0	0,68	0,59
1 $\mu\text{/s}$	$10^5$	s	38880	360	270	216	36	27	22
-1 $\mu\text{/s}$		s	39240	360	270	216	36	27	22
1 $\mu\text{/s}$	$10^6$	s	390	3,6	2,7	2,2	0,36	0,27	0,22
-1 $\mu\text{/s}$		s	390	3,6	2,7	2,2	0,36	0,27	0,22
1 $\mu\text{/s}$	$10^7$	s	3,9	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
-1 $\mu\text{/s}$		s	3,9	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
1 $\text{mf/s}$	10	min	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
-1 $\text{mf/s}$		min	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6
1 $\text{mf/s}$	$10^2$	min	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
-1 $\text{mf/s}$		min	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6	-16,6
1 $\text{mf/s}$	$10^3$	min	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
-1 $\text{mf/s}$		min	-16,6	-16,6	-16,6	-16,7	-16,7	-16,7	-16,7
1 $\text{mf/s}$	$10^4$	min	16,6	16,6	16,0	15,9	13,0	12,2	11,4
-1 $\text{mf/s}$		min	-16,6	-17,1	-17,3	-17,4	-22,9	-22,6	-30,5
1 $\text{mf/s}$	$10^5$	s	996	264	210	180,0	35	28,3	21,5
-1 $\text{mf/s}$		s	-2020	570	372	276	38	28,3	23
1 $\text{mf/s}$	$10^6$	s	282	3,6	2,7	2,2	0,36	0,27	0,22
-1 $\text{mf/s}$		s	282	3,6	2,7	2,2	0,36	0,27	0,22
1 $\text{mf/s}$	$10^7$	s	3,9	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
-1 $\text{mf/s}$		s	3,9	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$



tarea particulelor coloidale, iar la :

$$I \geq (0,2 \dots 0,6) \frac{\sqrt{I}}{cm^2} \quad (II-93)$$

în condițiile frecvențelor folosite se produce cavitația acustică, care de regulă (v. cap. 4) provoacă fenomene contrare de dispersie, emulsionare, difuzie etc.

De asemenea s-au folosit viteze ale curentului mediului de dispersie  $v$ ,

$$v = 1 \frac{\mu m}{s} \quad \text{și} \quad v = 1 \frac{mm}{s} \quad (II-94)$$

6 - În tabelul II-11 s-a calculat, folosind aceleași mărimi ca variabile, timpul de cădere pe distanța unitară (1 m) și cu aceeași variație a valorilor acestora, rezultatele fiind evident în concordanță cu tabelul II-10.

Se constată că în general timpul de sedimentare scade în regim hidrostatic chiar la particule mici d avînd :

$$d \leq 10^4 \text{ \AA} ; \text{ de } 2024,4 \text{ ori} \quad (II-93)$$

și că folosind intensități mai mari, la frecvențe mai mari pentru a nu se produce cavitația se poate reduce acest timp în așa fel încît metoda ultrasonică să devină o metodă mai competitivă decît electroforesa.

Această problemă cu largi aplicații în medicină, biologie și farmacologie se prevede a se dezvolta în faza a 2-a a programului experimental.

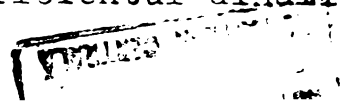
7 - În câmp gravitațional hidrodinamic și ultrasonic efectul intensităților acustice folosite pentru :

$$\begin{aligned} d \leq 10^2 \text{ \AA} & \quad v = 1 \mu m/s \\ d \leq 10^3 \text{ \AA} & \quad v = 1 mm/s \end{aligned} \quad (II-94)$$

nu este sensibil. Se precizează totuși că folosirea chiar a acestor intensități este indirect favorabilă sedimentării cum se arată la capitolul (2-8), prin efectul de agregare produs asupra acestor particule și ca urmare crescînd diametrul lor, sedimentarea este mult accelerată și datorită influenței forțelor de presiune acustică.

8 - Deși în exemplul prezentat s-a folosit numai cazul particulelor cu densitate medie ( $1500 \text{ kg/m}^3$ ) este evident că în cazul particulelor mai grele rezultatele vor fi mai bune în ce privește sedimentarea. În schimb (v. 2-8), coagularea va fi favorizată în cazul particulelor moi și implicit crescînd diametrul și scăzînd suprafața de separație, crește și sedimentarea. Se menționează că valorile  $v_p$  din ultimul aliniat a tabelelor II-10 și II-11 nu au sens fizic, diametrul fiind mai mare decît cel admis prin ipoteze.

9 - De asemenea efectul sedimentării în condițiile ecuației (II-36) variază și cu temperatura știut fiind că coeficientul dinamic



de vîscozitate variază cu temperatura, datorită variației coeficientului cinematic de vîscozitate  $\eta$ , care se știe este după Poisseuille :

$$\eta = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337t + 0,00022t^2} \quad \left\langle \frac{m^2}{s} \right\rangle \quad (II-95)$$

Deoarece  $\eta$  scade cu temperatura este evident că efectul de sedimentare crește, potrivit ecuației (II-86).

Din cele prezentate rezultă clar că sedimentarea în câmp hidrodinamic și ultrasonic, favorabil dirijat peste câmpul gravitațional, este de departe mai favorabilă față de sedimentarea naturală.

## 2.5. LEGEA HIPSOMETRICA SAU BAROMETRICA LAPLACE+PERRIN GENERALIZATA PENTRU UN CIMP GRAVITATIONAL, HIDRODINAMIC SI HIDROSONIC.

S-a arătat în relația (I-124)

$$C_2 = C_1 \cdot e^{-\frac{m_0 g}{kT} (x_2 - x_1)} \quad (I-124)$$

reprezintă legea echilibrului în câmp gravitațional dintre forțele de difuzie  $\vec{F}_D$

$$\vec{F}_D = \frac{kT}{c} g \text{ grad } c \quad (II-57)$$

și forța rezultantă dintre forța gravitațională și forța arhimedică

$$\vec{G} = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_0) \vec{g} \quad (I-88)$$

Același rezultat se obține și pornind de la ecuația sedimentării.

Astfel în cazul considerării și a unui câmp hidrodinamic și hidrosonic suprapuse peste câmpul gravitațional și pornind de la relația (II-83) în care termenul  $F_A$  se ia conform relației (II-78), atunci când se termină sedimentarea dispersoizilor (particulelor), avem :

$$v_p = 0 \quad (II-96)$$

$$|g \text{ grad } c| = -\frac{dc}{dx} = \frac{c}{kT} \left[ \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_0) g + 3\pi d \eta v + \frac{d^3 \pi^2 f}{2} \sqrt{\frac{2\rho_0 I}{c}} \right] \quad (II-97)$$

Prin integrare rezultă :

$$c = c_0 \cdot e^{-\frac{x}{kT} \left[ \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_0) g + 3\pi \cdot d \eta \cdot v + \frac{\pi^2 d^3 f}{2} \sqrt{\frac{2\rho_0 I}{c}} \right]} \quad (II-98)$$

Se vede ușor că dacă câmpul hidrodinamic și hidrosonic este nul se obține tocmai relația (I-24).

Pentru aplicații practice, prezintă interes raportul dintre concentrații, de exemplu raportul dintre concentrația molară de la nivelul de referință  $x = 0$ ,  $C_0$ , adică de la fund și concentrația molară la distanța  $x$  de punctul de referință  $c$ .

$$\frac{C_0}{c} = e^{\frac{x}{kT} \left[ \frac{\pi d^3}{6} (\rho_p - \rho_0) g + 3\pi \cdot d \eta \cdot v + \frac{\pi^2 d^3 f}{2} \sqrt{\frac{2\rho_0 I}{c}} \right]} \quad (II-99)$$

Timpul după care se atinge un gradient de concentrație sau timpul de sedimentare se poate deduce ținând seama de următoarele ipoteze :

- Viteza de cădere a particulelor  $v_p$ , este aproape egal cu :

$$\bar{v}_p \approx \bar{v}_c \quad . \quad (II-100)$$

mărimea hidraulică a particulelor  $v_c$ .

Această ipoteză nu ține seama de forțele difuzie care după ce se produce o creștere a concentrației la bază, acționează în sens contrar căderii, frînând  $v_p$ . Dacă s-ar ține seama de  $F_D$ , s-ar putea considera acoperitor pentru viteza medie  $\bar{v}_p$ ,

$$\bar{v}_p = \frac{1}{2} v_p \quad \left\langle \frac{m}{s} \right\rangle \quad . \quad (II-101)$$

- Timpul de sedimentare unitar va fi :

$$t_s = \frac{x}{\bar{v}_p} = \frac{1}{\bar{v}_p} \quad \left\langle s \right\rangle \quad (II-102)$$

- Timpul de sedimentare maxim (acoperitor) pe baza relației (II-101) este :

$$t_{s,max} = \frac{2x}{\bar{v}_p} = \frac{2}{\bar{v}_p} \quad \left\langle s \right\rangle \quad (II-103)$$

## 2.6. SEDIMENTAREA DISPERSOIZILOR DIN SISTEMELE MONODISPERSE INTR-UN CIMP HIDRODINAMIC, HIDROSONIC SI IN STARE DE IMPONDERABILITATE

Ecuția de sedimentare a particulelor dintr-un sistem dispers în stare de imponderabilitate adică :

$$g=0 \quad \left\langle \frac{m}{s^2} \right\rangle \quad (II-104)$$

și într-un câmp hidrodinamic și ultrasonic progresiv deci dirijat rezultă, ținând seama de condiția (II-104) din ecuația (II-84), adică

$$-\frac{KT}{c} |grad c| - 3\pi d \eta (v_p - v) + \frac{\pi d^2 \sqrt{2\beta \cdot c \cdot I}}{2 \sqrt{\left[\frac{2}{kd} + \left(1 + \frac{1}{2}\beta\right)\right]^2 + \left[\frac{kd}{2} (1+\beta)\right]^2}} = 0 \quad (II-105)$$

iar viteza de cădere a particulei  $v_p$  sub acțiunea unui câmp hidrodinamic și hidrosonic este ținând seama de ipoteza (II-85) valabilă la începutul sedimentării, relația (II-86) devine :

$$v_p = v + \frac{d \sqrt{2\beta \cdot c \cdot I}}{6\eta \sqrt{\left[\frac{2}{kd} + \left(1 + \frac{1}{2}\beta\right)\right]^2 + \left[\frac{kd}{2} (1+\beta)\right]^2}} \quad (II-106)$$

care în cazul numai a acțiunii unui câmp hidrosonic, adică

$$v=0 \quad (II-87)$$

devine :

$$v_p = \frac{d \sqrt{2\beta \cdot c \cdot I}}{6\eta \sqrt{\left[\frac{2}{kd} + \left(1 + \frac{1}{2}\beta\right)\right]^2 + \left[\frac{kd}{2} (1+\beta)\right]^2}} \quad (II-107)$$

Relațiile (II-105) și (II-106) prezintă importanță în condițiile dezvoltării activității umane în spațiul extraterestru. Se cunoaște că pentru sedimentarea și filtrarea apei uzate, vaporilor de apă (transpirația), deci a recirculării stocului de apă potabilă din cabinete spațiale se folosesc importante cantități de produse

chimice. Reducerea sau eliminarea acestor produse, ar reduce atât greutatea motoarelor și a combustibilului necesar plasării pe orbită și ar permite folosirea spațiilor disponibile din cabină sau laborator (Skylab) în alte scopuri. Cum energia electrică se poate obține cu panouri solare, metoda de sedimentare și filtrare ultrasonică cu siguranță se prezintă ca o metodă deosebit de rentabilă.

2.7. MEGEEA HIPSONLTRICA PENTRU SISTEME MONODISPERSE  
VALABILA IN CIMP HIDROSONIC SI HIDRODINAMIC

O problemă de bază în tehnica sedimentării o constituie timpul de sedimentare a particulelor. În cazul imponderabilității, adică :

$$g=0 \quad \left\langle \frac{m}{s^2} \right\rangle \quad \dots \quad (II-104)$$

ecuația (II-99) devine :

$$C=C_0 e^{-\frac{\alpha}{KT} \left[ 3\pi d \eta v + \frac{\pi^2 d^3 f}{2} \sqrt{\frac{2\beta I}{c}} \right]} \quad \left\langle \frac{Kmol}{m^3} \right\rangle \quad (II-108)$$

iar raportul concentrațiilor din ecuația (II-108) va fi :

$$\frac{C_0}{C} = e^{+\frac{\alpha}{KT} \left[ 3\pi d \eta v + \frac{\pi^2 d^3 f}{2} \sqrt{\frac{2\beta I}{c}} \right]} \quad (II-109)$$

În condițiile ipotezelor (II-100) și (II-101)

Timpul de sedimentare pe unitatea de lungime (inițial) va fi :

$$t_s = \frac{\alpha}{v_p} = \frac{1}{v_p} \quad \langle s \rangle \quad (II-102)$$

iar ,

Timpul de sedimentare maxim (acoperitor) va fi :

$$t_{sm} = \frac{2\alpha}{v_p} = \frac{2}{v_p} \quad \langle s \rangle \quad (II-103)$$

2.8. DESCRIEREA FENOMENULUI DE AGREGARE A DOI DISPERSOIZI  
DINTR-UN MEDIU DE DISPERSIE IN CIMP HIDROSONIC  
IPOTEZE DE BAZA

2.8.1. Considerații generale. Ipoteze de bază

Se consideră că doi dispersoizi (particule) :

- 1 - Au diametrul  $d$ , diferit și sferic
- 2 - Se găsesc la distanță apropiată între ei  
Se găsesc într-un mediu de dispersie lichid
- 3 - Pot avea densități diferite
- 4 - Mișcarea hidrosolului (sistemului dispers) este laminară  
și anume :

$$Re \leq 1 \quad (\text{II-95})$$

- 5 - Variația vitezei relative a dispersoidului  $v_r$  față de mediul de dispersie pe suprafața de separație  $S_s$  este nulă adică :

$$|\Delta \vec{v}_r| = 0 \quad (\text{II-104})$$

- 6 - In aceste condiții fiind antrenate de un curent laminar, dispersoizii vor avea la un timp extrem de scurt aceeași viteză ca și viteza curentului.

7 - Dacă se suprapune peste câmpul gravitațional și hidrodinamic și un câmp ultrasonic, dispersoizilor și se va imprima o viteză de oscilație maximă  $v_{\max}$  (v. II-15), de valoare diferită, pentru fiecare dispersoid. Aceasta variație a vitezelor diferiților dispersoizi dă posibilitatea ciocnirii dintre particule (ipoteza ortocinetică). Când ciocnirile sînt elastice particulele se resping și se produce difuzia. Dacă ciocnirile sînt eficiente, adică se realizează o interacțiune energetică între dispersoizi se poate realiza agregarea.

2.8.2. Valabilitatea ipotezelor de bază

1 - Este evident că particulele sferice în sensul ipotezei Stokes, există în natură mai ales în biosferă. S-a arătat (v. cap. 1-3) că sistemele disperse sau pseudodisperse, avînd dispersoizi sferici, au o vîscozitate mult mai mică (de ordinul  $10^2$ ), față de sistemele cu dispersoizi anizometrici. Faptul că frecarea la aceste particule e mai mare, este defavorabilă, ideii de agregare, construită pe ipoteza existenței unor viteze de oscilație variabilă a dispersoizilor.

2,3 - Distanțele dintre dispersoizi sînt funcție de diametrul lor și de concentrația masică  $C$ . In condițiile de exemplu a unei concentrații  $C$  de 1 %, cu particule avînd densitatea de 1500 respectiv 5000  $\text{kg/m}^3$ , rezultă la  $1 \mu^3$  un număr de :

Numărul de dispersoizi într-un  $\mu^3$

Tabelul II-12

Particula	$10^0 A$	$100^0 A$	$1000^0 A$
A $\langle 1500 \text{ kg/m}^3 \rangle$	$1,273 \cdot 10^6$	$1,273 \cdot 10^3$	$1,273$
B $\langle 5000 \text{ kg/m}^3 \rangle$	$3,819 \cdot 10^5$	$3,819 \cdot 10^2$	$3,819 \cdot 10^{-1}$

Se vede clar că particulele coloidale se găsesc la distanțe relativ mici, ținând seama de numărul lor. Ipoteza este cu atât mai valabilă în domeniul particulelor (dispersoizilor) pseudocoloidale.

4 - Pornind de la cunoscuta relație (I-28), la limita ipotezei Stokes adică :

$$Re = \frac{v d}{\nu} = 1 \quad (\text{I-28})$$

ținând seama de ecuația (II-15)

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2r}{\rho c}} \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-15})$$

prin eliminarea vitezei din egalarea ecuațiilor (I-28) și (II-15)

rezultă că :

$$I_{\max} = \frac{\rho c \cdot \nu^2}{2d^2} \quad \langle \frac{W}{m^2} \rangle \quad (\text{II-105})$$

Considerând mediul de dispersie apa la  $18^\circ\text{C}$  și  $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 $C = 1460 \text{ m/s}$ ,  $\nu = 1,066 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  se vede din tabelul II-13

Intensitatea acustică maximă  $I = f(d)$  la care  $Re = 1$

Tabelul II-13

$d \langle \text{Å} \rangle$	$10$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
$I_{\max} (W/cm^2)$	$8,3 \cdot 10^7$	$8,3 \cdot 10^5$	$8,3 \cdot 10^3$	$8,3$	$8,3 \cdot 10^{-1}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$

Deoarece s-a arătat (tabelul II-11) că intensitățile acustice folosite sînt de ordinul  $(10^{-3} \dots 10^{-1}) W/cm^2$ , rezultă că această condiție este strict valabilă pentru particule avînd :

$$d \leq 10^5 \text{ Å} \quad (\text{II-106})$$

Rezultă că particulele avînd diametru  $d$ ,

$$d > 10^5 \text{ Å} \quad \langle m; mm; \text{Å} \rangle \quad (\text{II-107})$$

sînt inerte la intensități acustice preconizate și joacă rolul unor centre de ciocnire.

5 - Pentru a putea aplica forța de frecare Stokes (I-91)

$$\vec{F} = 3\pi d \eta \vec{v}_r \quad \langle N \rangle \quad (\text{I-91})$$

trebuie ca viteza relativă  $v_r$  pe suprafața superficială sferică să fie uniformă (v. II-104).

Admițînd o eroare de maxim 1 % și cunoscînd că viteza acustică instantanee  $v$ ,

$$v = v_{\max} \sin(\omega t - kx) \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-108})$$

$k$ , fiind dat de (II-71) iar

$$\omega = 2\pi f \quad \langle Hz \rangle \quad (\text{II-108})$$

In cele două capete (extreme) pe aceeași direcție de propagare a undei acustice :

$$\Delta x_{1,2} = x_2 - x_1 = d \quad \langle \text{Å}, m, cm \rangle \quad (\text{II-109})$$

și la momentul  $t$  :

$$v_1 = v_{max} \sin(\omega t - kx_1); \quad v_2 = v_{max} \sin(\omega t - kx_2) \quad (\text{II-110})$$

Potrivit ipotezei (5) trebuie ca :

$$|\Delta v| \leq \left[ 10^{-2} \left( \frac{v_1 + v_2}{2} \right) \right] \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-111})$$

Tinând seama de ecuațiile (II-110), ce dau vitezele  $v_1$  și  $v_2$  în cele două extreme :

$$\Delta v = v_2 - v_1 = -2v_{max} \sin k \frac{\Delta x_{12}}{2} \cos \left[ \omega t - \frac{k(x_1 + x_2)}{2} \right] \quad (\text{II-112})$$

iar :

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} = v_{max} \cos \frac{k \Delta x_{12}}{2} \sin \left[ \omega t - \frac{k(x_1 + x_2)}{2} \right] \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-113})$$

Rezultă că :

- Amplitudinea variației vitezei este :

$$|\Delta v|_{max} = 2v_{max} \sin \frac{kd}{2} \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-114})$$

- Amplitudinea vitezei medii  $v$  este :

$$\bar{v}_{max} = v_{max} \cos \frac{kd}{2} \quad \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-115})$$

Acum condiția (II-111) se mai poate scrie :

$$\text{tg} \frac{kd}{2} \leq \frac{10^{-2}}{2} = 5 \cdot 10^{-3} \ll 10^{-2} \quad (\text{II-116})$$

relație echivalentă cu condiția (II-76)

$$kd = \frac{2\pi}{c} fd \leq 0,01 \quad (\text{II-76})$$

Din condiția (II-104) la limita superioară se deduce frecvența maximă  $f_{max}$ , pentru care această ipoteză se verifică, sau :

$$f_{max} = \frac{10^{-2}c}{2\pi d} \quad \langle kHz \rangle \quad (\text{II-117})$$

funcție de diametrul  $d$

Tabelul II-14

$d \langle \text{Å} \rangle$	10	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
$f_{max} \text{ kHz}$	$2,32 \cdot 10^6$	$2,32 \cdot 10^5$	$2,32 \cdot 10^4$	$2,32 \cdot 10^3$	$2,32 \cdot 10^2$	$2,32 \cdot 10$

Deci pentru dispersoizi avînd diametrul  $d$

$$d < 10^6 \text{ Å} \quad \text{și} \quad f < 23,2 \text{ kHz} \quad (\text{II-118})$$

ipoteza (5) se verifică.

Se menționează că relația (II-116) respectiv (II-76) este o relație criterială, care condiționează în cazul cîmpurilor ondulatorii, posibilitatea de a considera o particulă ca un punct material, cu toate consecințele teoretice și aplicative aferente.

### 2.8.3. Cinetica dispersoizilor din medii de dispersie lichide în cîmpul hidrosonic

Este evident că amplitudinea de vibrație acustică a particulei  $A_p$  nu poate depăși amplitudinea de vibrație acustică a mediului lichid de dispersie (apa),  $A$ , adică :

$$A_p < A \quad \langle m, cm, \mu \rangle \quad (II-119)$$

deoarece singura forță motoare, este forța rezistivă sau forța Stoke  
 În consecință dispersiunii se vor mișca întotdeauna defazat față de  
 mediul de dispersie (apa). Când forța motoare ce acționează asupra  
 particulelor, este generată de intensitatea unei acustice, amplitudi  
 nea particulei  $A_p$ , este invers proporțională cu forțele de inerție  
 $\vec{F}_i$ , iar :

$$\vec{F}_i = -m_p a_p \quad \langle N \rangle \quad (II-120)$$

Semnul (-) indicînd faptul că  $\vec{F}_i$  este o forță de reacțiune,  
 $m_p$  și  $a_p$  fiind masa respectiv accelerația particulei, iar

$$m_p = \rho_p \cdot V \quad \text{iar} \quad a_p = \omega^2 A_p \quad (II-121)$$

Se vede ușor că dacă :

$$\begin{matrix} m_p \uparrow \rightarrow A_p \downarrow \\ a_p \uparrow \rightarrow A_p \downarrow \end{matrix} \quad (II-122)$$

și că atunci cînd :

$$\begin{matrix} \rho_p \rightarrow 0 \Rightarrow A_p \rightarrow A & \rho_p \rightarrow \infty \Rightarrow A_p \rightarrow 0 \\ d \rightarrow 0 \Rightarrow A_p \rightarrow A \text{ iar dacă } d \rightarrow \infty \Rightarrow A_p \rightarrow 0 \\ f \rightarrow 0 \Rightarrow A_p \rightarrow A & f \rightarrow \infty \Rightarrow A_p \rightarrow 0 \end{matrix} \quad (II-123)$$

Pentru a evidenția concluziile fizice de la (II-120...II-123

se consideră deplasarea unui plan  $\pi$  al mediului de  
 dispersie (apa) sau deplasarea unui front de unde în  
 tr-un plan  $\pi'$ , ceea ce implică deplasarea particulei  
 dintr-o poziție de echilibru relativ, E, în poziția E'  
 de elongație  $y_p$ .

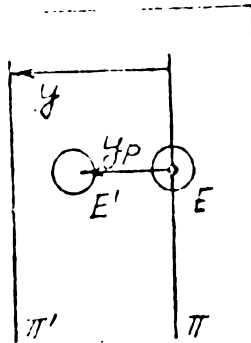


Fig. II-4. Deplasarea unui front de undă plană (planul  $\pi' \rightarrow \pi$ )

Forța motoare (Stokes)  $\vec{F}$ , este :

$$\vec{F} = m_p \cdot \vec{a}_p = 3\pi d \eta (\vec{v} - \vec{v}_p) \quad \langle N \rangle \quad (II-81')$$

sau :

$$F = m_p \cdot a_p = 3\pi d \eta (v - v_p) \quad \langle N \rangle \quad (II-82'')$$

deoarece toate forțele au același direcție, iar inversiunea de semn  
 din ecuația (II-81) se referă la faptul că F este în acest caz forță  
 motoare.

Evident masa, respectiv accelerația dispersoidului (particule  
 $m_p$  și  $a_p$  sînt :

$$m_p = \rho_p \cdot V_p = \rho_p \frac{\pi d^3}{6} \langle kg \rangle; \quad a_p = \frac{dv_p}{dt} = \frac{d^2 y_p}{dt^2} \langle \frac{m}{s^2} \rangle \quad (II-124)$$

Viteza de oscilație a mediului de dispersie (apa)  $v$ , este dată de  
 (II-108) iar viteza de oscilație a dispersoidului (particulei) este

$$v_p = \frac{dy_p}{dt} \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (II-125)$$

Soluția problemei constă în scrierea ecuației (II-81'') sub o  
 formă mai generală, adică :

$$F = m_p \cdot a_p = k_p (v - v_p) \quad \langle N \rangle \quad (II-81''')$$

și unde în cazul particulelor sferice, coeficientul Stokes este :



$$k_p = 3\pi d \eta \quad (\text{II-126})$$

Tinând seama de ecuațiile (II-124) și (II-108), ecuația (II-81''') se scrie :

$$m_p = \frac{d^2 y_p}{dt^2} + k_p \frac{dy_p}{dt} = k_p v_{max} \sin(\omega t - kx) \quad (\text{II-127})$$

Rezolvarea acestei ecuații diferențiale de ordinul 2 se face prin analogie, observându-se ea este identică ca formă cu ecuația mișcării oscilatorii forțate a unui punct material și care se știe /7,133,147/ are forma generală :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\alpha \frac{dx}{dt} + px = q \sin(\omega t - \varphi) \quad (\text{II-128})$$

, p, q și  $\varphi$  fiind coeficienți oarecare.

Scriind analogic ecuația (II-127) rezultă

$$\frac{d^2 y_p}{dt^2} + \frac{k_p}{m_p} \frac{dy_p}{dt} = \frac{k_p v_{max}}{m_p} \sin(\omega t - kx) \quad (\text{II-129})$$

Soluția ecuației (II-128) și deci și a ecuației (II-129) este de forma :

$$x = x_t + x_f \quad \langle m, cm, \dot{A} \rangle \quad (\text{II-130})$$

unde :

$x_t$  este soluția tranzitorie a ecuației (II-128)

$x_f$  este soluția forțată a ecuației (II-128)

Analogia dintre cele două ecuații (II-128 și II-129) este evidentă adică :

$$x = y_p \langle m \rangle ; p^2 = 0 \quad q = \frac{k_p v_{max}}{m_p} \langle \frac{m}{s^2} \rangle \quad (\text{II-131})$$

$$2\alpha = \frac{k_p}{m_p} \langle s^{-1} \rangle \quad \varphi = kx \langle rad \rangle$$

Deoarece :

$$p = 0 \Rightarrow x_t = 0 \Rightarrow x = x_f \quad (\text{II-132})$$

Conform /147/ soluția permanentă  $x_f$  a ecuației (II-128) este:

$$x_f = A_f \sin(\omega t - \varphi - \varphi_f) \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-133})$$

$A_f$  fiind amplitudinea forțată sau amplitudinea particulei datorită mișcării forțate,

$\varphi_f$  este defazajul produs, ca urmare a inerției particulei, ce nu poate urmări vibrațiile mediului de dispersie (apa). Cum :

$$A_f = \frac{q}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}} \langle m \rangle \quad (\text{II-134})$$

iar :

$$\varphi_f = \arctg \frac{2\alpha\omega}{p^2 - \omega^2} \langle rad \rangle \quad (\text{II-135})$$

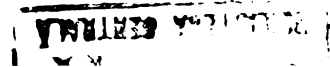
iar  $\varphi_f$  verifică inegalitățile

$$0 \leq \varphi_f \leq \pi \quad \text{cînd la limită } \omega = 0 \text{ respectiv } \omega \rightarrow \infty \quad (\text{II-136})$$

Potrivit analogiei dintre ecuațiile (II-128 și II-129) și ținînd seama de relațiile de analogie (II-131), de ecuațiile (II-132) ... (II-135) și (II-126) precum și identitatea /7,147/ :

$$v_{max} = \omega A \quad \text{respectiv } v_{p\ max} = \omega A_p \langle \frac{m}{s} \rangle \quad (\text{II-137})$$

rezultă în final că :



$$A_p = \frac{k_p A}{\sqrt{(m_p \omega)^2 + k_p^2}} = \frac{18 \eta A}{\sqrt{(\rho_p d^2 \omega)^2 + (18 \eta)^2}} \quad \langle m, cm \rangle \quad (II-138)$$

$$\varphi_p = \arctg \left( - \frac{18 \eta}{\rho_p d^2 \omega} \right) \quad \langle rad \rangle \quad (II-139)$$

In legătură cu semnul (-) din ecuația (II-139) se face observația că el de fapt ar trebui considerat ca (+) deoarece  $\varphi_p$  reprezintă defazajul dintre elongațiile particulei și viteza de oscilație a mediului de dispersie (apa). Într-adevăr viteza de oscilație este defazată cu față de elongația de oscilație, adică la elongație maximă, viteza e minimă și invers, astfel că (II-139) se mai scrie :

$$\varphi'_p = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{18 \eta}{\rho_p d^2 \omega} \quad \langle rad \rangle \quad (II-139')$$

Pentru comparație se scriu în continuare ecuațiile de oscilație ale mediului de dispersie (apa)

$$y = A \cos(\omega t - kx) \quad \langle m \rangle \quad (II-140)$$

$$v = v_{p \max} \sin(\omega t - kx) \quad \langle \frac{m}{s} \rangle$$

și ale dispersoidului (particulei)

$$y_p = A_p \cos(\omega t - kx - \varphi'_p) \quad \langle m \rangle \quad (II-141)$$

$$v_p = v_{p \max} \sin(\omega t - kx - \varphi'_p) \quad \langle \frac{m}{s} \rangle$$

In concluzie evidențierea efectului de antrenare a particulelor reiese mai bine din raportul amplitudinilor particulei  $A_p$ , respectiv a particulei mediului de dispersie (apa)

$$\frac{A_p}{A} = \frac{18 \eta}{\sqrt{(\rho_p d^2 \omega)^2 + (18 \eta)^2}} \quad \langle \text{ca } \varphi' \rangle \quad (II-142)$$

in ecuația (II-139') pentru  $\varphi'_p$

Astfel în raportul (II-142) ca și în ecuația (II-139') prin varierea parametrilor componente  $\rho_p, d, f, \eta$ , se constată că :

$$\text{efect minim} \Leftrightarrow 0 < \frac{A_p}{A} < 1 \Rightarrow \text{efect maxim} \quad (II-143)$$

$$\text{efect minim} \Leftrightarrow \frac{\pi}{2} > \varphi' > 0 \Rightarrow \text{efect maxim}$$

Exemple de calcul și concluzii suplimentare se găsesc în programul teoretico-experimental din faza 2, parțial realizat în anexe.

Se constată că efectul de antrenare în mișcarea oscilatorie a particulelor suspendate în mediul de dispersie (apa), este puternic influențat invers proporțional cu diametrul  $d^2$ , și în mai mică măsură de densitate și frecvență.

#### 2.8.4. Contribuții la determinarea ecuației agregării a doi dispersoizi

In condițiile ipotezelor de bază și a unei ciocniri eficiente, problema ce se va trata constă în :

##### 2.8.4.1. Determinarea vitezei relative a doi dispersoizi (par-

ticule), aflați sub influența unui câmp hidrosonic.

2.8.4.2. Probabilitatea de ciocnire dintre dispersoizi.

2.8.4.3. Viteza dispersoizilor în momentul ciocnirii lor.

Energia de interacțiune dintre dispersoizi

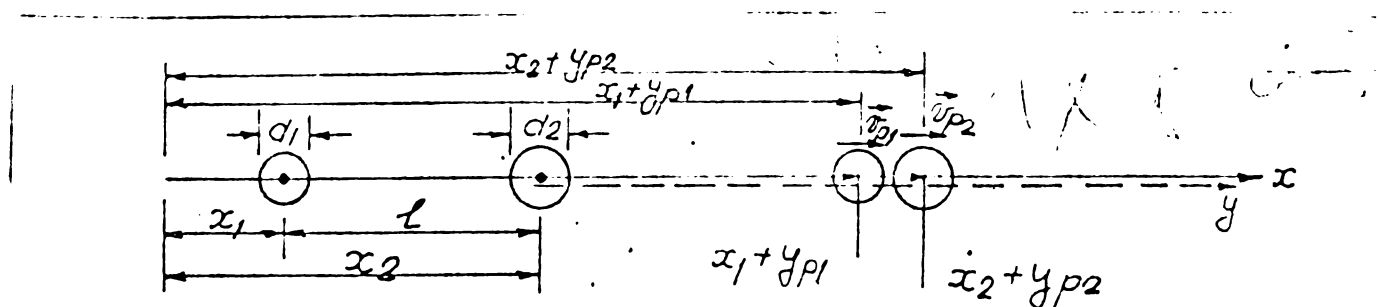


Fig. II-5. Schema de ciocnire dintre 2 dispersoizi în câmp hidrosonic și mediu de dispersie lichid

$x$  - direcția de propagare a undei (oscilației) acustice longitudinale

$d_1, d_2$  - diametri a particulelor (dispersoizilor)

$l$  - distanța dintre centrele axelor dispersoizilor

$$l = l_{d_2} - l_{d_1} \quad \langle m, cm, \mu, \text{\AA} \rangle \quad (\text{II-144})$$

$O$  - originea axelor

$x_1, x_2$  - pozițiile particulelor (dispersoizilor) în lipsa câmpului hidrosonic

$x_1 + y_{p1}, x_2 + y_{p2}$  pozițiile (centrelor) particulelor (dispersoizilor) sub influența câmpului hidrosonic după un timp  $t$

$v_{p1}, v_{p2}$  vitezele particulelor în momentul ciocnirii.

2.4.8.1. Determinarea vitezei relative a doi dispersoizi aflați sub influența unui câmp hidrosonic

În condițiile fig. II-5, adică în câmp hidrosonic se presupune că particulele (dispersoizii) se ciocnesc, adică s-au deplasat în noile poziții ( $x_1 + y_{p1}$ ) respectiv ( $x_2 + y_{p2}$ ). Se vede că ciocnirea se produce numai dacă :

$$(x_2 + y_{p2}) - (x_1 + y_{p1}) = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-145})$$

sau :

$$y_{p1} - y_{p2} = l - \frac{d_1 + d_2}{2} \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-146})$$

Care este condiția necesară ca să se producă ciocnirea

Explicitarea condiției (II-146) funcție de diametrul dispersoizilor  $d_1, d_2$ , frecvența acustică  $f$ , intensitatea acustică  $I$  etc., se scriu explicit :

$$\begin{aligned} y_{p1} &= A_{p1} \cos(\omega t - kx_1 - \varphi'_{p1}) \\ y_{p2} &= A_{p2} \cos(\omega t - kx_2 - \varphi'_{p2}) \end{aligned} \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-147})$$

Compunerea vibrațiilor paralele de pulsații egale (II-147),

dă o vibrație armonică de aceeași frecvență, avînd amplitudinea  $A_d$  (amp  
și faza  $\varphi_d$ , dată de /7,147/ diferenței celor 2 elongații)

$$A_d = \sqrt{A_{p1}^2 + A_{p2}^2 - 2A_{p1}A_{p2} \cos[(kx_2 - \varphi'_{p2}) - (kx_1 + \varphi'_{p1})]} \quad (II-148)$$

$$\varphi_d = \arctg \frac{A_{p1} \sin(kx_1 + \varphi'_{p1}) - A_{p2} \sin(kx_2 + \varphi'_{p2})}{A_{p1} \cos(kx_1 + \varphi'_{p1}) - A_{p2} \cos(kx_2 + \varphi'_{p2})} \quad (II-149)$$

$$y_{p1} - y_{p2} = A_p \cos(\omega t - \varphi_d) \quad (II-150)$$

Inlocuind (II-148) în (II-146) se obține :

$$A_d \cos(\omega t - \varphi_p) = l - \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (II-151)$$

sau :

$$\cos(\omega t - \varphi_p) = \frac{l - \frac{d_1 + d_2}{2}}{A_d} \quad (II-152)$$

$A_p$  și fiind date de expresiile (II-148) respectiv (II-149). Este evident că pentru a se produce ciocnirea în câmp hidrosonic este necesar și suficient ca :

$$\left| \frac{l - \frac{d_1 + d_2}{2}}{A_d} \right| \leq 1 \quad (II-153)$$

Deoarece,

$$l \geq \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (II-154)$$

se poate renunța la prezentarea condiției sub formă de modul.

Se mai observă că în cazul

$$l_{min} = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (II-155)$$

concentrația C

$$C > 70\% \quad (II-156)$$

și agregarea se produce, de regulă, gravitațional în condițiile Stokes.

De aceea se urmărește situația cînd concentrațiile C sînt :

$$C < 5\% \quad \text{și} \quad l > \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (II-157)$$

sau :

$$l \leq A_p + \frac{d_1 + d_2}{2} \quad \langle m, cm \rangle \quad (II-158)$$

Scizarea acestei condiții ținînd seama expresiile  $\varphi'_p$  (II-139'),  $A_p/A$  (II-142),  $A_d$  (II-148),  $\varphi_d$  (II-149) și (II-150) dau pentru :

$$l \leq 18\eta \sqrt{\frac{1}{(\rho_1 d_1^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} + \frac{1}{(\rho_2 d_2^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} - 2 \frac{\cos[kl + \arctg \frac{18\eta}{\rho_2 d_2^2 \omega} - \arctg \frac{18\eta}{\rho_1 d_1^2 \omega}]}{\sqrt{(\rho_1 d_1^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} \sqrt{(\rho_2 d_2^2 \omega)^2 + (18\eta)^2}} \cdot A + \frac{d_1 + d_2}{2}} \quad (II-159)$$

- fiind coeficientul dinamic de vîscozitate a hidrosolului (sistemului dispers sau pseudodispers)

$\rho_1$ ,  $\rho_2$ , fiind densitățile dispersoizilor cu diametrul  $d_1, d_2$ .

Ținînd seama de constatarea (II-76), și

$$kl \ll 1 \quad (II-160)$$

prin neglijarea acestui termen mic în comparație cu defazajele mult

mai mari a particulelor ecuația (II-159) se scrie :

(II-161)

$$l \leq 18\eta \sqrt{\frac{1}{(\rho_{p1} d_1^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} + \frac{1}{(\rho_{p2} d_2^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} - 2 \frac{\cos[\operatorname{arctg} \frac{18\eta}{\rho_{p2} d_2^2 \omega} - \operatorname{arctg} \frac{18\eta}{\rho_{p1} d_1^2 \omega}]}{\sqrt{(\rho_{p1} d_1^2 \omega)^2 + (18\eta)^2} \sqrt{(\rho_{p2} d_2^2 \omega)^2 + (18\eta)^2}} A + \frac{d_1 + d_2}{2}} \quad \langle m, cm \rangle$$

iar A e dat de (II-16) cu observația că se referă la amplitudinea oscilației unei particule a mediului de dispersie (apa) în acest context.

### 2.4.8.2. Probabilitatea de ciocnire a doi dispersoizi

Se consideră doi dispersoizi de diametru  $d_1$  și  $d_2$  avînd : masa și densitatea :

$$m_{p1} < m_{p2}; \rho_1 \neq \rho_2 \langle kg \rangle; \langle \frac{kg}{m^3} \rangle \quad (II-162)$$

In aceste condiții :

$$\frac{A_{p2}}{A} < \frac{A_{p1}}{A} \quad \langle m, cm \rangle \quad (II-163)$$

Volumul minim a unui cilindru în care să se producă ciocnirea datorită acțiunii cîmpului hidrosonic este (fig.II-6)

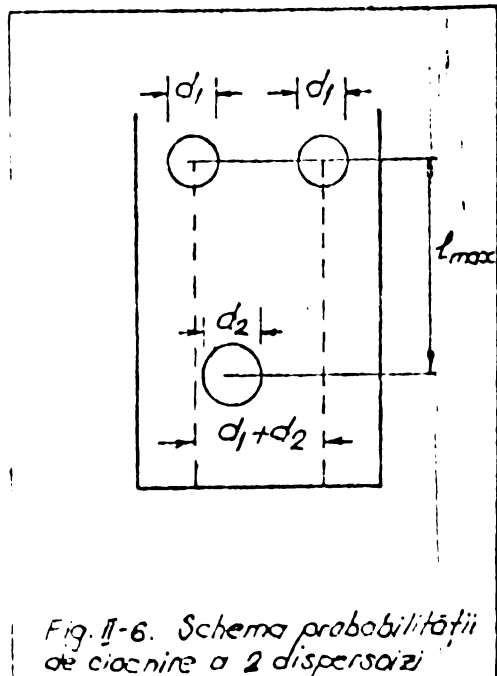


Fig. II-6. Schema probabilității de ciocnire a 2 dispersoizi

$$\pi [2l_{max} - (d_1 + d_2)] \frac{d_1 + d_2}{4} = v_c f_2 \quad (II-164)$$

$v_c f_2$  - volumul minim necesar pentru ciocnirea forțată în jurul dispersoidului  $d_2$ , ce joacă rolul centrului de ciocnire.

Dacă se presupune că dispersoizii de tipul  $d_1$  sînt uniform distribuiți în mediul de dispersie, probabilitatea de ciocnire dintre particulele de tipul 1 și cele de tipul 2,  $P_{12}$  este :

$$P_{12} = \frac{v_c f_2 N_{p2}}{V} \quad (II-165)$$

V fiind volumul total, iar  $N_{p2}$  numărul de particule de tipul 2 și evident

$$v_c f_2 N_{p2} \leq V \quad \langle m^3, dm^3 \rangle \quad (II-166)$$

Se face observația că se consideră numai probabilitatea de ciocnire dintre particule datorită existenței cîmpului hidrosonic, admițînd într-o primă fază efectul de ciocnire produs din alte cauze este nul. Suprapunerea efectelor de ciocnire eficientă și agregare în general rezultă pe cale experimentală (v. cap. 4-2 și 4-4), urmînd ca în faza a 2-a teoretică-experimentală să se evidențieze :

- Domeniile optime de ciocnire și agregare pe cale hidrosonic

- Imbunătățirea ecuației (II-161) și elaborarea unei ecuații de probabilitate care să cuprindă și alte cauze de ciocnire naturale sau dibijate.

De fapt în prezenta lucrare scopul urmărit și realizat a fost

de a evidenția condițiile în care un câmp ultrasonic în special și acustic în general contribuie la procese de destabilizare a hidrosolurilor. Ciocnirile în câmp hidrosonic sînt ciocniri forțate iar

$$P_{12} = F(S_{P1}, S_{P2}, d_1, d_2, f, C_{P2}, \eta, I) \quad (II-167)$$

Concentrația masică a particulelor de tip  $d_2$

$$C_{P2} = \frac{m_{P2}}{\sqrt{\quad}} \left\langle \frac{kg}{m^3} \right\rangle \quad (II-168)$$

iar masa totală a particulelor  $N_{P2}$ ,  $m_{P2}$  este :

$$m_{P2} = \left( \frac{\pi d^3}{6} S_{P2} \right) N_{P2} \quad \langle kg \rangle \quad (II-169)$$

Acum ținînd seama de relațiile (II-164)...(II-169) relația (II-165) devine :

$$P_{12} = \frac{3 [2 P_{max} - (d_1 + d_2)] (d_1 + d_2)^2 C_P}{2 d_2^3 S_{P2}} \quad (II-170)$$

Evident că :

$$0 \leq P_{12} \leq 1 \quad (II-171)$$

și atunci cînd intensitatea acustică I :

$$I \rightarrow 0 \Rightarrow P_{12} \rightarrow 0 \quad (II-172)$$

$$I = 0 \Rightarrow P_{12} = 0$$

Problema găsirii intensității acustice I optime (economice), la care probabilitatea de ciocnire să fie optimă adică eficace, conducînd la agregarea dispersoizilor s-a rezolvat și prin programul experimental (v. cap. 4.4) pentru hidrosolurile cercetate. O imagine cantitativă a probabilităților de ciocnire, pentru cazul particulelor de tip A și B avînd ca mediu de dispersie apa la 18°C :

$$\text{Tip A} \equiv 1 : d_1 = 10^3 \text{ \AA} ; S_{P1} = 1500 \text{ kg/m}^3 \quad (II-173)$$

$$\text{Tip B} \equiv 1 : d_2 = 10^5 \text{ \AA} ; S_{P2} = 5000 \text{ kg/m}^3 ; C_{P2} = \frac{1 \text{ kg}}{m^3}$$

$$\eta = 1,066 \cdot 10^{-3} \frac{Ns}{m^2} ; c = 1460 \frac{m}{s} ; \rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

este sugerată de tabelul II-15, unde la diferite frecvențe și intensități s-a calculat ecuația (II-170). Se constată că la :

$$f = 0 \quad P_{12} = \text{constant (maxim)} \quad (II-174)$$

așa cum se vede și din fig. II-7. dacă  $f \uparrow \Rightarrow P_{12} \downarrow$

Probabilități de ciocnire a particulelor A, B

Tabelul II-15

$f$ (Hz)	10	25	50	100	$5 \cdot 10^2$	$10^3$	$10^4$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$10^5$
$10^{-2}$	$\frac{5,90}{10^6}$	$\frac{5,90}{10^6}$	$\frac{5,90}{10^6}$	$\frac{5,9}{10^6}$	$\frac{5,88}{10^6}$	$\frac{5,83}{10^6}$	$\frac{3,08}{10^6}$	$\frac{1,72}{10^6}$	$\frac{0,72}{10^6}$	$\frac{0,36}{10^6}$
$10^{-1}$	$\frac{5,9}{10^5}$	$\frac{5,9}{10^5}$	$\frac{5,9}{10^5}$	$\frac{5,9}{10^5}$	$\frac{5,88}{10^5}$	$\frac{5,83}{10^5}$	$\frac{3,08}{10^5}$	$\frac{1,72}{10^5}$	$\frac{0,72}{10^5}$	$\frac{0,36}{10^5}$

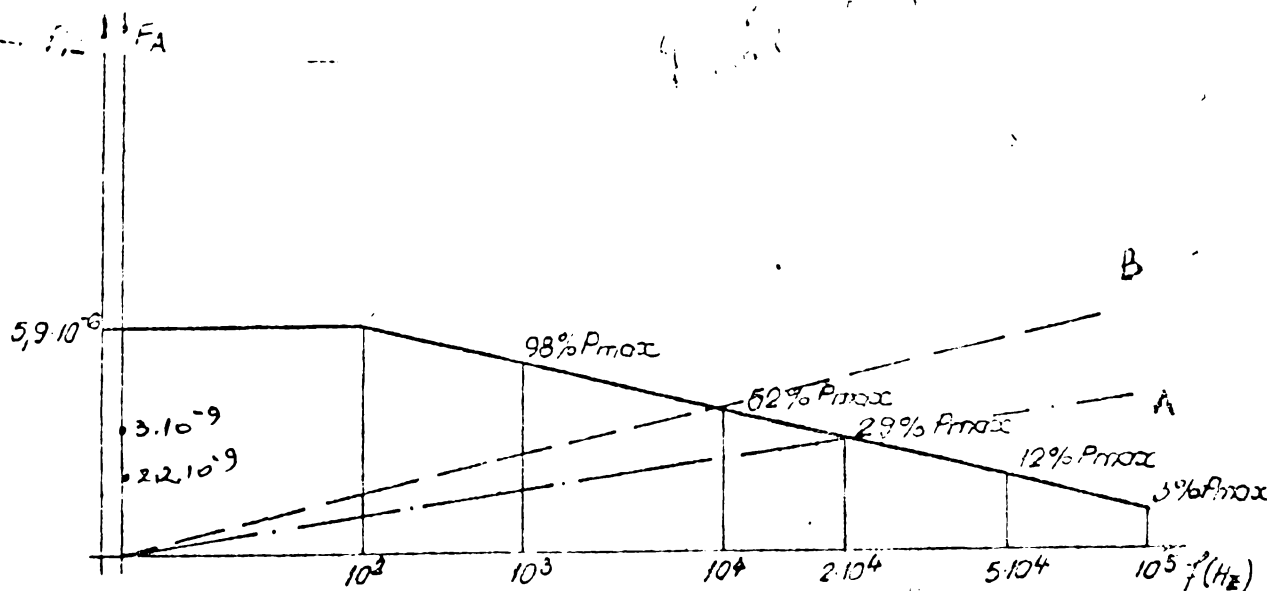


Fig. II-7. Probabilitatea de ciocnire in cimp hidrosonic, a particulelor A și B, comparativ cu forța acustică  $F_A$

1 - Din tabelul II-15 și fig. II-7 se vede că :

Probabilitatea de ciocnire este direct proporțională cu radicalul de ordinul 2 al intensității acustice  $I^{1/2}$ , concentrația particulelor de tip 2 (B) și invers proporțională cu frecvența începând de la o valoare a frecvenței ( $f > 100$  Hz). În programul de experimentare 2 se prevede realizarea unui program de calcul mai amplu și variat pentru determinarea probabilităților optime de ciocnire.

2 - Pe de altă parte din ecuația (II-78') și fig. II-7 se vede că deoarece forța de apărare acustică  $F_A$ , este direct proporțională cu  $d^2$ ,  $f$ ,  $p_{A \max}$  și invers proporțională cu viteza de propagare a unei unde acustice,  $c$ . În cazul considerat, fiind particulele de tip B (2) sunt sediul ciocnirilor cu particulele A (1) forțele de presiune acustică  $F_{A1}$  și  $F_{A2}$ , intersectează curba probabilităților în zona interioară a ultrasunetelor ceea ce justifică, pentru încă odată teoria, conceptul instalației experimentale. Dacă se ține seama că densitățile alese adică :

$$\rho = (1500 \dots 5000) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{II-175})$$

sunt uzuale în cazul dispersoizilor solizi, rezultă evident și domeniul de lucru eficient al instalației experimentale la frecvențe acustice  $f$  :

$$16 \text{ kHz} < f < 22 \text{ kHz} \quad (\text{II-176})$$

și natural prin extinderea densităților se mărește și gama frecvențelor optime.

#### 2.8.4.3. Determinarea vitezei dispersoizilor în momentul ciocnirii. Energia de interacțiune dintre dispersoizi

Ținând seama de ecuațiile (II-141) în cazul celor două tipuri de particule (v. fig. II-5), vitezele dispersoizilor de tip 1 și 2 în momentul ciocnirii, se scrie :

$$v_{p1} = v_{p1, \max} \sin(\omega t_c - kx_1 - \varphi'_{p1})$$

$$v_{p2} = v_{p2, \max} \sin(\omega t_c - kx_2 - \varphi'_{p2}) \quad \left\langle \frac{m}{s} \right\rangle \quad (\text{II-177})$$

unde timpul în care se produce prima ciocnire  $t_c$  este soluția ecuației (II-152)

$$t_c = \frac{1}{\omega} \left[ \arccos \frac{l - \frac{d_1 + d_2}{2}}{A_d} + \varphi_d \right] \quad \langle s \rangle \quad (\text{II-178})$$

iar,  $A_d$  este dat de (II-148),  $\varphi_d$  este de (II-179) și :

$$l \leq l_{\max} \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-179})$$

fiind exprimat în relația (II-161).

Deoarece :

$$l \ll x_1, x_2 \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-180})$$

Se poate admite că :

$$x_1 \approx x_2 = x \quad \langle m, cm \rangle \quad (\text{II-181})$$

astfel că ciocnirea dispersiilor are loc la o distanță  $x$  de exemplu :

$$x = n \frac{\lambda}{2}, \quad x = (n+1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{și} \quad l \leq l_{\max} \quad (\text{II-182})$$

Este evident că ciocnirea va fi, funcție de viteza relativă dintre cele 2 particule și de vitezele lor absolute. De asemenea depinde de valoarea distanței dintre ele

Tinând seama de ecuația  $\varphi'_p$  (II-139') și (II-149) se calculează că defazajul dintre elongația particulei (1)  $y_{p1}$  și opusul (-) elongației particulei (2)  $y_{p2}$  este :

$$(\text{II-183})$$

$$\varphi'_d = \arctg \frac{A_{p1} \cos(kx - \arctg \frac{9\eta}{\pi \rho_{p1} d_1^2 f}) - A_{p2} \cos(kx - \arctg \frac{9\eta}{\pi \rho_{p2} d_2^2 f})}{A_{p2} \sin(kx - \arctg \frac{9\eta}{\pi \rho_{p2} d_2^2 f}) - A_{p1} \sin(kx - \arctg \frac{9\eta}{\pi \rho_{p1} d_1^2 f})} \quad \langle rad \rangle$$

iar  $A_{p1}$  și  $A_{p2}$  rezultă din (II-138) care dă pe  $v_p$ , respectiv  $A$  din (II-16), cu mențiunea că se referă la amplitudinea mediului de dispersie (apa).

Deoarece :

$$v_{p, \max} = \omega A_p \quad \left\langle \frac{m}{s} \right\rangle \quad (\text{II-184})$$

și ținând seama de considerațiile anterioare se poate scrie :

$$v_{p, \max} = \frac{18}{\sqrt{(2\pi \rho_p d^2 f)^2 + (18\eta)^2}} v_{\max} \left\langle \frac{m}{s} \right\rangle \quad (\text{II-185})$$

unde  $v_{\max}$  este viteza maximă de oscilație acustică a apei calculabilă cu relația (II-15).

Acum se pot scrie vitezele absolute de ciocnire, datorită vibrațiilor acustice în cazul celor două particule sub o formă explicită:



$$V_{p1} = V_{p1 \max} \cos \left[ \omega t_c - kx + \arctg \frac{g\eta}{\pi \rho_{p1} d_1^2 f} \right] \quad (\text{II-186})$$

$$V_{p2} = V_{p2 \max} \cos \left[ \omega t_c - kx + \arctg \frac{g\eta}{\pi \rho_{p2} d_2^2 f} \right]$$

cu observația că  $t_c$  se impune funcție de , frecvența  $f$  se alege ca să fie optimă pentru tipul de dispersoizi din mediul de dispersie și astfel problema este soluționată. Deoarece nu orice ciocnire asigură și o agregare, ci numai, acele ciocniri care au ca efect o interacțiune energetică între particule se va evidenția în continuare prin :

Ecuatia energiei de interacțiune dintre doi dispersoizi în urma agregării lor -

Se știe că potrivit legii conservării impulsului :

$$H_1 + H_2 = H_f \quad < \text{kg m/s} > \quad (\text{II-187})$$

iar :

$$H_1 = m_{p1} V_{p1} ; H_2 = m_{p2} V_{p2} \quad < \text{kg m/s} > \quad (\text{II-188})$$

deci :

$$H_f = (m_{p1} + m_{p2}) V_{p1,2} \quad < \text{kg m/s} > \quad (\text{II-189})$$

unde :

$H_1, H_2$  este impulsul inițial al particulei 1,2 (înainte de ciocnire)

$H_f$  - impulsul final, după ciocnirea celor 2 particule (dispersoizi)

$V_{p1,2}$  - viteza noii particule rezultate în urma agregării m/s

$$V_{p1,2} = \frac{m_{p1} V_{p1} + m_{p2} V_{p2}}{m_{p1} + m_{p2}} \quad < \text{m/s} > \quad (\text{II-190})$$

Energia consumată în procesul de ciocnire  $E_c$ , rezultă din :

$$\Delta E_c = E_i - E_f \quad < \text{J} > \quad (\text{II-191})$$

iar energia finală  $E_f$  este :

$$E_f = \frac{m_{p1} + m_{p2}}{2} V_{p1,2}^2 \quad < \text{J} > \quad (\text{II-192})$$

respectiv energia inițială  $E_i$  este :

$$E_i = \frac{m_{p1} V_{p1}^2}{2} + \frac{m_{p2} V_{p2}^2}{2} \quad < \text{J} > \quad (\text{II-192'})$$

Evident pentru particulele sferice masa particulelor este :

$$m_{p1} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{p1} \quad \text{și} \quad m_{p2} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{p2} \quad < \text{kg} > \quad (\text{II-193})$$

Acum :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \left[ m_{p1} V_{p1}^2 + m_{p2} V_{p2}^2 - \frac{(m_{p1} V_{p1} + m_{p2} V_{p2})^2}{m_{p1} + m_{p2}} \right] \quad < \text{J} > \quad (\text{II-194})$$



care este tocmai ecuația energiei de interacțiune dintre doi dispersoizi în urma agregării.

In concluzie, atunci cînd :

$$\Delta E_c \geq E \quad < J > \quad (\text{II-195})$$

unde  $E$  energia totală maximă de interacțiune e dată din (I-44) și fig. I-11, se produce agregare. Unele prelucrări teoretice și experimentale se dau în cap. 4 și anexe.

### CAPITOLUL 3 - INSTALATIA EXPERIMENTALA. APARATE DE MASURA

#### 3.1. CONCEPTIA REFERITOARE LA ECHIPAMENTUL EXPERIMENTAL

3.1.1. Fundamentarea teoretică și experimentală a proceselor de agregare-sedimentare a dispersoizilor și deci de limpezire a hidrosolurilor (sistemelor disperse) în sensul prezentării din cap. I (p. 6 și 7, 5) necesită un program de studii și cercetări imens și concursul comun a specialiștilor din diferite domenii, chimie, electronică, fizică, hidraulică, matematică, mecanică fină etc., ca și dotări și mijloace de realizare complexe și de durată. Pe de altă parte, cercetările din ultimul deceniu /6, 15, 19...24, 32, 47, 49...52, 102, 120, 121/ și cap. 2 p. 1, 3, 4, 5 converg spre realizarea unor echipamente de producere a ultrasunetelor, de frecvența  $f$  și intensități  $I$ ,

$$16 \text{ kHz} < f < 30 \text{ kHz} \text{ și } 10^2 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} < I < 0,2 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \quad (\text{II-195'})$$

folosite chiar și în experimentări de coagulare-sedimentare a unor sisteme disperse sau pseudodisperse, respectiv hidrosoluri.

3.1.2. În condițiile în care fenomene conexe sau inverse agregării și sedimentării și-au găsit o largă aplicație industrială folosind echipamente cu caracteristici ca cele din (II-195') s-a căutat ca și pentru cercetarea fenomenelor de agregare-sedimentare să se realizeze un echipament adecvat și totodată multifuncțional, robust și economic, cu care să se poată :

3.1.2.1. Verifica unele experiențe anterioare (v. cap. 1 p. 6 și cap. 2 p. 1, 3 și 5).

3.1.2.2. Determina unii parametri electroacustici, hidroacustici și geometrici pe unele ape superficiale, în vederea verificării ipotezelor teoretice proprii.

3.1.2.3. Fundamenta un program experimental de lungă durată (etapa a 2-a), parțial prezentat în anexe la prezenta lucrare.

De asemenea se urmărește :

3.1.2.4. Îmbunătățirea parametrilor de calitate a echipamentului experimental în vederea realizării de noi echipamente de laborator sau chiar semiindustriale.

Dezvoltarea și amplificarea cercetărilor în cadrul laboratorului de cercetări hidrosonice din cadrul CHIF se realizează folosind resurse din colaborări contractuale.

### 3.2. UNELE CONSIDERATII TEHNICO-ECONOMICE REFERITOARE LA ECHIPAMENTUL EXPERIMENTAL

#### 3.2.1. Considerații de bază

3.2.1.1. Realizarea unui echipament experimental multifuncțional a necesitat studierea, echipamentelor similare realizate /2,3,6, 19...24,27...30,37,39,43,47,49...52,55,60...67,70,72,112,118,122, 124,139,153/ și a posibilităților de realizare rapidă :

- Folosirea prioritara a materialelor produse în țară.
- Alegerea unor componente robuste și eficiente care să asigure în ansamblu o bună funcționare în timp a instalației.
- Asigurarea funcționării optime sau acceptabile a instalației electroacustice la frecvența  $f$  și intensității acustice  $I$ ,

$$10 \text{ kHz} < f < 25 \text{ kHz} \text{ și } 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} < I < 2 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \quad (\text{II-196})$$

cu posibilități ulterioare de creștere a intensității  $I$  în cazul folosirii în procese de stabilizare a hidrosolurilor (sistemelor disperse).

- Asigurarea folosirii independente și variate a echipamentului electroacustic și hidraulic, la domenii diferite de cercetare în hidrosoluri sau alte sisteme disperse sau pseudodisperse.

3.2.1.2. Pentru determinarea directă sau indirectă a parametrilor cercetați s-a folosit aparatura, instrumentele de măsură sau materiale existente în dotarea I.P.T.V.T.(CHIF), DAMB filiala Timișoara, ICEM București etc.

De asemenea s-au conceput, proiectat și confecționat în cadru unor activități de autodotare sau investiții în colaborare cu TCM Timișoara, unele aparate ca hidrofon, palpator, stand piezometric, aparat de determinare a rezistivității hidrosolurilor etc.

3.2.1.3. Hidrosolurile cercetate, au fost alese fie din mediu natural (ape brute sau uzate) fie prefabricate (cu caolin, agar-agar kiselgur, cerneluri etc.) pentru a obține o paletă cât mai variată de informații, în vederea verificării ipotezelor teoretice și a fundamentării unor aplicații practice.

#### 3.2.2. Instalația hidrosonică I

Se cunoaște /13,31,55,120,122,139,148/ că încă din 1948 W. Janovschi și R.Pohlman, apoi T.Tarnaczy (1952) etc., au realizat generatoare hidrodinamice acustice având caracteristici ca :

$$1 \text{ kHz} < f < 15 \text{ kHz} \text{ și } I = (1 \dots < \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}) \quad (\text{II-197})$$

sau chiar ♣

$$5 \text{ Hz} < f < 500 \text{ kHz} \text{ și } J \leq 6000 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \text{ (II-198)}$$

Astfel, de exemplu, caracteristicile generatorului Tarnoczy erau :

$$f = 8 \text{ kHz} ; P_{\text{max}} = (7 \dots 8) \text{ atm } Q = (40 \dots 50) \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \text{ (II-199)}$$

Presiunea se realiza cu ajutorul unui compresor (hidrofor), jetul de lichid țîșnind printr-un ajutoraj dimensionat special care izbește o pană (metalică). Caracteristicile principale sînt : lungimea și lățimea ajutorajului  $l_a$  și  $l_a'$ , unghiul de vîrf a panii  $\alpha$ , lungimea, lățimea și grosimea panii (lamei)  $l_{ap}$ ,  $l_{gp}$  și  $l_{ap}'$  fiind :

$$l_a = 11 \text{ mm} \quad \alpha = 72^\circ \quad l_{ap}' = 24 \text{ mm} \quad \text{(II-200)}$$

$$l_a' = 0,8 \text{ mm} \quad l_{ap} = 49 \text{ mm} \quad l_{gp} = 4,5 \text{ mm}$$

Execuția s-a asigurat dintr-un oțel inoxidabil. Astfel de instalații se folosesc pentru a produce o mai bună omogenizare, difuzie sau emulsionare a unor sisteme disperse sau pseudodisperse (fig. II-8).

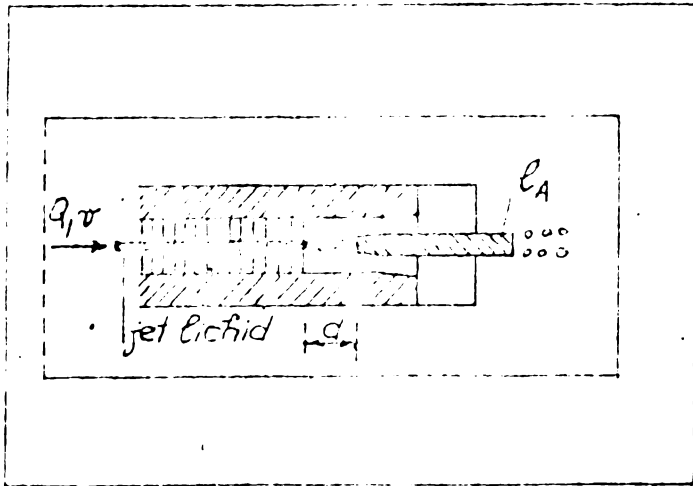


Fig. II-8 Generator hidrodinamic  
o schemă de principiu

Proiectînd o astfel de instalație, la frecvența  $f = 20 \text{ kHz}$  autorul a constatat că execuția și folosirea practică nu este eficientă, deoarece era necesar să se realizeze viteza jetului hidrosolului  $v$ , respectiv distanța între capul ajutorajului și lamă  $d$ , să fie :

$$v = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ și } d = 0,2 \text{ cm} \text{ (II-201)}$$

deoarece frecvența oscilațiilor lichidului  $f$ ,

$$f = \frac{v}{\lambda} < H_z > \text{ (II-202)}$$

Ori, hidrosolurile, la astfel de viteze, distrug repede peretele ajutorajului și lama vibrantă oricît de rezistentă ar fi ea.

De aceea s-a renunțat la acest tip de generator hidrosonic.

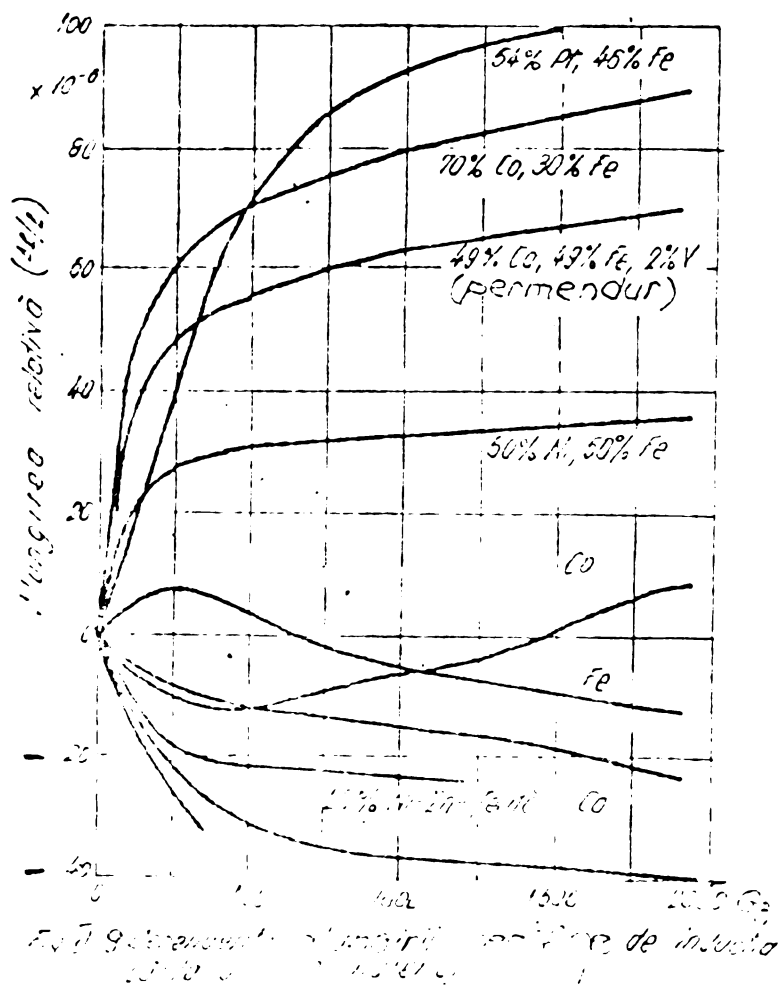
### 3.2.3. Instalația hidrosonică II

Este o instalație complexă care se compune dintr-un :

3.2.3.1. Echipament electroacustic producător a cîmpului ultrasonic. El se compune principial dintr-un generator de înaltă frecvență (convertor), care excită un transductor (magnetostriktiv) și astfel se produc unde ultrasonice. Concentrarea și distribuția acestor unde se realizează prin lipirea de transductor a unui concentrator și solidar cu acesta, a unui distribuitor de energie acustică.

Una din probleme legată de realizarea acestui echipament a constituit-o alegerea transductorului.

Se cunoaște /8,12,13,14,19,20,39,43,46,47,49,50,51,52,60,61,65,70,89,112,120,121,139,153/ că producerea unui câmp ultraacustic se poate realiza prin excitarea unor corpuri solide ca : Fe,Co,Ni,. etc.,ce au proprietăți deosebite feromagnetice (fig.II-9).Astfel :



- Nichelul pur livrat în tole subțiri pentru a avea pierderi mici datorită curenților turbionari asigură puteri de ordinul kW.

Grosimea  $d$  a tolelor funcție de frecvența  $f$  se dă /66/

$d = 0,37$  mm pentru

$f < 30$  kHz (II-203)

$d = 0,13$  mm pentru

$f > 30$  kHz

Izolația dintre tole se asigură dintr-o peliculă fină de carbonat de nichel, obținută prin încălzirea la  $300^{\circ}\text{C}$  a tolei.

Ca dezavantaje se menționează că are punctul

Curie la  $360^{\circ}\text{C}$  când își pierde proprietatea feromagnetică, deci în condiții de lucru cu temperaturi ridicate, condițiile de răcire devin o problemă specială.

- Permendurul ce are în compoziție 49 % fier, 49 % Cobalt și 2 % Vanadiu, se livrează sub forma unor tole de 0,1 mm, izolate între ele cu foi de mică de 0,01 mm sau rășini sintetice pulverizate. Efectul magnetostrictiv se asigură prin puritatea metalelor, recoacerea compoziției ca și printr-un tratament termic după asamblare pentru eliminarea ecrinsajului. Vanadiul din compoziție servește la îmbunătățirea proprietăților mecanice. Contractia relativă maximă este de ordinul  $6,5 \cdot 10^5$  cm, obținându-se intensități acustice  $I < 20$  W/cm<sup>2</sup>.

- Feritele sînt compuși de oxid de nichel, fier și zinc etc., avînd o permeabilitate inițială mare și o forță coercitivă mică. Rezistivitatea este de ordinul a  $10^3$  Ω cm. Punctul Curie este variabil funcție de calitatea feritelor ( $135 \dots 550$ )<sup>o</sup>C. Materia primă este iei-

tină iar fabricația se realizează prin turnare în miezuri (monolite).

Mai există și alte combinații (fig.II-8), astfel de exemplu feritele pe bază de nikel-zinc au contracție maximă la saturație de  $(0,4...2,2)10^{-5}$  cm, de alfer  $(4.10^{-5}$  cm) etc./66/. Deoarece la I.C.E. București se fabrică ferite magnetostrictive I20, I 50 și II 100 kHz care corespund ca frecvență și intensitate acustică I, domeniului cercetat s-a preferat folosirea acestor produse.

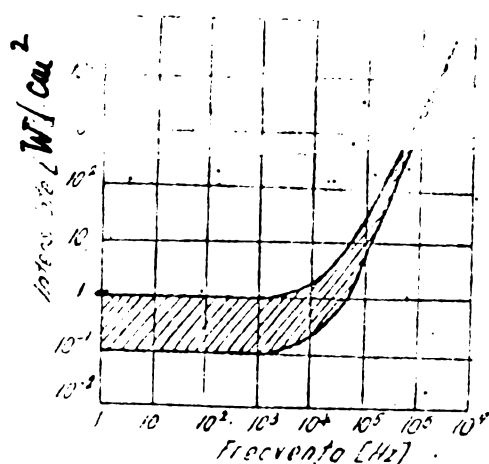


Fig. II-10 Intensitățile de prag de cavitație la diferite frecvențe (139)

Se cunoaște că apariția cavitației este funcție de intensitatea  $I$  și frecvența  $f$  (fig.II-10). Se vede că la frecvențe ultrasonice joase, intensitățile acustice  $I$ , trebuie să fie :

$$I < 10^{-1} \frac{W}{cm^2} \quad (II-204)$$

pentru a nu se produce cavitația acustică.

De aceea s-a preferat în prima fază folosirea tipului I 20 kHz, care poate asigura parametrii acustici satisfăcători cu consum redus de energie electrică.

Compoziția feritelor I 20 kHz la 100 de bucăți este formată din : oxid de fier (77,5 kg), oxid de zinc (2 kg), carbonat de nikel (28,8 kg), carbonat de cupru (5,4 kg), oxid de cobalt (0,15 kg), silite de 18x300 mm și 18x350 mm câte o bucată și alte materiale ca araldit, casete etc.

Forma și dimensiunile transductoarelor de ferite I.C.E.B. este dată în tabelul II-16

Caracteristicile feritelor I 20 studiate de I.C.E.M. /7c/ au dat :

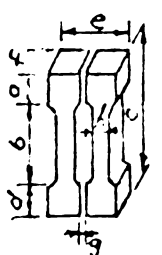
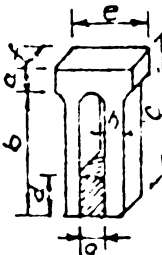
- Frecvența de rezonanță  $f = (18,6...19,5...)kHz$
- Puterea electrică absorbită (aparentă)  $P = (21,5...997) V.A.$
- Tensiunea la bornele traductorului de măsurare în punctele a, b, c, d în medie  $U = (55...302) mV.$
- Amplitudinea medie  $\bar{A} = (0,193...1,03) \mu m$
- Intensitatea acustică  $I = (0,56...17,02) W/cm^2.$
- Puterea acustică (aparentă)  $P = (7,78...142) V.A.$
- Randamentul electromecanic  $\eta_{em} = (36,6...92) \%$ .
- Timpul de lucru al transductorului  $t_a = (15...0,1) min.$
- Temperatura transductorului la suprafața de emisie  $t = (24... 82)^\circ C.$

In concluzie folosirea acestor ferite trebuie făcută după o sor-

tare prealabilă pentru a alege elementele cu caracteristicile cele mai favorabile scopului propus.

Tabelul II-16

*Forma și dimensiunile transductoarelor I.C.E. (7)*

Forma	Tipul	Frecvențe rezonanță nominală proiectată (kHz)	Dimensiunile standard (mm)								Greutate (g)
			a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	
	I 20	20	24	61	109 ± 3	21	55 ± 1	25 ± 0,5	4	13	565
	I 50	50	11	20	42 ± 2	11	40 ± 1	20 ± 0,5	2,5	9	130
	II 100	100	5	20	25 ± 1	9	21 ± 1	10 ± 0,3	5,5	4,5	15

Generatorul de înaltă frecvență, s-a realizat cu excepția diodei Zener folosind produse românești multe de la IPRS Băneasa /72/ iar concentratorul și distribuitorul de energie acustică din oțel OL 50, lipirea dintre concentrator și transductor s-a realizat cu araldit /27...30/.

### 3.2.3.2. Echipamentul hidraulic

Este format dintr-o incintă de activare în variante (A...G) unde se desfășoară procesele de stabilizare sau destabilizare a hidrosolurilor, datorită forțelor gravitaționale, de difuzie, hidrodinamice ultrasonice etc. Ea este alimentată de la un rezervor cu nivel constant, care la rândul său e alimentat de la un alt rezervor unde se menține hidrosolul la caracteristicile inițial stabilite sau existente. Surplusul de hidrosol curge într-un rezervor de preaplin, hidrosolul limpezit respectiv îngroșat curgând în alte 2 rezervoare de sticlă etalonate. Legătura între rezervoare este asigurată cu conducte de cauciuc iar reglarea debitului Q se face cu cleme speciale.

In fig.II-11 se prezintă o schemă generală a întregii instalații.

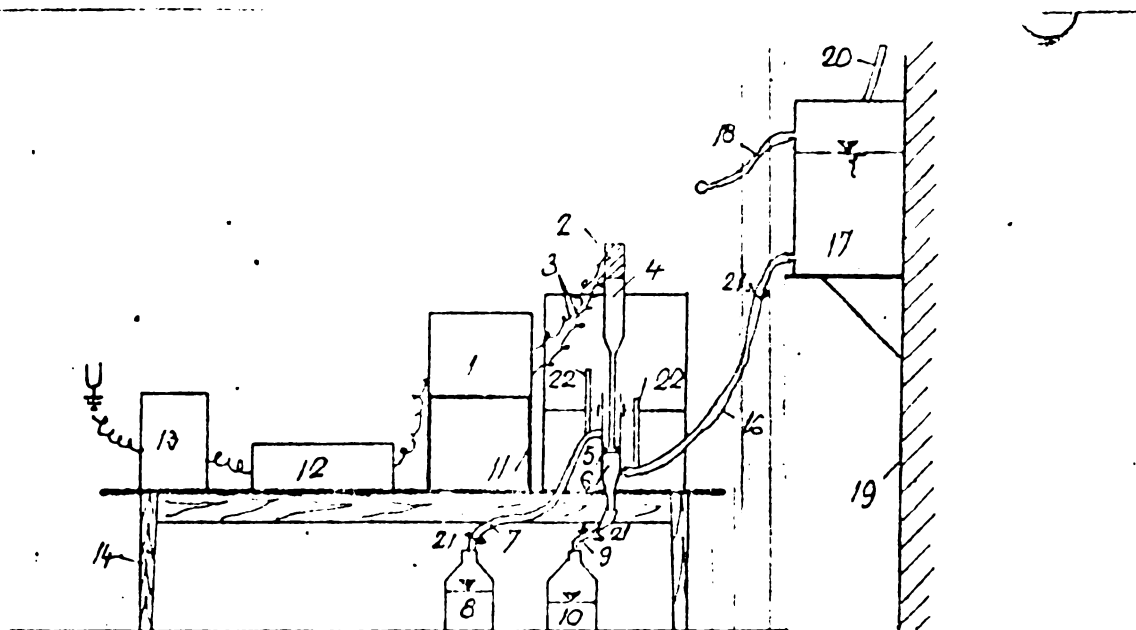


Fig. II-11. Schemă de principiu a instalației

1. Convertor de frecvență electronic  $P=140\text{W}$
2. Ferite bobinate de  $\gamma=20\text{KHz}$
3. Conducători electrici de înaltă tensiune
4. Concentrator de energie ultrasonică
5. Activator (plonjar)
6. Incintă de activare
7. Conductă de apă limpezită
8. Rezervor etalajat pentru apă limpezită
9. Conductă de evacuare reziduuri
10. Rezervor de apă reziduare din apă activare
11. Suport convertorului de frecvență
12. Frecvențometru
13. Milivoltmetru
14. Masă de laborator
15. Suport pentru incintă de activare
16. Conductă de alimentare cu apă pentru activare ultrasonică.

17. Rezervor de alimentare cu apă pentru activare ultrasonică cu nivel constant.
18. Conductă de evacuare apă din rezervor
19. Suprafața rezervorului de alimentare cu apă
20. Conductă de alimentare cu apă a rezervorului 17
21. Cabineți (cărți) pentru reglaj a debitelor
22. Tub piezometric.

### 3.3. CARACTERISTICI ALE APARATELOR DE MASURA SI CONTROL DIN DOTARE

Ca urmare a sprijinirii preocupărilor catedrei CHIF de modernizare și diversificare a cercetării tehnologice-științifice de către I.P.T.V.T. s-a reușit să se creeze și un laborator de cercetări hidrosonice condus de autorul lucrării.

Aparatura din dotare, folosită în prezenta lucrare se compune din :

Frecvențmetru (numărător universal cu 7 cifre) tip IEMI

Multimetru electronic tip E-0403

Generator de joasă frecvență E-0501, utilizat ca sursă de tensiune sinusoidală și dreptunghiulară pentru încercarea și măsurarea parametrilor circuitelor și aparatelor electronice.

Sursă stabilizată tip I 4104 servind pentru măsurători, ca tensiune de negativare etc.

Punte R.C.L. tip E 0704 servind la măsurători de capacități rezistențe și inductanțe electrice.



Osciloscop universal tip E-olo2, folosit pentru vizualizarea și măsurarea semnalelor electrice în domeniul  $f = 10 \text{ MHz}$ .

Toate aceste aparate sînt fabricate de I.A.E.M.I. București.

Sursă stabilizată de tensiune de rețea, servind la stabilizarea tensiunii de rețea (50 Hz) în limitele (200...240)V de construcție Tesla - Cehoslovacia.

Agitator mecanic de laborator servind la menținerea uniformizării concentrației hidrosolurilor în rezervorul de alimentare (de la catedra de chimia apei).

Turbidimetru model 2100 A folosit pentru determinarea turbidității hidrosolurilor în U.J.E. (unități Jackson - Einheit), care au :

$$2 \text{ S U J E } = 1 \text{ U }^\circ \text{ S; O}_2 \quad (\text{II-205})$$

pus la dispoziție cu amabilitate de conf.dr.ing. Ion Mirel.

Balanță analitică de precizie, fabricată de Gdansk - Zaklady din R.P. Polonă, avînd un grad de precizie de  $g_p = 0,1 \text{ mg}$ .

Cronometre ACAT - URSS folosite la determinări diverse, cel puțin 3 buc., pentru a obține un timp mediu.

Etuvă cu termoreglare de la  $t = (100...200)^\circ \text{C}$  folosită la determinări fizico-chimice.

Pentru confruntarea și verificarea caracteristicilor instalației experimentale (II), ca și realizarea unor determinări experimentale măsurate sau determinabile am primit sprijinul personalului muncitor de la Catedra de chimia apei de la I.P.T.V.T., laboratoarele I.C.B.M. București, D.A.M.B filiala Timișoara etc., folosind aparatura și materialele de lucru ale acestora și cărora și pe această cale autorul le mulțumește pentru sprijinul acordat.

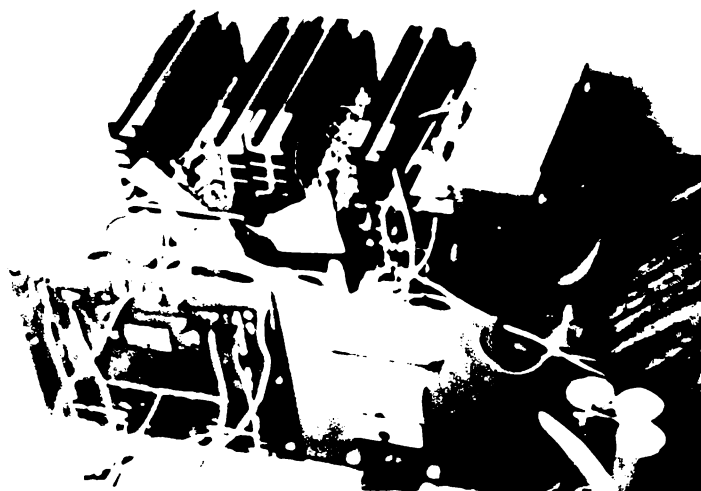


fig II-21 Generator de înaltă frecvență P. M.

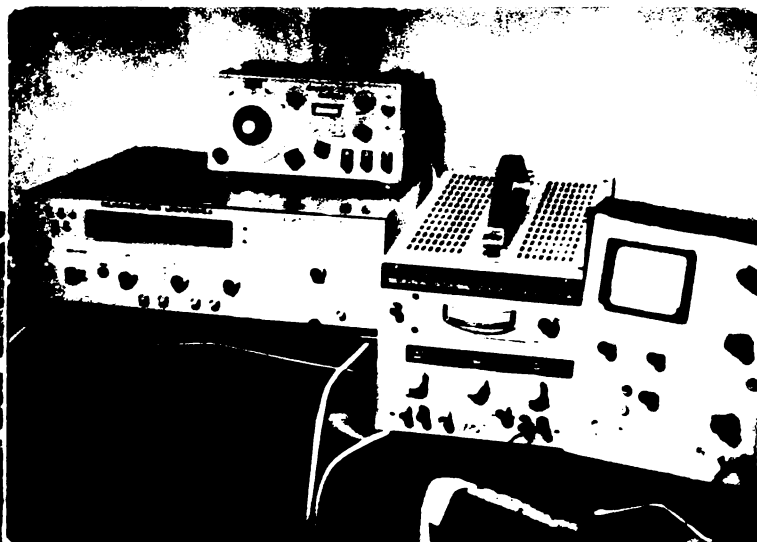


fig II-22 Aparate de măsură și control electronice.

### 3.4. CARACTERISTICI ALE INSTRUMENTELOR DE MĂSURA REALIZATE PENTRU PROGRAMUL EXPERIMENTAL

Pentru adaptarea sau completarea aparatelor de măsură și control din dotarea catedrei CHIF sau a altor unități colaboratoare s-au conceput unele instrumente de măsură ca :

#### 3.4.1. Potențiomtru de acord fin al frecvenței

Deoarece la generatorul E 0501 , nu se poate asigura o reglare dină și controlată a frecvenței decât cu o eroare  $e$  ,

$$-e \approx 2 \% \quad (\text{II-206})$$

folosind un potențiomtru dublu de  $10 \text{ k}\Omega$  cu  $10 \text{ k}\Omega$

Pentru a asigura o reglare fină și controlată a frecvenței

$$e \leq 10^{-2} \% \quad (\text{II-207})$$

s-a proiectat și executat un potențiomtru dublu suplimentar avînd rezistența R

$$R = 0,01 \cdot 10 \text{ k}\Omega = 100 \Omega \quad (\text{II-208})$$

deci un potențiomtru dublu (liniar) de  $100 \Omega$  cu  $100 \Omega$  montat în serie cu aparatul și cuplat cu numărătorul universal (frecvențmetru) și uneori și cu multimetru și osciloscopul.

Prin construcție s-au luat măsuri de ecranare și pămîntare a acestui potențiomtru, pentru a nu se influența frecvența debitată de generatorul E 0501.

#### 3.4.2. Palpator electroacustic

Este un palpator piezoelectric folosit ca traductor electro-

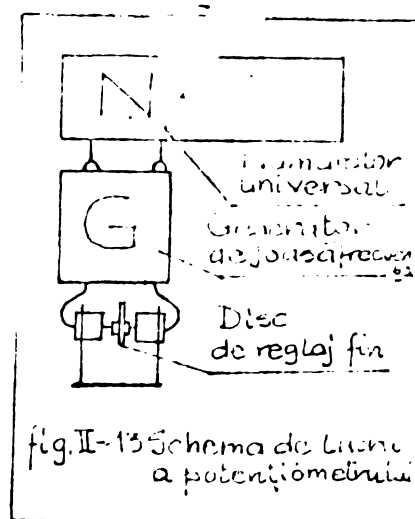
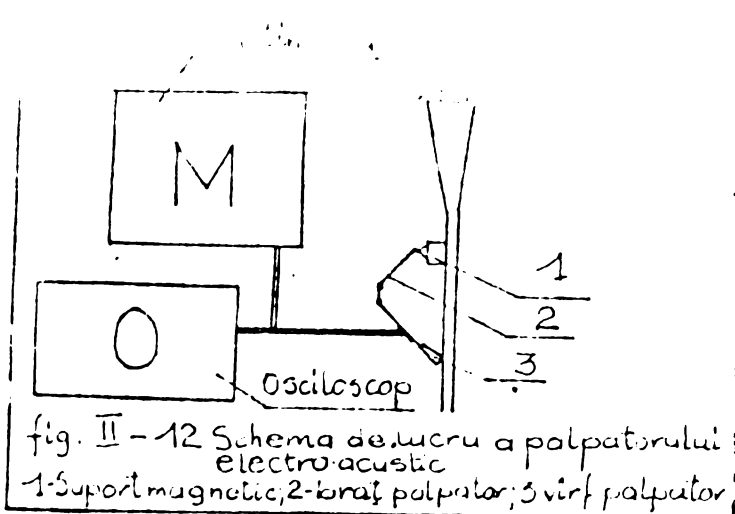
acustic. Sensibilitatea sa  $S$ , este de,

$$S = 660 \frac{mV \cdot \mu}{\mu} \quad (II-209)$$

adică la o amplitudine a vibrației acustice  $A$  de  $1 \mu$ , palpatorul piezoelectric, dă un semnal electric alternativ, de aceeași frecvență cu ultrasunetul, avînd o valoare efectivă de 660 mV

Deoarece maximului de amplitudine  $A$  îi corespunde ventrul iar minimul îi corespunde nodul, se poate determina prin măsurători directe valoarea semilungimii de undă  $\lambda/2$  și pe această bază, la o frecvență dată, cunoscută, stabilită și vizualizată la frecvențmetru respectiv osciloscop, rezultă viteza undei acustice în solide și potrivit cunoscutei relații

$$c = \lambda f \quad \langle m/s \rangle \text{ și} \quad (II- )$$



### 3.4.3. Hidrofon

Hidrofonul realizat este un traductor electroacustic folosit pentru măsurarea presiunii acustice efective în mediul lichid (apa) și indirect a intensității medii  $I$  sau vitezei de propagare a undei acustice  $C$ , potrivit relației :

$$I = \frac{\left(\frac{p_{max}}{\sqrt{2}}\right)^2}{\rho_0 \cdot c} \cdot \frac{\rho^2 e^2}{\rho_0 \cdot c} \quad \langle \frac{W}{m^2} \rangle \text{ și} \quad (II-210)$$

$\rho_0$  fiind densitatea medie a lichidului (apa)

Se cunoaște că pentru a folosi un microfon de presiune /6, 13, 19...23, 63, 67, 89, 129, 135, 140/ ca traductor, el trebuie să aibă frecvența de rezonanță  $f_{1r}$  mai mare decît frecvența ultrasunetului măsurat, și să aibă dimensiunea maximă  $d_{max}$  :

$$d_{max} \leq \frac{\lambda}{2\pi} \text{ sau } kd_{max} \leq 1 \quad (II-211)$$

fiind cu atît mai bun cu cît

$$kd_{max} = \frac{2\pi}{\lambda} d_{max} \ll 1 \quad (II-212)$$

Domeniul de frecvență  $f$  și lungime de undă proiectat este pentru :

$$\begin{aligned} 16 \text{ kHz} < f \leq 25 \text{ kHz} \\ 6,5 \text{ cm} < \lambda < 9,0 \text{ cm} \end{aligned} \quad (II-213)$$

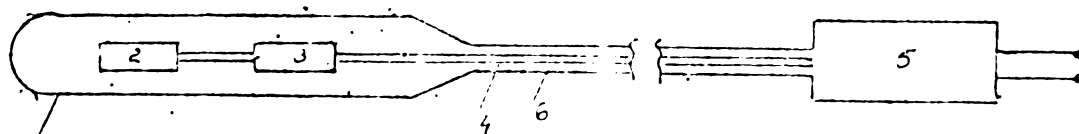


fig (II-14). Schema de principiu a hidrofonului.

- 1 Îmbrăcăminte de contact-acustic și protecția elementului sensibil
2. Element sensibil piezoelectric (ceramică piezoelectrică)
3. Preamplificator
4. Cabluri de transmisie
5. Amplificator
- 6 Conductor de protecție a cablurilor

Schema de principiu a hidrofonului este dată în fig.II-14 unde ca material protector s-a folosit un tub de polistiren care are o impedanță acustică apropiată de cea a apei și deci un coeficient de reflexie acustică mic.

Traductorul electroacustic este de tip capacitiv avînd o sensibilitate  $S$ , este funcție de tensiunea electromotoare  $E_m$

$$S = \frac{E_m}{P_i} \left\langle \frac{V m^2}{N}, \frac{\mu V}{b o r} \right\rangle \quad (II-214)$$

și presiunea acustică instantanee  $p_i$ , valabilă pentru

$$5 \text{ Hz} < f < 4 \cdot 10^4 \text{ Hz} \quad (II-215)$$

El are calitățile necesare adică :

- Raportul semnal-șgomot să fie cît mai mic
- Dimensiuni geometrice mici
- Să fie stabil la variații de presiune statică și temperatură

Preamplificatorul este impus din considerentul că elementul sensibil are impedanță  $Z$

$$Z = (1 \text{ } 100) \text{ M } \Omega \quad (II-216)$$

Asemenea impedanțe sînt asemănătoare valoric cu cele a cablurilor ecranate de tip coaxial care apără semnalul debitat de hidrofon de semnalele parazite.

De aceea preamplificatorul se așează înaintea cablului de transmisie a hidrofonului și are rolul de a transforma impedanța mare de ieșire a rezonatorului într-o impedanță mai mică de ordinul  $k \Omega$ -lor.

Cablul ales are caracteristici corespunzătoare pentru a nu avea capacitate parazită.

Amplificatorul de semnal electric, poate amplifica liniar semnalul de 100 ori în banda de frecvență (II-213).

El mai este conceput astfel ca să nu distorsioneze semnalul electric.

În funcționare, tensiunea de ieșire din amplificatorul de hidrofون se măsoară cu multimetrul, se vizualizează la osciloscop, respectiv se controlează frecvența de lucru la frecvențmetru.

#### 3.4.4. Celulă de determinarea rezistivității hidrosolurilor

Pentru determinarea rezistivității hidrosolurilor R, parametru folosit în corelații cu alți parametri fizico-chimici la urmărirea proceselor de coagulare-sedimentare s-a confecționat, două tipuri de celule ca în fig.II-15.



care cuplate cu generatorul de joasă frecvență și multimetrul care măsoară tensiunea  $U < V$  și curentul  $I (\mu A)$  dat de generator, iar rezistența coloanei de apă din celulă :

$$R = \frac{U}{I} \quad \langle \Omega, k\Omega \rangle \quad (II-217)$$

Iar rezistivitatea hidrosolului rezultă din relația :

$$\rho_e = \frac{R \cdot S}{L} \quad (II-218)$$

unde :

$L$  - distanța dintre electrozi  $\langle m, cm \rangle$

$S$  - secțiunea transversală a celulei  $\langle m^2, cm^2 \rangle$

Instrumentele menționate s-au realizat în cadrul programului de creiere a laboratorului hidrosonic în cadrul catedrei CHIF conceput de autor. Proiectarea și execuția lor s-a efectuat în colaborare cu TCMT în cadrul catedrei CHIF și cu sprijinul altor colaboratori externi pentru părțile de mecanică fină.

În cadrul aceluiași program sînt în curs de execuție : traductor optic de debit solid, circuite pentru determinarea impedanțelor electrice, traductoare rezistive și termoelemente pentru determinarea temperaturii apelor și a rezistențelor etc.

#### 3.5. INSTALATIE EXPERIMENTALA DE LIMPEZIRE A HIDROSOLURILOR

Instalația experimentală de limpezire a hidrosolurilor este

concepută principial din două părți :

- Instalația experimentală de producere-concentrare și direcționare (fascicularizare) a undelor ultraacustice, și

- Instalația hidraulice de alimentare, transport, activare și măsură a hidrosolurilor activate în câmp hidrosonic și gravitațional în vederea limpezirii lor.

3.5.1. Instalația experimentală de producere-concentrare și direcționare (fascicularizare) a undelor ultraacustice, se compune din :

3.5.1.1. Generatorul (convertorul) de înaltă frecvență de 140(160) W tranzistorizat

Generatorul de impulsuri electrice de frecvență ultrasonică este un generator (convertor) de putere simetric, format dintr-un etaj defazor, tranzistoare, amplificatoare și transformatorul de ieșire care funcționează ca autooscilator, prin întoarcerea în fază a unei părți din energia de ieșire.

Puterea nominală în regim de durată este de 120 V.A.

Frecvența este ajustabilă în banda (16-22)kHz, iar Impedanța de sarcină optimă este de (40...50)  $\Omega$  în funcție de condițiile constructive.

Funcția de autoreglare a frecvenței electrice se realizează prin modificarea modulului impedanței electrice de ieșire, funcție de impedanța mecanică opusă de transductor.

Montajul este realizat din 8 tranzistoare de tip ASZ 18, dispuse simetric și paralel, puterea nominală la ieșire fiind de 160 W, limitată preventiv la 120 W.

Reglarea puterii se asigură prin modificarea tensiunii de alimentare în limitele (160...250)V. Alimentarea tranzistoarelor s-a realizat în curent continuu printr-un transformator de rețea și un set de 4 diode redresoare tip 10 Si3. Răcirea etajului de putere este realizată prin radiatoare termice fasonate din aluminiu și ventilație forțată cu jet de aer.

Reglajul frecvenței se realizează printr-un șurub de reglaj care acționează asupra impedanței primarului transformatorului de defazare  $T_1$ . Prin circuitul de reacție se realizează și o reglare automată a frecvenței electrice în jurul frecvenței de rezonanță mecanică a transductorului de ferită.

Reglajul de bază este la o frecvență  $f = 20$  kHz

Impedanța de sarcină nominală este de 50  $\Omega$  și se conectează în secundarul transformatorului de ieșire.

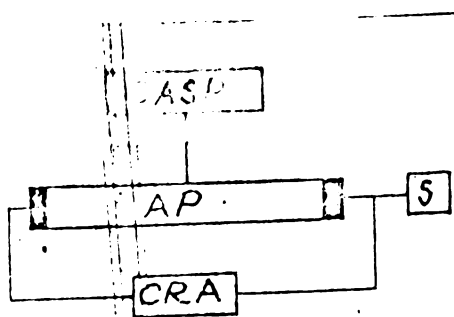


Fig. II-16 Schema bloc a convertorului de frecvență

Protecția generatorului se asigură printr-o siguranță fusibilă, F(1A) pentru cazul de scurt circuit și prin setul de diode 27 D.Z. - 2 x 10 Si3 în cazul supra-tensiunilor de colector (mers în gol). Legătura convertorului cu transductorul se asigură prin conectarea bobinajului la convertor, iar pornirea și oprirea prin butonul de comandă.

Instalația se protejează prin legătura de masă (pământ) și conectarea permanentă a transductorului sau a unei sarcini echivalente, pentru a evita apariția supratensiunilor la transformatorul T<sub>2</sub>.

Realizarea convertorului în această fază s-a asigurat prin cercetarea documentară /37,55,65,72,89,102,112,122,124,128,129,133,135,,136,139,147,153/, și sprijinul unor specialiști mecanici și electroniști.

Ulterior randamentul său s-a îmbunătățit prin legarea în paralel de condensatoare însumând  $2 \cdot 10^4 \mu F$ . De asemenea urmează ca pentru un echipament nou sau de putere mai mare să se folosească piese cu caracteristici îmbunătățite. Astfel se prevede înlocuirea celor 8 tranzistoare ASZ 18 cu 2 tranzistoare de putere 2 N 3055, prin micșorarea pieselor, scade și pierderile de energie electrică sub formă de căldură, iar cele 4 diode 10 Si 3, din aceleași motive se vor înlocui cu două diode 20 Si (20 A)

Randamentul electric  $\eta_e$  obținut prin îmbunătățirile deja aduse este dat de :

$$\eta_e = \frac{P_u}{P_c} = \frac{P_{ae} \cos \varphi_e}{P_{ai} \cos \varphi_i} \quad (II-219)$$

- $P_u$  - puterea utilă <W>
  - $P_c$  - puterea consumată <W>
  - $P_{ae}$  - puterea aparentă la ieșire <VA>
  - $\cos \varphi_{e,i}$  - factor de putere la ieșire respectiv intrare
  - $P_{ai}$  - puterea aparentă la intrare <VA>
- ceea ce în cazul convertorului este :

$$\eta_e = (79 \dots 81) \% \quad (II-220)$$

ceea ce reprezintă un randament foarte bun, cu condiția ca puterea reactivă să fie anulată, lucru ce în condiții obișnuite industriale se realizează curent, prin prevederea unei baterii de condensatoare.

### 3.5.1.2. Transductorul magnetostrictiv

Traductorul magnetostrictiv este format din 2 buc de ferite I 2o produs de ICE și sortate prin metode corespunzătoare pentru a avea calități magnetostrictive foarte apropiate (toleranțe de maxim 2 %) înfășurate cu conductor ETI de 0,1 mm . Se cunoaște /7,65,86, 89/ că forța mecanică de comprimare și destindere din interiorul feritei este produsă de curentul I, ce străbate înfășurarea feritelor, deci traductoarele de ferită sînt caracterizate prin :

$R_m$  este rezistența electrică de mișcare  $\langle \Omega \rangle$

$C_m$  este capacitatea electrică de mișcare  $\langle F, \mu F \rangle$

$L_m$  este inductanța electrică de mișcare  $\langle H, \mu H \rangle$

Măsurarea acestor mărimi se face indirect prin metoda impedanței electrice Z a transductorului.

S-au efectuat astfel de măsurători, și în vederea calibrării lor pe 2o buc. I 2o. Astfel de exemplu pe ferita IV rezultatele măsurătorilor se dau în tabelul II-17

Determinarea impedanței  $Z = f_1(f)$  la ferita IV . Tabelul II-17

$f \langle Hz \rangle$	$ Z  \langle \Omega \rangle$	$f \langle Hz \rangle$	$ Z  \langle \Omega \rangle$	$f \langle Hz \rangle$	$ Z  \langle \Omega \rangle$	$f \langle Hz \rangle$	$ Z  \langle \Omega \rangle$
10.000	14,7	21.350	246	21.463	37,2	21.750	15,1
16.000	20,6	21.356	398	21.480	28,0	21.801	16,2
20.000	26,6	21.360	579	21.500	20,4	21.900	17,9
21.100	39,7	21.364	613	21.552	11,7	22.000	19,1
		MAX					
21.150	43,1	21.372	433	21.566	11,2	23.001	24,0
21.200	48,4	21.380	316	21.590	10,5	27.000	29,7
				MIN			
21.250	58,0	21.390	196	21.600	10,6	30.000	32,7
21.300	79,8	21.400	153	21.624	11,5	-	-
21.325	110,0	21.427	77,5	21.654	12,4	-	-
21.340	157	21.445	51,4	21.702	13,8	-	-

Din fig.II-17 se reflectă rezultatele din tabelul II-17 se vede cît de mare este variația impedanței în jurul frecvenței de rezonanță. Măsurarea impedanței Z se efectuează cu ajutorul generatorului de joasă frecvență E 0501, multimetrul electronic E 0403 la frecvențele stabilite și vizualizate la frecvențmetru E 0202.

Se cunoaște de asemenea că inductanța proprie a transductorului LT :

$$L_T = \sqrt{\frac{Z''^2 - Z'^2}{4\pi(f''^2 - f'^2)}} \quad \langle Hz \rangle \quad (II-221)$$

iar rezistența de pierderi neacustice



$$R_p = \sqrt{Z'^2 - 4\pi^2 f^2 L_T^2} = \sqrt{Z''^2 - 4\pi^2 f^2 L_T^2} \quad \langle \Omega \rangle_{si} \quad (II-222)$$

și :

$$R_m = \sqrt{Z_{max}^2 - 4\pi^2 f_{max} L_T^2} - R_p \quad \langle \Omega \rangle_{si} \quad (II-223)$$

$$L_m = 2L_T \frac{f_{min}}{f_{max}} - 1 \quad \langle H \rangle_{si} \quad (II-224)$$

$$C_m = \frac{1}{4\pi^2 f_{max}^2 L_m} \quad \langle F \rangle_{si} \quad (II-225)$$

Pentru cazul concret prezentat s-a obținut :

$$L_T = 164,361 \cdot 10^{-6} H \quad R_p = 10,46 \Omega \quad (II-226)$$

$$R_{mp} = 602,14 \Omega \quad L_{mp} = 3478 \cdot 10^{-6} H ; C_{mp} = 1596 \cdot 10^{-6}$$

Odată determinate mărimile  $L_T, R_p, R_m, L_m$  și  $C_m$  se pot determina parametrii de bază ai feritei și anume :

- Frecvența de rezonanță  $f_r$  care este :

$$f_r = f_{max} \quad \langle Hz \rangle_{si} \quad (II-227)$$

- Randamentul electroacustic (electromecanic) al feritei

iar :

$$\eta_{emf} = \frac{R_m T}{R_m T + R_p} \quad (II-228)$$

$$R_m T = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + \left(\frac{1}{2\pi f L_m} - 2\pi f C_m\right)^2} \quad \langle \Omega \rangle_{si} \quad (II-229)$$

Se vede că :

$$\eta_{emf} = \eta_{emf}(f) \quad (II-230)$$

Intr-adevăr la frecvența de rezonanță  $f_r$  se obține valoarea maximă a randamentului

$$\eta_{emfr} = \frac{R_m}{R_m + R_p} \quad (II-231)$$

valoarea  $\eta_{emf}$  indică partea din puterea electrică consumată efectiv

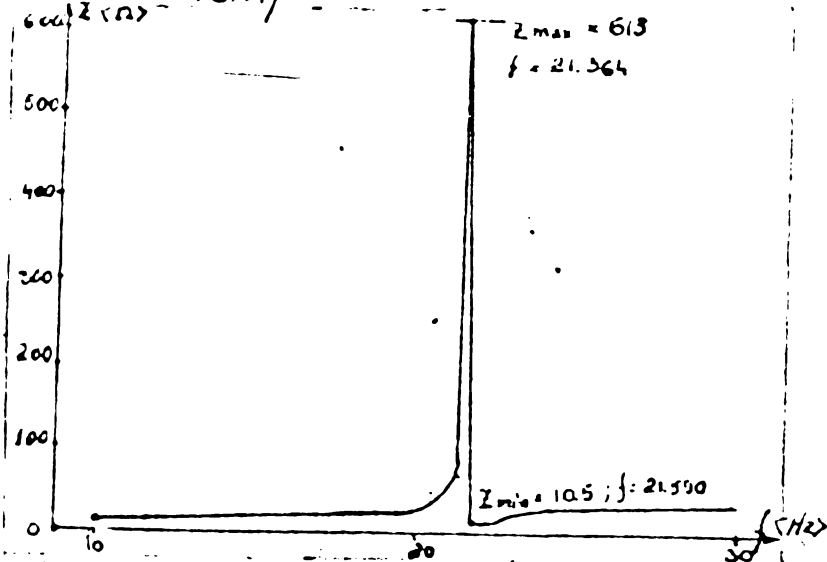


Fig (II-17) Determinarea impedanței (Z) în jurul frecvenței de rezonanță (f)

In exemplul considerat

$$\eta_{emfr} = 0,983 = 98,3\% \quad (II-231')$$

In instalațiile pilot, cu funcționare continuă sau mai îndelungată este necesar să se studieze și metode avantajoase de răcire a transductorilor, deoarece astfel, există riscul să se fisureze și

deci practic să fie scoase din funcție.

- Factorul de calitate acustic (mecanic)  $Q_{me}$  este prin definiție raportul dintre energia mecanică maximă înregistrată într-o perioadă oarecare și energia medie disipată sub formă de căldură în aceeași perioadă, multiplicat cu  $2\pi$ , adică :

$$Q_{me} = 2\pi \frac{E_{max}}{E_d} \quad (II-232)$$

Relația de calcul folosită este :

$$Q_{me} = R_m \sqrt{\frac{C_m}{L_m}} \quad (II-233)$$

care în cazul dat este :

$$Q_{me} = 1289 \quad (II-234)$$

iar literatura /14,55,124/ indică :

$$Q_{me} = (1000 \dots 2000) \quad (II-235)$$

- Factorul de cuplaj electromecanic  $k_{em}$  este raportul dintre energia mecanică înmagazinată și energia electrică înmagazinată de transductorul electromecanic la o încărcare statică de energie (curent constant). El se definește și prin :

$$k_{em} = \frac{L_m}{L_T} \quad (II-236)$$

Cu cât valoarea lui este mai mare, cu atât ferita se recomandă calitativ mai mult.

În cazul dat

$$k_{em} = 0,14546 \quad (II-237)$$

ceea ce înseamnă că se încadrează în limite obișnuite indicate de literatura /14,55,124/ unde :

$$k_{em} = (0,1 \dots 0,2) \quad (II-238)$$

Factorul de cuplaj electroacustic dinamic

Deoarece factorul de cuplaj variază cu frecvența valoarea sa maximă se va obține la rezonanță când ,

$$k_{eodr} = \sqrt{2} k_{em} Q_{em} \quad (II-239)$$

Se definește factorul de cuplaj electroacustic dinamic  $k_{eodr}$  raportul dintre energia totală acustică înmagazinată într-o perioadă în transductor și energia totală debitată de sursa de curent alternativ ce alimentează transductorul. El este un parametru decisiv de calitate alături de  $\eta_{emfr}$

În cazul dat,

$$k_{eodr} = 265 \quad (II-240)$$

Acest factor nu este definit în literatura de specialitate.

Se vede că chiar dacă materialul din care e confecționată ferita este de calitate mai slabă (adică  $k_{me}$ , să aibă o valoare spre limita inferioară, ferita poate avea, dacă se execută geometric corespunzător un factor  $Q_{me}$  (fețe plane) foarte bun, adică pe ansamblu,  $k_{eodr}$  în limite bune și foarte bune. Deși aceasta este o problemă de fabri-

cație se menționează, că prin înlăturarea unor neplaneități în laboratorul CHIF s-a reușit să se îmbunătățească și frecvența și  $Q_{me}$  cu cca (10...16) %.

### 3.5.1.3. Concentratorul solid de energie acustică

Direcționarea cu maximă eficiență a undelor acustice produse în transductorul magnetostrictiv, se realizează în concentratoare de energie acustică /6, 17, 50, 51, 52, 55, 65, 112, 139/.

Pentru instalația experimentală s-a proiectat și realizat în variante 3 concentratoare, toate din OL 50.

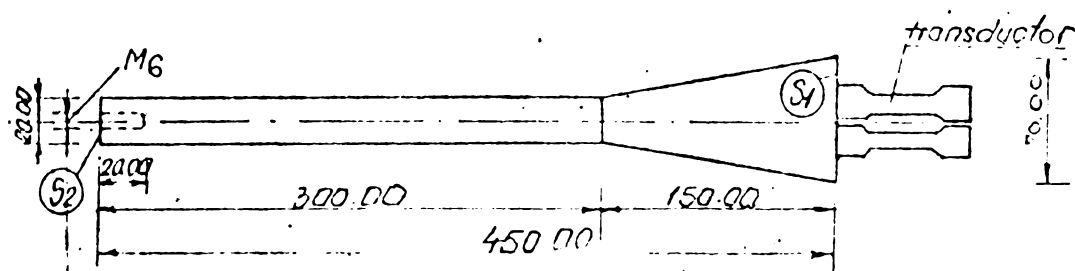


Fig. II-18. Concentrator de energie ultrasonică  
 Caracteristicile concentratorului cuplat cu  
 transductorul pe OL 50:  $\lambda_{real} \approx 280 \text{ mm}$   $c_L = 5105 \text{ m/s}$   $c_L = 5105 \text{ m/s}$   
 $\nu_{real \text{ virf}} = 18032 \text{ Hz}$   $d_0 = 70 \text{ mm}$   $L = 450 \text{ mm}$   
 $d_L = 20 \text{ mm}$   $l_e = 420 \text{ mm}$

Din studiile menționate rezultă că eficacitatea maximă se obține prin proiectarea unui concentrator solid exponențial, cu secțiuni transversale circulare  $S_0$ , inițială (lipită de transductor),  $S_x$ , curentă și  $S_2$  la capăt (unde se aplică distribuitorul de energie acustică). Diametrii aferenți se notează cu  $d_0$ ,  $d_x$  și  $d$ . Secțiunea curentă  $S_x$  este dată de :

$$S_x = S_0 e^{-mx} \quad \langle m^2, \text{cm}^2, \text{mm}^2 \rangle \quad (\text{II-241})$$

$S_0$ , se alege din considerente constructive de gabarit a transducoarelor. In cazul proiectat

$$S_0 = 38,48 \text{ cm}^2 \quad (\text{II-242})$$

$$m = 2 \ln \frac{M}{L} \quad (\text{II-243})$$

fiind o constantă ce caracterizează variația secțiunii transversale de-a lungul barei

$$M = \frac{v_e}{v_0} = \frac{d_e}{d_0} ; M = 3,5 \quad (\text{II-244})$$

$v_e, v_0$  sînt vitezele în secțiunile  $l$  și inițială.

Lungimea concentratorului  $L$  este :

$$L = n \frac{c'}{2f} = n \frac{c}{2f} \Delta' \quad \langle m, \text{cm} \rangle \quad (\text{II-245})$$

Coeficientul de corecție :

$$\Delta' = \left[ 1 + \left( \ln \frac{M}{n\pi} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{II-246})$$

Pentru primul punct nodal  $n' = 0$

Pentru al 2-lea punct nodal  $n = 1$ ,  $n$  fiind numărul de semilungimi de unde  $\lambda/2$

In cazuri practice, lungimea concentratorului se alege astfel ca :

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad \langle m, cm \rangle \quad \dots \quad (II-247)$$

iar :

$$\lambda = \frac{c'}{f} = \frac{c}{f} \left( 1 - \frac{m^2 c^2}{4 \omega^2} \right) \quad \langle m, cm \rangle \quad \dots \quad (II-248)$$

Deoarece frecvența de rezonanță reală, variază față de cea teoretică și din cauza neomogenităților, fiind de regulă mai mică se modifică și  $\lambda$ , astfel că o relație experimentală pentru determinarea lungimii efective  $L_e$  este :

$$L_e = \left[ \frac{nc}{2f_r} \right] \left[ 1 + \left( \lg \frac{M}{n\pi} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (II-249)$$

Considerînd  $c = 5900$  m/s și  $f = 20$  kHz, a rezultat :  $\lambda/2 = 15$  cm  
 deci  $L_e = 45,6$  cm iar  $d_e = 2$  cm,  $d_o = 7,0$  cm.

Cu ocazia lipirii concentratorului de transductor cu araldit /27,28,29,30/ s-a modificat frecvența de rezonanță  $f_r$ , iar prin determinările directe cu palpatorul a rezultat :  $f_r = 18232$  Hz,  $\lambda = 28$  cm,  $c = 5105$  m/s într-un prim concentrator de exemplu.

Problema cuplajului concentrator-transductor rămîne în general o problemă cheie, ca de altfel și celelalte cuplaje, un cuplaj nereușit putînd chiar periclita transmiterea energiei acustice. In ce privește randamentul de transmisie propriu a concentratoarelor  $\eta_e$  acesta depinde de frecvență, densitatea și omogenitatea mediului (materialului) de natura transductorului, modul de cuplaj atît cu transductorul, cît și cu distribuitorul, respectiv mediul de activare etc. Folosind tipul menționat de concentrator, autorul a folosit rezultatele cele mai bune din literatura indicată ca și experiența din țară (ICEM București și ICE București) pentru realizarea lui, deoarece în ansamblu randamentul general (v. cap. 4) satisface necesitățile cercetărilor preconizate.

#### 3.5.1.4. Distribuitorul de energie acustică

Este partea terminală a concentratorului de energie acustică care se cuplează de acesta printr-un șurub de fixare ca în fig. II-19.

Forma lor e circulară și prevăzută cu găuri pentru circulația apei hidrosonate. S-au realizat pentru fiecare tip de incintă de activare cîte 5 tipuri de distribuitoare și anume :

- cu grosime mare (1...3)mm pentru intensități mari  $\left[ I > 1 \frac{W}{cm^2} \right]$
- cu grosime mică (0,02...1,0)mm pentru intensități medii și mici  $\left[ I \leq 0,01 \frac{W}{cm^2} \right]$
- cu grosime mare (1...3)mm și sită pentru  $I \geq 10 \frac{W}{cm^2}$

Realizarea distribuitorului de energie acustică se asigură într-o primă fază folosind relații experimentale ca /55,112/.

$$d = \frac{0,96}{\frac{d}{h} \cdot f} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \quad (II-250)$$

Raportul dintre diametrul distribuitorului  $d$  și grosimea  $h$  se consideră experimental :

$$\frac{d}{h} = (30 \cdot 100) \quad (\text{II-251})$$

care se impune,  $f$ , este frecvența vibratorului magnetostrictiv Hz  
 $E$  este modulul de elasticitate  $N/m^2$ ,  $\nu$  este coeficientul lui Poisson,  $\rho_a$  este densitatea materialului folosit pentru confecționarea distribuitorului de energie acustică,  $\alpha$  este un coeficient ce depinde de proprietățile mediului

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,34 \rho_a \cdot d / \rho h}} \quad (\text{II-252})$$

$\rho$  este densitatea mediului lichid (apa  $kg/m^3$ )

$n = f$  (numărul de cercuri nodale)

Secțiunea plăcii rezultă apoi din elementarea relație geometrică :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{II-253})$$

Deoarece după introducerea în hidrosol a distribuitorului de energie, se modifică caracteristicile de vibrație, ambele fețe fiind suprafețe radiante, este necesar să se corecteze suprafața distribuitorului. Aceasta se poate face fie folosind formule experimentale, fie prin măsurători directe. S-a preferat calea măsurătorilor experimentale, prin metode electroacustice și realizarea unei game variate de distribuitoare, cum s-a arătat.

Se precizează că este necesar pentru o funcționare optimă ca legătura dintre concentrator și distribuitor să fie cât

mai intimă, pentru a nu se pierde energie acustică, de aceea :

- S-a folosit OL 50, de aceeași calitate ca și concentratorul
- S-a realizat o rectificare la  $90^\circ$  a suprafețelor de contact.
- S-a prevăzut o garnitură metalizată (staniol) care să asigure o îmbinare cât mai forțată și intimă.

În cazul folosirii sitelor s-a prevăzut și o șaibă de cauciuc care are și scopul de izolare față de încintă (lateral) pentru a preveni o scurgere a energiei acustice prin pereții incintei de acti-

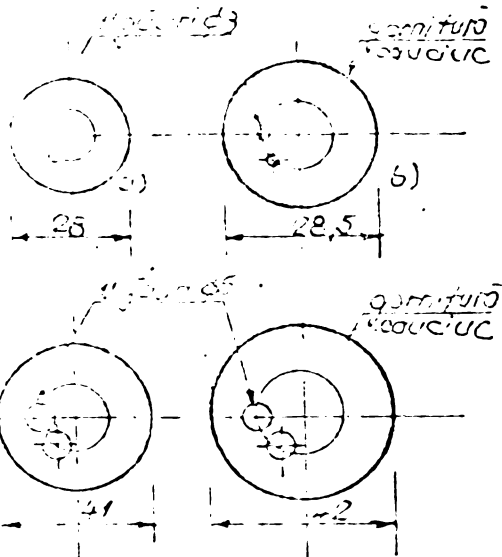
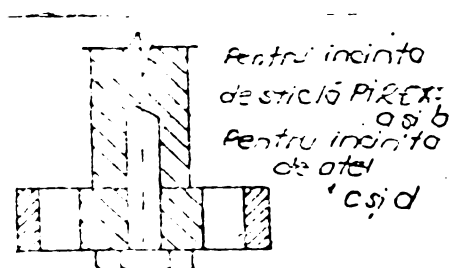


Fig. II-17. Tipuri de activatoare

vare, mai ales la incinta de activare metalică.

Ca și în cazul concentratorului, nu s-au analizat special randamentele diferitelor distribuitoare, ci numai în ansamblu transductor-concentrator distribuitor (v. cap. 4)

### 3.5.2. Instalația hidraulică de alimentare, activare și măsură a hidrosolurilor activate în câmp hidrosonic și gravitațional în vederea limpezirii lor

Instalația hidraulică este concepută în așa fel încât, să se poată realiza un regim de curgere hidrodinamic controlat din punct de vedere a vitezei  $v$ , debitului  $Q$  și variației presiunii hidraulice  $p$ , în diferite puncte materializată, prin instalație de măsură piezometrică, adică prin variațiile nivelului hidrosolului  $h$ , în tuburile piezometrice.

Descrierea componentelor s-a făcut la 3.2.2. și fig. II-

Partea principală a instalației o constituie incinta de activare, în care se introduce concentratorul și distribuitorul de energie acustică și care servește la studierea proceselor de destabilizare (agregare-sedimentare) sau stabilizare (difuzie-dispersie, emulsionare etc.). Incinta de activare s-a proiectat și realizat în 8 variante de tipul 1 și 2 variante de tipul 2. Pentru experimente statice s-au mai folosit ca incinte și eprubete sau alte recipiente.

Incintele de activare s-au realizat astfel ca :

- Să asigure circulația și activarea ultrasonică a hidrosolului.
- Să permită, în limite largi, reglarea distribuitorului de energie acustică în vederea experimentării în condițiile formării de:
  - unde acustice plane longitudinale progresive
  - unde acustice plane longitudinale staționare.
- Să permită evacuarea lesnicioasă și eventual continuă a agregatelor sedimentate, în mediul exterior prin rezervorul de evacuare.
- Să se poată realiza o schimbare rapidă a concentratorului și distribuitorului.
- Să permită vizualizarea sau cel puțin măsurarea unor parametri hidroacustici.
- Să se asigure separarea fazelor hidrosolurilor
- Să fie rezistentă la vibrațiile ultrasonice.

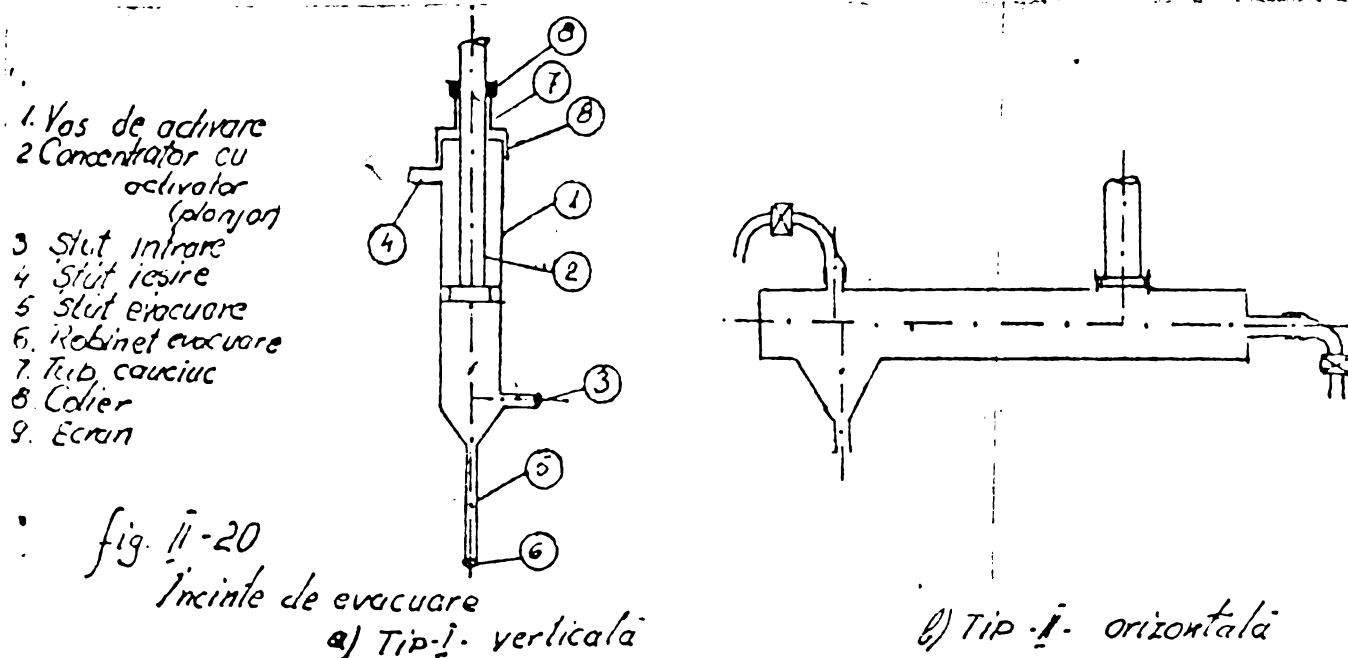
Tinând seama de aceste considerente, ca și de faptul că era necesar să se verifice :

- Timpul de activare hidrosonică
- Grosimea optimă a distribuitoarelor de energie acustică

- Influența parametrilor de incintă în procesele de stabilizare sau destabilizare a hidrosolurilor, respectiv ,

- Stabilirea în final a unei forme mai optime de incintă în faza a 2-a experimentală.

S-au executat 2 tipuri de incinte. În primul tip circulația hidrosolului se realizează în sens contrar gravitației iar în tipul 2, defazat cu  $90^\circ$  față de direcția și sensul gravitației fig. II-20 b)



Incintele de tipul 1 sînt realizate din sticlă Pyrex sau Turda oțel sau sticlă organică, iar cele de tipul 2 din sticlă Pyrex. Incintele de tipul 1 (A...G) sînt dimensionate pentru minim , pe lângă alte lungimi anexe, așa cum se vede din tabelul II-18 ce conține caracteristicile principale ale incintelor.

Transportul hidrosolurilor în și din incintă ca și legăturile la panoul piezometric se face prin tuburi de cauciuc, debitul fiind reglat cu ajutorul unor cleme de reglaj.

Tipul 2 păstrează unele caracteristici ale tipului TC și 1 F avînd un orificiu suplimentar pentru activare ultrasonică și un perete de capăt închis (fig. II-20 b).

Dimensionarea incintelor de activare s-au realizat în concordanță cu prevederile cap. (2, 4...2-8) și (3.5.1).

Unele caracteristici geometrice a incintelor de activare  
de tipul 1

Tabelul II-18

	$h_T$	$h_u$	$h_e$	$h_b$	S	S	$S_{ev}$	$V_T$	$V_{ev}$	Natura materialului
A	35	21	2,5	14	9,08	0,28	0,28	245,0	107,80	Sticlă Pirex $\emptyset$ 3,4
B	61	41	6,0	26	7,07	0,50	0,50	460,7	183,82	Idem $\emptyset$ 3 cm
C	31,4	22	4,0	13	14,19	0,28	0,28	427,2	180,05	OL 50 $\emptyset$ 4,25 cm
D	38	35,5	2,0	17,5	24,63	0,50	1,13	935,9	431,03	Plexiglas $\emptyset$ 5,6 cm
E	35	21	2,8	14	13,85	0,50	1,13	245,0	193,9	Sticlă Pirex $\emptyset$ 4,2 cm
F	35	21	2,5	14	7,07	0,50	1,13	245,0	107,8	Sticlă Turda $\emptyset$ 3 cm
G	61	41	6,0	26	9,08	0,50	1,13	460,7	183,82	Sticlă Turda $\emptyset$ 3,4 cm

$h_T$  - înălțimea totală <cm>

$h_u$  - înălțimea utilă <cm>

$h$  - înălțimea de limpezire (teoretică) <cm>

$h_b$  - înălțimea de barbotare - îngroșare <cm>

S - secțiunea incintei de activare <cm<sup>2</sup>>

S - secțiune de intrare-ieșire a hidrosoluri <cm<sup>2</sup>>

$S_{ev}$  - secțiunea de evacuare a agregatelor-sedimentare <cm<sup>2</sup>>

V - volumul total al incintei <cm<sup>3</sup>>

$V_{ev}$  - volumul zonei de îngroșare evacuare <cm<sup>3</sup>>



CAPITOLUL 4 - PROGRAMUL EXPERIMENTAL. METODE. REZULTATE SI  
PRELUCRARI... A REZULTATELOR EXPERIMENTALE

4.1. CONSIDERATIILE PRIVIND STABILIREA PROGRAMULUI  
EXPERIMENTAL DIN FAZA I-a

4.1.1. Dacă procesele de agregare (coagulare, floclulare etc.) sedimentare și limpezire a hidrosolurilor se realizează astăzi în bune condițiuni folosind diferite tehnologii, mai ales mecano-chimice, în schimb realizarea lor prin procedee hidrosonice este practic inexistentă. De aceea, cum s-a arătat, a fost nevoie să se stabilească condițiile și direcțiile teoretice de urmat, aparatura experimentală și nu în ultimul rând aparatele și metodele de măsură și prelucrare a rezultatelor teoretice și experimentale. Materialele folosite pentru experimentare au fost într-o primă fază :

- Ape uzate din industria lemnului (Deța) sau din domeniul industriei metalurgice (București) ;

- Ape din canalul Bega ca și ape prefabricate.

Pentru stabilirea eficienței metodei în prima fază s-a avut în vedere :

- Determinarea condițiilor hidrodinamice de curgere în instalația hidraulică experimentală, în concordanță cu instalația experimentală de producere a câmpului ultrasonic și cu criteriile teoretice proprii sau din literatura de specialitate.

- Verificarea valabilității unor considerații teoretico-experimentale privitor la procesele de agregare-sedimentare-limpezire din literatura de specialitate, din punct de vedere hidrodinamic, și ultrasonic.

- Îmbunătățirea caracteristicilor de funcționare a instalației experimentale în ansamblu.

- Explorarea unor domenii conexe sau inverse, prin folosirea integrală sau parțială a instalației experimentale.

- Stabilirea unor criterii hidrosonice, geometrice etc., optime pentru obținerea agregării-sedimentării sau filtrării particulelor coloidale și pseudocoloidale din mediul lichid (apa) în condiții naturale sau dirijate. Prin condiții dirijate se va înțelege în acest program, suprapunerea peste condițiile naturale separat sau concomitent a unor forțe hidrodinamice sau ultrasonice, în cadrul diferitelor incinte de activare, iar în faza 2-a și folosirea unor coagulanți sau substanțe tensoactive.

4.1.2. Parametrii caracteristici măsurați direct, sau rezultați indirect ca urmare a prelucrării experimentale se referă la :

4.1.2.1. Parametrii hidraulici ca :

- Presiunea hidrodinamică  $p$ , în secțiunile caracteristice ale incintei de activare, adică la intrarea și ieșirea hidrosolului din incinta de activare, exprimată în  $m$  (cm, mm etc., col. de apă).

- Viteza curentului hidrodinamic în incinta de activare  $v_h$ , și sub acțiunea câmpului ultrasonor  $v_a$ , la intrare sau ieșire din incinta de activare  $v_{hi}$ ,  $v_{he}$  respectiv  $v_{ai}$  și  $v_{ae}$  etc., exprimată în  $\langle m/s \rangle$ ,  $\langle cm/s \rangle$  sau  $\langle mm/s \rangle$

- Coeficientul de vîscozitate cinematică  $\nu$  sau dinamică  $\eta$  și criteriul (numărul)  $Re$ .

4.1.2.2. Parametrii acustici sau electroacustici ca :

- Intensitatea acustică în  $\langle W/m^2 \rangle$  sau  $\langle W/cm^2 \rangle$ .

- Frecvența oscilațiilor acustice măsurată în  $\langle Hz \rangle$  sau  $\langle kHz \rangle$  etc.

- Puterea electrică activă (real absorbită)  $P_{ra}$ , exprimată în  $W$  (kW, ...).

- Randamentul electric al convertorului (generatorului) de frecvență electrică.

-  $k_m$  sau factorul de cuplaj electromecanic

-  $Q_{me}$  sau factorul de calitate acustic (mecanic)

-  $\eta_{eaf}$  sau randamentul electroacustic al feritelor

-  $k_{eadr}$  sau factorul de cuplaj electro-acustic dinamic

-  $\eta_{eat}$  sau randamentul electroacustic al transductorului

-  $\eta_{ta}$  sau randamentul de transmisie acustică a cuplajului concentrator-plojor (distribuitor) în mediul de activare

-  $\eta_{eadg}$  sau randamentul electro-acustic global a cuplajului transductor-concentrator-distribuitor în mediul de activare

4.1.2.3. Alți parametri fizico-chimici

- Timpul de activare : ultrasonică  $t_a$ , hidrodinamică  $t_h$  în s.

- Temperatura mediului exterior  $t_e$  sau a hidrosolului  $t_{hi}$ .

- Densitatea particulelor  $\rho_p$  și a mediului de dispersie  $\rho_f$  (apa)

- pH-ul hidrosolului înainte și după activare hidrodinamică  $pH_i$  sau hidrodinamică și ultrasonică  $pH_i''$  din incinta de activare în secțiunile de intrare, ieșire,

- Turbiditatea  $T$  în  $mg/dm^3$  echivalente de  $SiO_2$  în aceleași condiții ca pH-ul.

- Rezidiul fix  $R_f$  a fazei disperse în aceleași condiții ca turbiditatea.

-  $O_2$ ,  $Cl_2$ , Sulfati etc., din hidrosol (sistemul dispers) în aceleași condiții ca pH, exprimați în  $\langle mg/dm^3 \rangle$ ,  $\langle g/dm^3 \rangle$  etc.

#### 4.1.2.4. Parametrii geometrici ca

- Diametrul  $d$  a incintei de activare, în diferite secțiuni și în general exprimat în m (cm, mm) ca și a diametrelor secțiunilor de intrare, ieșire  $\sigma$  (cm).

- Secțiunea  $S$  a incintei de activare exprimată în  $m^2$  ( $cm^2$ ) ca și a secțiunilor de intrare-ieșire  $S\sigma$  ( $cm^2$ )

- Lungimea respectiv înălțimea  $l$ ,  $h$  pe diferite porțiuni a incintei de activare și în general, exprimată în m (cm...)

4.1.2.5. Parametrii tehnico-economici privind eficiența, se prezintă în cap.5.

4.1.3. Datorită numeroșilor parametri ce intervin în aceste procese, efectul s-a considerat global. Astfel pentru fiecare tip de hidrosol s-au efectuat măsurători independente hidraulice, ultrasonice și fizico-chimice la tipuri diferite de incinte de activare.

Pentru fiecare tip de incintă s-au efectuat minim trei probe, recoltându-se mostre pentru determinări sau efectuând direct măsurători a parametrilor hidrosolului la intrare, ieșire și evacuare din incintă. Aceste probe s-au realizat în variante :

- incintă liberă
- incintă cu concentrator-plonjor  $\dot{S}$  în sită 1
- incintă cu concentrator-plonjor  $\dot{S}$  în sită 2
- incintă cu concentrator-plonjor fără sită
- incintă cu concentrator-plonjor, sită 1 și sub acțiunea și a unui câmp acustic de intensitate  $I_a$ . Intensitatea acustică  $I$  s-a variat de regulă de 3 ori.
- idem dar cu sită 2 în loc de sita 1
- idem dar fără sită la plonjor.

Probele enumerate s-au realizat în regim hidrostatic și minimum trei regimuri hidrodinamice pentru fiecare hidrosol. În felul acesta pentru unele mărimi hidraulice, fizico-chimice, geometrice etc., s-au obținut  $2 \times 3 \times 7 \times 4 = 168$  valori sau 56 valori medii, sau  $3 \times 3 \times 7 \times 4 = 252$  valori sau 84 valori medii, care au servit la prelucrarea altor mărimi sau la evidențierea proceselor urmărite.

Metodele de investigație, rezultatele obținute și concluziile desprinse din faza 1-a a programului experimental au servit la elaborarea programului teoretico-experimental din faza a 2-a.

#### 4.2. UNELE EXPERIENȚE PRELIMINARE

Pentru testarea caracteristicilor de bază a instalației experimentale, realizate după concepția autorului, ce și pentru evidențierea calitativă a concepției autorului referitoare la procesele de agregare-sedimentare-limpezire s-au efectuat într-o fază preliminară următoarele experimentări :

4.2.1. Verificarea componentelor și a ansamblului instalației electroacustice, în urma cărora au rezultat următoarele caracteristici mai importante :

4.2.2.1. Caracteristici a convertorului (generatorului) de înaltă frecvență

fig II - 23  
Vedere generală  
a generatorului  
P.M și Genuson  
ICEM - ICE și a  
unor aparate de  
măsură și control

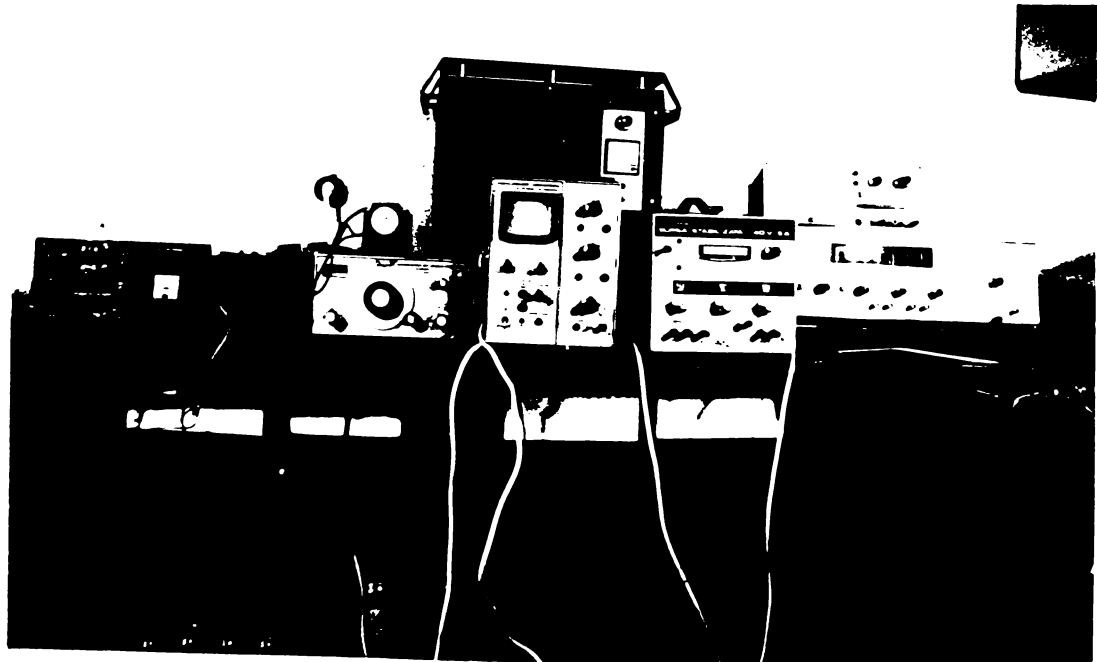
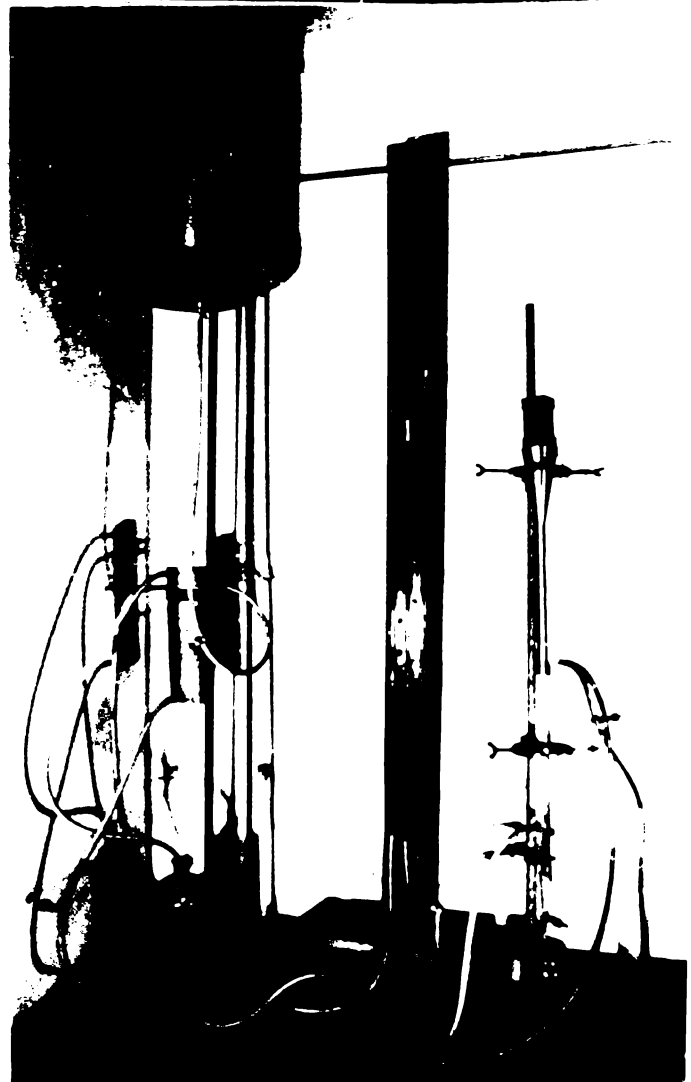


fig II - 24 Vedere generală a  
echipamentului hidraulic  
și ultrasonic.



Putere aparentă  $P_a = 140 \text{ VA} (160 \text{ VA})$

Putere activă real absorbită  $P_{ra} = 10 \text{ W} (11 \text{ W})$

Putere reactivă  $P_r = 139 \text{ VAR} (159 \text{ VAR})$

Frecvența de lucru optimă  $f = (16 - 22) \text{ kHz}$

Randamentul electric  $\eta = (79...81) \%$  a convertorului, funcție de sarcină.

Verificarea caracteristicilor de mai sus s-a realizat și în cadrul ICEM București (23-26 mai 1977), obținînd o confirmare a măsurătorilor efectuate la catedra CHIF (v.anexa II-a)

#### 4.2.2. Caracteristici a feritelor și transductoarelor de ferită

S-au sortat din 100 buc ferite I 20, 20 buc ferite I 20 (v.tabelul II-19 din 3.5.2) rezultînd :

frecvențe de rezonanță  $f_r = (19500...21500) \text{ Hz}$  atunci cînd au fost încercate independent.

Atunci cînd s-au montat cîte 2 buc.de ferite, înfășurate cu conductor T.C.Y. de  $0,5 \text{ mm}^2$  formînd transductorul, respectiv după lipire de concentratorul de energie acustică, frecvența de rezonanță proiectată s-a modificat. Modificări a frecvenței de rezonanță se produc și în montajul transductor-concentrator-distribuitoar în aer față de lichide (hidrosol). În fine frecvența de rezonanță variază cu temperatura. Din această cauză, ca urmare a disipării parțiale a energiei acustice și a creșterii temperaturii atît în ansamblul acustic cît și în hidrosol frecvența de rezonanță variază.

În tabelul II-19 se dau cîteva valori măsurate ale frecvenței de rezonanță a celor 4 perechi de ferite folosite ca transductori.

Variația frecvenței de rezonanță

Tabelul II-19

Tipul de I 20	Frecvența de rezonanță $f_r$ <Hz>				
	Individual tor 18°C	Ca transduc- tor 18°C	Transduc- tor-con- centrator distribui- tor în aer 18°C	T-c-d în apă 18°C	T.c.d. în apă 68°C
I 20-1a	<u>20000-</u> <u>20001</u>	18.682	17.995	17.982	17.876
I 20-1b	<u>19998-</u> <u>20001</u>				
I 20-2a	<u>21330-</u> <u>21331</u>	19.411	18.359	18.344	18.241
I 20-2b	<u>21330-</u> <u>21331</u>				
I 20-3a	<u>21356-</u> <u>21356</u>	19.395	18.330	18.321	18.219
I 20-3b	<u>21359-</u> <u>21356</u>				

I 20-4a	21265,6	19.262	18.191	18.183	18.095
I 20-4b	21266-				
	21264				

Variațiile se datoresc pierderilor de energie acustică cu ova-  
zia cuplajelor, naturii materialelor și temperaturii.

Se mai precizează că fiecare transductor de ferită are pe lângă  
frecvența fundamentală de rezonanță subarmonici și armonici la  
care există de asemenea frecvențe de rezonanță de mai mică amplitudine.  
Astfel în tabelul II-19 se dau valorile măsurate ale acestor frecvențe  
de rezonanță și a transductorului Z.

Totodată cunoscând că curentul electric I măsurat a fost

$$I = \sqrt{A} \quad (II-253')$$

și că puterea aparentă acustică P este produsul dintre tensiunea U și  
curentul I respectiv impedanța Z și  $I^2$  avem :

$$P_a = UI = Z I^2 \quad \langle VA \rangle \quad (II-254)$$

Iar puterea activă sau real absorbită acustică,  $P_{ra}$  este /8,13/ :

$$P_{ra} = (Z_{max} - Z_{min}) I^2 = R_m I^2 \quad \langle W \rangle \quad (II-255)$$

De aici mai rezultă și randamentul electroacustic al transductorului

$\eta_{eat}$  (v.3-5.1.2) iar  $R_p = 1 \Omega$

$$\eta_{eat} = \frac{R_m}{R_m + R_p} \quad \langle \% \rangle \quad (II-231')$$

Ansamblul traductor V-concentrator 3-distribuator  $\emptyset$  30 mm cu sită 1  
la temperatura 20°C Tabelul II-20

Frecvența $\langle Hz \rangle$	Z $\langle \Omega \rangle$	$P_a$ $\langle VA \rangle$	$P_{ra}$ $\langle W \rangle$	$\eta_{eat}$ $\langle \% \rangle$	Maxim M Minim m
10612	56,3	56,3			M
10750	50,1	50,1	6,2	86,11	m
13100	81,5	81,5			M
13275	47,7	47,7	33,8	97,13	m
17400	88,5	88,5			M
17650	80,6	80,6	7,9	88,76	m
21689	128,0	128,0			M
21760	81,1	81,1	46,9	97,91	m

Din tabelele II-19 și II-20 se vede că :

1 - Deoarece teoretic s-a constatat că atenuarea undelor acus-  
tice este invers proporțională cu rezistența de mișcare a transducto-  
rului  $R_m \langle \Omega \rangle$  rezultă că frecvențele de rezonanță cele mai favorabile  
de lucru, pentru emisie în hidrosoluri sînt acelea pentru care se obți-  
ne o rezistență de mișcare  $R_m$  mai mică, respectiv un randament electro-  
acustic (electromecanic)  $\eta_{eat}$  mai mic. Concret sînt de preferat :

- $f = 10.612$  Hz în domeniul sonic și
- $f = 17.400$  Hz în domeniul ultrasonic

2. Deoarece randamentul de transmisie acustică a întregului cuplaj transductor-concentrator-distribuitoare în mediul de activare, prelucrată folosind ( ) rezultă :

$$\eta_{ta} = \left(1 - \frac{R'_m}{R_m}\right) 100 \quad \langle \% \rangle \quad (\text{II-256})$$

$R'_m$  - rezistența de mișcare acustică (măsurată prin metodele electrice) atunci când întregul cuplaj lucrează în mediul de activare ;

$R_m$  - rezistența de mișcare acustică, atunci când întregul cuplaj lucrează în gol (nu există emisie utilă).

În cazul considerat în tabelul II-20 la :

$$f = 14,4 \text{ kHz}; \quad \eta_{ta} = \left(1 - \frac{7,9}{13,3}\right) 100 = 40,6 \% \quad (\text{II-257})$$

Randament care potrivit altor realizări se situează în limite optime. Se precizează că problema îmbunătățirii acestui randament figurează în problematica programului teoretico-experimental din faza a 2-a. Potrivit unor studii preliminare efectuate se contează prin îmbunătățirea cuplajelor și a calității materialelor folosite pe randamente mai mari, mai ales că individual feritele folosite

$$\eta_{emfr} \approx (98 \div 99) \% \text{ deci } \eta_{ta} \approx (60 \dots 80) \% \quad (\text{II-258})$$

3. Randamentul electroacustic global a cuplajului, transductor-concentrator-distribuitoare  $\eta_{eog}$  este :

$$\eta_{eog} = \eta_{eat} \cdot \eta_{ta} \quad \langle \% \rangle \quad (\text{II-259})$$

care în cazul menționat este :

$$\eta_{eog} = 88,76 \cdot 40,6 = 36,04 \% \quad \langle \% \rangle \quad (\text{II-260})$$

adică are o valoare competitivă potrivit cu alte instalații realizate ( ) care au :

$$\eta_{eog} = (25 \dots 55) \% \quad \langle \% \rangle \quad (\text{II-261})$$

De menționat că în condițiile îmbunătățirilor preconizate se poate asigura :

$$\eta_{eog} \approx (50 \dots 72) \% \quad \langle \% \rangle \quad (\text{II-262})$$

4. Randamentul global al instalației  $\eta_g$  ce se definește ca raportul dintre puterea acustică debitată în mediul de activare  $P$  și puterea electrică real absorbită de generator de la rețea  $P_{ra}$ .

$$\eta_g = \frac{P}{P_{ra}} \quad (\text{II-263})$$

s-a realizat în cazul ansamblului generator-transductor (V)-concentrator (3)-distribuitoare  $\emptyset 30$  mm cu sită tip 1, în mediul de dispersie apă potabilă cu 1 % caolin la valoarea :

$$\eta_g = \eta_e \cdot \eta_{eog} = 79 \cdot 36,04 = 28,47 \% \quad (\text{II-264})$$

iar în general funcție de tipul transductorului, concentratorului, distribuitorului sau mediului de activare

$$\eta_g = (27,14 \dots 31,46) \% \quad (\text{II-265})$$

În legătură cu acest rezultat sînt de reținut următoarele :

4.1. Că autorul folosind documentația amintită și experiența unor unități sau specialiști de profil, a reușit să realizeze o instalație care să se încadreze în condiții optime în cadrul performanțelor pe plan mondial.

4.2. Că instalația în ansamblu satisface în totalitate cerințele cercetării atît în procese de destabilizare, cît și în procese conexe sau inverse, a sistemelor disperse în general și a hidrosolurilor în special potrivit concepției de lucru (v. cap. 2, 3 și 4.1).

4.3. Instalația în ansamblu împreună cu unele instrumente de măsură (v. cap. 3) și materialul tradus sau prelucrat, reprezintă, componentele de bază a existenței laboratorului de cercetări hidrosonic.

4.4. Prin rezultatele obținute (v. 4-3, - 4-6 și 5) s-au conturat mai multe domenii de aplicație tehnologică de o deosebită importanță științifică și tehnică.

4.5. Există certitudini teoretice și premise practice ca randamentul global  $\eta_g$  să poată fi îmbunătățit, astfel ca să ajungă la :

$$\eta_g \approx (30 \dots 60) \% \quad (\text{II-266})$$

5 - În timpul funcționării instalației experimentale, este necesar să se cupleze numărătorul universal (E 0202) pentru a controla modificările de frecvență și a corecta funcționarea instalației în permanență la frecvența de rezonanță fundamentală (v. 3-5.1.2).

6.- Modificarea (scăderea) frecvenței se datorește :

- Disipării energiei acustice prin încălzirea transductorului sau a ansamblului transductor-concentrator-distribuator.

- Ruperea, fisurarea sau deranjarea unui cuplaj.

- Disipării energiei acustice în mediul de dispersie (apa).

Se menționează de exemplu că în timpul experimentărilor s-au produs microfisuri în unele ferite la tensiuni  $U$  și amplitudini  $A$

$$U = 2V \text{ rezultînd } A = 3\mu \quad (\text{II-267})$$

#### 4.2.3. Caracteristici ale concentratorului de energie acustică

Concentratorul de energie acustică s-a realizat din OL 50 în 3 exemplare, rezultînd în final, adică după măsurători efectuate în cuplaj definitiv cu transductorul la următoarele caracteristici :

- Lungimea de undă  $\lambda = 280 \text{ mm}$ .

- Frecvența de rezonanță în aer a cuplajului transductor-concentrator-distribuator ( $\emptyset 42,5 \text{ mm}$  cu sită) a fost de  $17.955 \text{ Hz}$



( $t = 25^{\circ}\text{C}$ ), iar

- viteza undelor acustice  $v = 5040 \text{ m/s}$
- Diametrul în secțiunea de cuplaj cu traductorul  $d_0 = 70 \text{ mm}$
- Diametrul în secțiunea de cuplaj cu distribuitorul  $d_L = 20 \text{ mm}$
- Lungimea concentratorului  $L = 2\lambda = 560 \text{ mm}$  (exemplarul 2)

Funcție de condițiile de lucru lungimea s-a poate varia puțin (5 %).

Fetele de cuplaj s-au rectificat la  $90^{\circ}$ . Se recomandă și lăcuirea, dar tehnologic nu au existat posibilități de realizare.

#### 4.2.4. Evidențierea calitativă a fenomenelor de agregare-sedimentare

Potrivit mențiunilor din literatura de specialitate (v. cap. 1-6 și 2-3), majoritatea experiențelor s-au desfășurat în condițiile realizării câmpului de unde ultraacustice plane longitudinale și staționare în timp ce în prezenta lucrare s-au realizat experimentări folosind câmpuri longitudinale progresive și staționare.

Ca material de experiență s-a folosit ape brute, uzate sau prefabricate (cu caolin, agar-agar, rumeguș etc.). Experimentările s-au realizat pe diferite incinte și la frecvențe de rezonanță variate pentru a obține astfel intensități acustice  $I$ , de asemenea variate.

Experiențele s-au realizat, și cu eliminarea suprafețelor reflectătoare, sau chiar așezarea pe fund a unor absorbantți de energie acustică (rumeguș,  $Z_{\text{rumeguș imbibat}} = Z_{\text{apă}}$ ).

Vizual și prin determinări indirecte fizico-chimice (pH, turbiditate,  $\text{O}_2$ , reziduu fix etc.) s-a constatat, că în cazul în care nu există suprafețe reflectătoare, sedimentarea și deci limpezirea s-a produs mai rapid și mai eficient. De aceea s-a acceptat ca fenomenele de agregare-sedimentare-limpezire să se studieze în prima fază în condițiile realizării câmpului de unde plane longitudinale progresive așa cum s-a arătat în cap (2-4...2-8), urmînd ca etapa a 2-a să se dezvolte, atît teoria și practica agregării și sedimentării particulelor din hidrosoluri folosind unde longitudinale progresive și să se studieze teoretic și experimental aceleași fenomene în condițiile formării undelor longitudinale staționare ca și undele efecte de incintă.

#### 4.3. DETERMINAREA CONDIȚIILOR HIDRODINAMICE DE ACTIVARE A HIDROSOLURILOR

Prin noțiunea de activare, a hidrosolurilor, se înțelege circulația hidrosolului, datorită unui gradient de presiune, printr-o incintă de un volum  $V$  și o secțiune curentă transversală  $S$ . Dacă activarea se petrece și prin suprapunerea unui câmp acustic, peste câmpul hidrodinamic, activarea se numește activare hidroacustică sau hidrosonică, respectiv

hidroultrasonică dacă frecvența acustică folosită este ultrasonică. Într-un caz particular activarea hidroacustică poate avea loc și dacă regimul este hidrostatic.

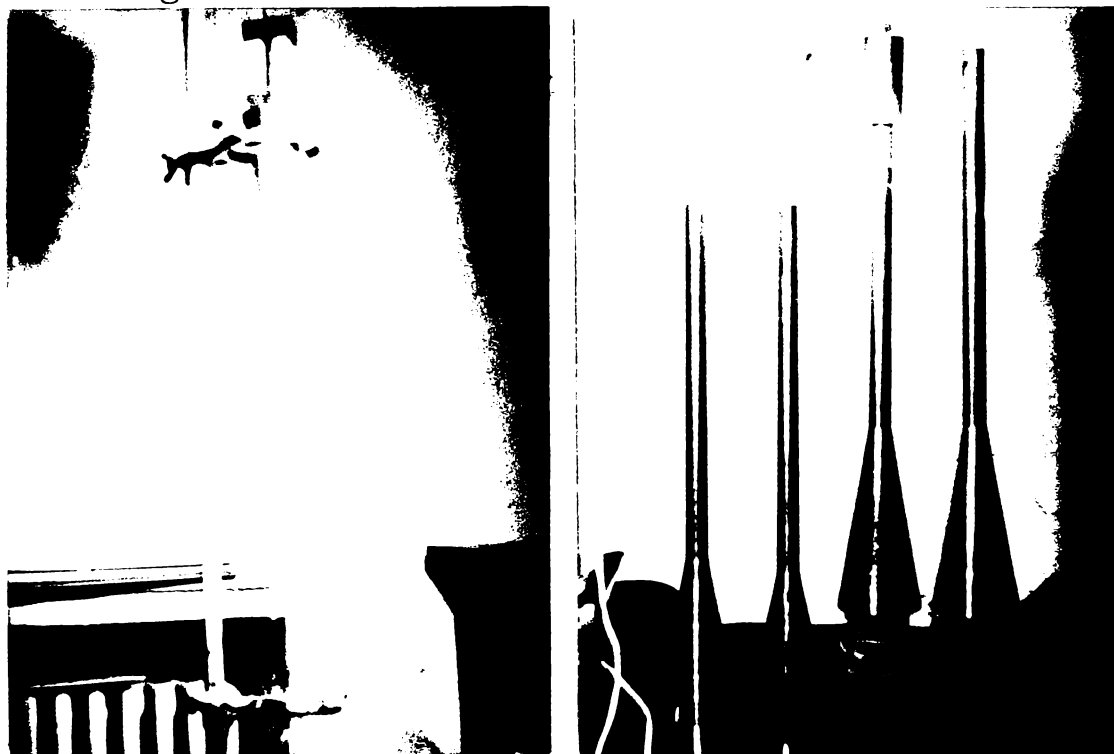


Fig II-25  
Ansamblul trans-  
ductor, concentrator  
distribuitor în  
incinta de activare

Fig II-26  
Diferite tipuri de  
ansambluri  
transductor  
concentrator și  
distribuitor de  
energie acustică

Din caută că informațiile în legătură cu procesele de agregare-sedimentare, folosind metode ultrasonice sau hidroultrasonice sînt extrem de rare neconcludente și contradictorii, a fost necesar, ca folosind instalația experimentală proiectată să se stabilească patru etape experimentale și anume :

Experimentări de natură calitativă pentru verificarea unor rezultate sau afirmații din puțina literatură de specialitate, și testarea implicită a instalației realizată într-o primă variantă.

Determinarea vitezelor hidrosolurilor, în incintele de activare, a pierderilor de presiune  $h$  între secțiunile de intrare și ieșire, ca și <sup>a</sup>valorilor a unor mărimi caracteristice hidraulice, acustice etc., în vederea stabilirii parametrilor geometrici cei mai favorabili ai incintei de activare.

În acest sens s-au realizat pe baza experimentărilor preliminare (v. cap. 3 și 4.1, 4-2) două tipuri de incintă și anume tipul 1, cu variante (A-G), în care gradientul de presiune este invers ca sens, cu accelerația gravitațională, iar forța de presiune acustică are același sens cu accelerația gravitațională.

Viteza medie  $v$  în incinta de activare se preconizează a fi constantă, adică :

$$|\text{grad } \bar{v}| = 0 \quad (\text{II-266})$$

Lucrul se s-a realizat printr-o tehnică experimentală de reglaj a debitului  $Q$  intrat și ieșit și alegerea convenabilă a secțiunilor de intrare și ieșire a hidrosolurilor.

Al 2-lea tip de incintă realizat în 2 variante, diferă de primul tip, prin modificarea sensului de circulație a hidrosolurilor, defazat cu  $\pi/2$  față de sensul gravitației.

În această fază experimentală, ce a precedat încheierii cercetărilor teoretice, s-au realizat experimente cu și fără ultrasunete la viteze de ordinul cm/s și mm/s.

Rezultatele obținute și observațiile înregistrate ce sau prelucrat, au servit la elaborarea unui program experimental care urmărește verificarea rezultatelor teoretice, respectiv îmbunătățirea instalației experimentale.

Concluziile obținute din cercetările teoretice și experimentale din faza 1-a, s-au folosit pentru stabilirea programului teoretico-experimental din faza 2-a, realizat parțial și prezentat sintetic, în anexe.

Determinarea experimentală a diferitelor viteze ascensionale medii  $v$ , în incinte de tipul 1, s-a realizat prin modificarea presiunii între rezervorul de nivel constant și alimentare, a incintelor și controlul presiunii de alimentare, ca și a pierderilor de presiune între punctele de intrare (alimentare) și ieșire (limpezire) a hidrosolurilor cercetate.

Controlul stabilității vitezelor ascensionale medii  $v$ , s-a realizat în primul rând pentru apa potabilă la diferite temperaturi și considerată ca etalon comparativ pentru celelalte ape superficiale folosite, care au avut concentrații de :

$$c \leq 5\% \quad (\text{II-10})$$

și de regulă :

$$c \leq 1\% \quad (\text{II-10}')$$

De asemenea s-au calculat și valorile coeficientului cinematic de vâscozitate  $\nu$ , pentru temperaturi  $t^{\circ}\text{C}$  variind între :

$$0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 25^{\circ}\text{C} \quad \text{și} \quad 99^{\circ}\text{C} \quad (\text{II-269})$$

potrivit relației experimentale Poisseuille (II-95), valori folosite pentru calculul numărului Reynolds,  $Re$  la diferite viteze medii  $v$  real calculate cu instalația experimentală, prin intermediul volumelor  $V$  măsurate în vase etalonate și a timpului mediu, cronometrat cu 3 cronometre simultan.

În tabelul II-22 sînt date extrase, din aceste determinări și prelucrări.

Se remarcă faptul că în condițiile realizării unor viteze medii  $v$ , extreme folosite în procese tehnologice, în prezent, adică :

$$10^{-2} \leq \bar{v} \leq 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad (\text{II-270})$$

rezultă :

$$Re > 1 \quad \text{pt.} \quad \bar{v} = 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad (\text{II-271})$$

$$Re \gg 1 \quad \text{pt.} \quad \bar{v} \geq 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Valorile  $v = f(t) \text{ m}^3/\text{s} \cdot 10^{-6}$

Tabelul(II-21)

$t$ °C	$v$ $\langle 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rangle$	$t$ °C	$v$ $\langle 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rangle$	$t$ °C	$v$ $\langle 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rangle$
0	1,79	9	1,35491	18	1,06622
1	1,7313	10	1,31715	19	1,04084
2	1,6756	11	1,28102	20	1,01589
3	1,62527	12	1,24645	21	0,99184
4	1,57249	13	1,21333	22	0,96868
5	1,5247	14	1,8158	23	0,94635
6	1,47919	15	1,15113	24	0,92520
7	1,43581	16	1,12189	25	0,90404
8	1,39443	17	1,0939	99	0,28921

În plus din cauza secțiunilor de intrare în incintă proporțional mai mici ca secțiunea de activare având diametrii :

$$6 \leq d \leq 12 \text{ (mm)} \quad (\text{II-272})$$

rezultă chiar la :

$$\bar{v} < 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad 0 \leq Re < 1 \text{ sau } Re > 1 \quad (\text{II-273})$$

fiind vizibile microturbioane în zonele de acces mai ales în apele prefabricate cu caolin sau alți pseudodispersoizi.

Vitezele medii ascensionale  $v$  din incintă, la care se poate realiza

$$Re < 1 \text{ sînt } v < 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad (\text{I-28})$$

Este de menționat că realizarea acestor viteze este deosebit de anevoioasă deoarece gazele și dispersoizii din hidrosol ecranează citirile la piezometru, iar debitul realizat devine eficient numai la secțiuni mari ale incintelor și înălțimi de activare mici.

În schimb în cazul vitezelor medii de ascensiune  $v$ ,

$$\bar{v} > 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \text{ și } Re > 200 \quad (\text{II-274})$$

fenomenul de turbulență este în general vizibil pentru toate categoriile de ape folosite, chiar în absența câmpului ultrasonic. El se amplifică în cazul producerii unui câmp ultrasonic proporțional cu concentrația dispersoizilor și creșterea intensității acustice  $I$ , folosită, fiind maximă în momentul producerii cavitației ultrasonice de regulă pentru :

$$I > 0,1 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \text{ pt. } f < 22 \text{ kHz} \quad (\text{II-275})$$

la hidrosolurile cercetate.

Rezultatele obținute sînt în concordanță cu teoria elaborată (2-4 și 2-8) și de asemenea concordă sau coincide cu unele informații din puțina literatură de specialitate /8,13,14,18,66,103,118,124,139/.

Observațiile referitoare la intensitatea acustică s-au realizat pe metode analogice.

Este totuși interesant de semnalat, că și în condițiile unor viteze censionale medii  $v$

$$\bar{v} > 1 \frac{cm}{s} \quad \text{și} \quad Re > 200 \quad (II-274)$$

datorită :

- Variațiilor de viteze sub concentrator și distribuitor.
- Apariției unui gradient de viteză între ventrele și nodurile de presiune acustică în cazul undelor staționare, hidrosolurile având dispersoizi cu densitate mai mică ca a apei, se coagulează vizibil, în prima fază în ventre și apoi se sedimentează. Acest proces mai complex se evidențiază, cantitativ, experimental în (4-4) și teoretic în anexe.

Dimensiunile de verticală ale incintelor din categoria I s-au luat :

$$n = \frac{\lambda}{2} \quad n = (1, 2, \dots, l, \dots, n) \quad (II-275)$$

iar varietatea de secțiuni alese a avut drept scop :

- Asigurarea unor valori diferite a intensității acustice, distribuite în hidrosolul activat.
- Verificarea efectului disipării energiei acustice atunci când incintele sînt realizate din materiale diferite (sticlă, oțel, plexiglas), pentru îmbunătățirea lor în faza pilot.
- Realizarea unor volume diferite de barbotare unde concentrațiile cresc de (2...10) ori și din această cauză se amplifică fenomenul de agregare a dispersoizilor.

Deoarece hidrosolurile experimentate sînt sisteme polidisperse, cu dispersoizi eterogeni, de regulă anizometrice, unele corecții față de cercetările teoretice (2-4 și 2-8) sînt normale. Această practică este veche și uzuală în cercetare.

#### 4.4. REZULTATE ȘI PRELUCRARI EXPERIMENTALE DIN ETAPA A 3-A ȘI A 4-A A FAZEI I-A

Cum s-a arătat în cap. 3 și (4.1)-(4.3), pentru verificarea experimentală a pragurilor de stabilizare-destabilizare a hidrosolurilor s-au determinat o serie de mărimi și caracteristici electroacustice, hidraulice, geometrice sau fizico-chimice.

În etapa a 3-a și a 4-a, cercetările experimentale s-au efectuat pe următoarele tipuri de hidrosoluri : apă potabilă (1), apă brută din canalul Bega (2), ape uzate de la I.P.L. Deta (3), apă potabilă cu 5 % caolin (4), ape de Bega cu 5 % caolin (5), ape de Bega cu 1 % praf de rumeguș (6), ape de Bega cu 5 % praf de rumeguș (7), ape de Bega cu 5 % praf de poliester (8), ape uzate de la ICEM București

Variția criteriului  $Re = f(t, \bar{v})$  (a incanță de tipul I (extras) pentru apă potabilă - Tabel (11-22))

$t^\circ C$	A cu $d = 3,4 \text{ cm}$			C cu $d = 4,25 \text{ cm}$			D cu $d = 5,6 \text{ cm}$		
	$\bar{v} < 10^{-2} \text{ m/s, cm/s, } 10 \text{ mm/s} >$			$\bar{v} < 10^{-2} \text{ m/s, cm/s, } 10 \text{ mm/s} >$			$\bar{v} < 10^{-2} \text{ m/s, cm/s, } 10 \text{ mm/s} >$		
	$10^{-2}$	$10^{-1}$	10	$10^{-2}$	$10^{-1}$	10	$10^{-2}$	$10^{-1}$	10
1	1,98	19,83	198,34	2,15	21,55	215,5	3,33	33,34	333,4
2	2,02	20,29	202,91	2,53	25,33	253,3	3,44	34,45	344,5
3	3,09	30,93	309,32	2,61	26,19	261,9	3,56	35,61	356,1
4	2,12	21,23	212,37	2,15	21,54	215,4	3,67	36,72	367,2
5	2,22	22,25	222,59	2,78	27,87	278,7	3,78	37,85	378,5
6	2,29	22,98	229,85	2,87	28,73	287,3	3,90	39,00	390,0
7	2,36	23,67	236,79	2,96	29,60	296,0	4,01	40,15	401,5
8	2,43	24,38	243,82	3,04	30,48	304,8	4,11	41,13	411,3
9	2,50	25,09	250,93	3,12	31,37	313,7	4,19	41,93	419,3
10	2,58	25,81	258,13	3,22	32,27	322,7	4,25	42,51	425,1
11	2,65	26,54	265,44	3,31	33,17	331,7	4,37	43,73	437,3
12	2,72	27,27	272,77	3,40	34,00	340,0	4,49	44,92	449,2
13	2,80	28,02	280,22	3,50	35,03	350,3	4,61	46,15	461,5
14	2,87	28,77	287,75	3,59	35,97	359,7	4,73	47,39	473,9
15	2,95	29,53	295,36	3,69	36,92	369,2	4,86	48,64	486,4
16	3,03	30,30	303,06	3,78	37,88	378,8	4,99	49,91	499,1
17	3,10	31,08	310,81	3,88	38,85	388,5	5,11	51,19	511,9
18	3,18	31,88	318,88	3,98	39,86	398,6	5,25	52,52	525,2
19	3,26	32,66	326,65	4,08	40,83	408,3	5,38	53,80	538,0
20	3,34	33,46	334,68	4,14	41,78	417,8	5,51	55,77	557,7
21	3,42	34,27	342,79	4,28	42,85	428,5	5,64	56,76	567,6
22	3,50	35,03	350,3	4,38	43,87	438,7	5,78	57,81	578,1
23	3,59	35,92	359,27	4,49	44,90	449,0	5,91	59,77	597,7
24	3,67	36,77	367,78	4,59	45,93	459,3	6,05	60,52	605,2
25	3,76	37,6	376,08	4,70	47,01	470,1	6,19	61,94	619,4

(9), apă potabilă cu 1 % praf de plută (10), apă potabilă cu 5 % agar-agar (11), apă potabilă cu 5 % kisergur (12), apă potabilă cu gumă arabică 1 % și 5 % (13,14), apă potabilă cu cerneală 1 % și 5 % (15,16) ulei auto cu 1 % și 3 % cromat de potasiu (17,18), apă potabilă cu 50 benzină auto (19), ulei auto 10 % cu apă potabilă (20), ulei de in cu sulfat de potasiu (1 % și 3 %)(21 și 22), ulei de in cu apă și săpun (0,1 + 0,5 + 0,3) părți (23) etc.

Experimentările s-au realizat în incintele de tip I sau eprubete, care avînd secțiuni diferite au rezultat și o varietate de valori a parametrilor cercetați și cu deosebire a frecvenței  $f$ , intensității acustice  $I$ , rezidului fix, rezidului total, turbidității, criteriul  $Re$ , vitezei medii ascensionale, timpului de activare, la intrare-ieșire din incinta de activare sau în incinta de activare etc.

Efectul de stabilizare sau destabilizare respectiv agregare-sedimentare și limpezire a hidrosolurilor s-a calculat în final prin relații de diferență astfel :

Dacă se notează în principiu cu :

$X_i$  - valoarea oricărei mărimi (turbiditate, rezidiu fix,  $O_2$  etc) la intrarea în incinta de activare ;

$X_i'$  - valoarea aceleiași mărimi la ieșirea superioară a incin-tei de activare în condiții naturale ;

$X_i''$  - valoarea aceleiași mărimi la ieșirea superioară a incin-tei de activare, cînd este montat concentratorul și activa-torul ;

$X_i'''$  - valoarea aceleiași mărimi la ieșirea superioară a incin-tei de activare cînd se generează ultrasunete.

În cazul înregistrării unor modificări valorice a oricărei mărimi măsurate, determinate sau calculate, ca turbiditatea  $T$ , rezidiu fi  $R_f$ , pH-ul, oxigenul liber  $O_2$  etc., din hidrosoluri, ele rezultă din expresiile :

$$\Delta x_i' = x_i - x_i' \quad (\text{II-276})$$

prin care se evidențiază diferențele valorice înregistrate în cazul trecerii hidrosolului prin incinta de activare nebiocată. Altfel spus rezultă de exemplu efectul de limpezire sau din contră efectul de difuzie-dispersie, ca urmare a circulației hidrosolului prin incinta de tip I.

Prin :

$$\Delta x_i'' = x_i - x_i'' - \Delta x_i' = x_i' - x_i'' \quad (\text{II-277})$$

se evidențiază efectul blocajului mecanic și de filtru a ansamblului concentrator-distribuator iar prin :

$$\Delta x_i''' = x_i - [x_i''' + \Delta x_i' + \Delta x_i''] = x_i'' - x_i''' \quad (\text{II-278})$$

se reliefează influența câmpului ultraacustic asupra hidrosolului cercetat. Această influență se manifestă fie prin limpezirea hidrosolului în zona de ieșire din incinta de activare adică scăderea concentrației dispersoizilor față de zona de intrare în incinta de activare, fie printr-un proces invers sau conex.

Evident că, efectul global al acțiunii câmpurilor gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic asupra hidrosolului activat, prin incinta de activare, rezultă pentru oricare mărime urmărită dintr-o expresie de forma :

$$\Delta x_i = x_i - x_i''' \quad (\text{II-279})$$

care raportată la valoarea inițială înregistrată la intrarea în incintă,  $\eta_{gxi}$ , dă coeficientul de randament global (a limpezirii, dispersiei etc.) :

$$\eta_{gxi} = \frac{\Delta x_i}{x_i} \cdot 100 = \frac{x_i - x_i'''}{x_i} \cdot 100 \% \quad (\text{II-280})$$

Același efect se poate exprima prin coeficientul de eficiență globală (a limpezirii, dispersiei etc.)

$$\eta_{egxi} = \frac{x_i'''}{x_i} \cdot 100 \% \quad (\text{II-281})$$

Pentru a sublinia aportul câmpului ultrasonic în procesele de limpezire a hidrosolurilor și a proceselor inverse sau conexe în unele hidrosoluri se mai definește și coeficientul de eficiență datorită acțiunii ultrasunetelor :

$$\eta_{usxi} = \frac{\Delta x_i'''}{x_i} \cdot 100 = \frac{x_i'' - x_i'''}{x_i} \cdot 100 \% \quad (\text{II-282})$$

Din experiențele realizate folosind intensități acustice ce au provocat cavitația acustică și viteze de 1, 2, 3...10 cm/s la intrare-ieșire din incintă s-a constatat că pentru :

$$\bar{v} > 1 \text{ cm/s} \quad \text{și} \quad I > 0,1 \text{ W/cm}^2 \quad \text{iar} \quad f < 22 \text{ kHz} \quad (\text{II-283})$$

- Fenomenele de turbulență au crescut în incintele de activare datorită producerii cavitației acustice, în toate cazurile, uneori fiind deosebit de vizibile.

- Valoarea pH nu s-a modificat (probele 1...8).

- În unele cazuri (probele 1, 2, 3, 6, 7, 9) se produce coagularea dispersoizilor și sedimentarea lor, deci limpezirea apelor cercetate.

- În alte cazuri (probele 4, 5, 8) se produce o creștere a turbidității dispersoizilor și o scădere a rezidului fix.

- În cazurile (17, 18, 19, 20, 21, 22) și 23 se produc emulsii care se destabilizează în termen de (1-3) luni, cea mai stabilă fiind cea din cazul 23.

- În cazurile 10...16 procesele de destabilizare sau stabilizare au fost uneori contradictorii, fiind necesare, noi experiențe



pentru clarificarea fenomenelor ce se produc.

Din toate aceste experiențe se prezintă în tabelul (II-23) și (II-24), rezultatele medii obținute pentru primele 8 probe, când volumul activat a fost de  $1 \text{ dm}^3$  rezultând timpii de activare (II-23) și respectiv când timpul de activare a fost  $1'$  ( $60''$ ), rezultând volumele activate (II-24). Rezultatele se prezintă pentru incinta I-B unde intensitatea acustică a fost maximă obținută, iar  $v_{hi,e} = 10 \text{ cm/s}$  la intrare-ieșire, respectiv  $v_h = 1,1 \text{ cm/s}$  la incinta de activare.

Se mai constată :

- O creștere a  $O_2$  datorită activării ultrasonice la cavitație în toate cazurile.

- Datorită câmpului ultrasonic impuritățile sînt împinse de pe sită, sub ea (sub activator) când presiunea e relativ mică sau la o distanță de pînă la ( $\lambda/2 \dots$ ) în cazul dispersoizilor mai ușori și a presiunii maxime (6,7).

- Creșterea timpului de activare nu determină o creștere a  $O_2$ , a turbidității sau rezidului fix.

Se menționează că în cadrul analizelor fizico-chimice s-au mai evidențiat densitatea, duritatea totală, ionii de  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , alcalinitatea etc., cu scopul de a constata eventuale modificări datorită câmpului ultrasonic. Din experiențele efectuate, nu au rezultat concluzii notabile, decît în unele situații, motiv pentru care se preferă continuarea experiențelor în faza a 2-a pentru clarificarea, unor aspecte ce țin de tehnica experimentală, aparatură și nu în ultimul rînd de fenomenul cercetat.

Același grupaj de experiențe, folosind incinte de tipul 1 sau eprubete ( $v = 0$ ), s-au realizat pentru probele (1...16) în condițiile vitezei medii  $v$ , respectiv a intensității acustice  $I$ .

$$0 \leq v \leq 1,1 \text{ mm/s} \quad \text{și} \quad I > 0,1 \text{ W/cm}^2 \quad (\text{II-284})$$

$$0 \leq v \leq 0,1 \text{ mm/s} \quad \text{și} \quad I < 0,1 \text{ W/cm}^2 \quad (\text{II-285})$$

Rezultatele experiențelor efectuate în condițiile (II-284), au fost în multe privințe similare cu cele prezentate sintetic în tabelele (II-23) și (II-24).

Astfel a rezultat și în acest grupaj de experiențe o creștere a  $O_2$ , menținerea fenomenului de turbulență și a fenomenului de sedimentare care a fost mărit (6,7,10) mai ales la viteze  $v = 0,5 \text{ mm/s}$ . În ce privește difuzia ea s-a evidențiat în cazurile (4,5,8,15,16).

Din experiențele efectuate în condițiile (II-285), realizate pentru verificarea ecuațiilor prezentate în cap. 2-4 și 2-8 se prezintă un extras din sinteza rezultatelor în tabelele (II-25) și (II-26), pentru primele 8 hidrosoluri, în cazul incintei I-D. Se menționează îns

că nu s-a asigurat chiar  $Re = 1$  și evident apele experimentate sînt polidisperse.

Se constată că :

- - Fenomenul de turbulență provocat de circulația hidrosolurilor este foarte discretă, fiind vizibilă cu lupa la intrarea și ieșirea din incinta de activare. Cînd se suprapune și cîmpul ultrasonic, peste cel gravitațional și hidrodinamic, fenomenul de turbulență devine vizibil în toate cazurile și în întreaga incintă, fiind vizibil mai activ deasupra și sub distribuitor. În cazul realizării de unde staționare, turbulența e mai evidentă mai ales în cazurile (4,5,6,7,10,12) în ventre, unul din ventre fiind evident în zona distribuitorului.

- Sub distribuitor, indiferent dacă a existat sau nu sită, din cauza presiunii acustice, în toate situațiile experimentate, circulația hidrosolurilor a fost mai bună în timp. Astfel în cazul circulației hidrosolurilor în cîmp gravitațional și hidrodinamic cu concentratorul și distribuitorul de energie acustică montat, după (15...30) minute de funcționare, se infundau parțial sau total orificiile distribuitorului. În schimb dacă generatorul era în funcțiune, experiențele nu erau viciate în timp.

- În cîmpul gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic efectul de sedimentare s-a accelerat și datorită ciocnirii eficace dintre particule, mai ales în cazurile 6,7,9,10,12, în ansamblu viteza de sedimentare fiind mai mare decît în cazul existenței numai a cîmpului gravitațional și hidrodinamic.

Deoarece diferențele în procesele de limpezire, nu sînt notabile dacă se prelungește perioada de activare ultrasonică, se poate trage concluzia, ca : rolul cîmpului ultrasonor suprapus peste cîmpurile hidrodinamic și gravitațional, are drept consecință realizarea de viteze diferite pentru diferiții dispersoizi, iar în cazul undelor staționare, chiar și pentru dispersoizii de aceeași formă și natură, dar care se găsesc în poziții diferite față de ventru sau nod. Ca urmare se produc ciocniri între dispersoizi. Atunci cînd ele sînt eficace, adică se realizează agregarea și sedimentarea este mai rapidă. Contrar, ciocnirea poate conduce la creșterea turbidității prin sfărîmarea unor particule ceea ce mărește gradul de difuzie a hidrosolului.

Apele superficiale naturale sau prefabricate folosite în experiențele (1...8) și altele au fost în toate cazurile hidrosoluri polidisperse. Nici  $Re$  nu s-a obținut chiar la limită adică  $Re = 1$ , deaceia este firesc ca față de concluziile teoretice din cap.2 și

Rezultate experimentale medii globale sau datele actiunii cimpului ultrasonice priivitor la pH tubiditate T, reziduu fix Rf si oxigen liber O2 pentru probele (1...8)

Unele marimi caracteristice constante sau cuosiconstante:

Geometrice:  $\delta = 1\text{cm}$ ;  $d = 3\text{cm}$ ;  $S\delta = 0,79\text{cm}^2$ ;  $S = 7,07\text{cm}^2$ ;  $V_a^* = 1\text{dm}^3$ ;  $V_a^{**} = 0,29\text{dm}^3$

Fizice:  $t_e = 26^\circ\text{C}$ ;  $t_{hi} = 23^\circ\text{C}$ ; Acustice:  $f = (18292 \dots 18284)\text{Hz}$   $I_{\text{min}} \geq 1,1315 \text{ W/cm}^2$

Hidraulice  $\gamma_{\text{min}} = 0,94635 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$   $R_{\text{intrare-iesire}} = (950 \dots 1070)$   $R_{\text{incinta}} = (815 \dots 355)$

Tipul de hidrosol	pH	$\bar{U}_h$	$\bar{U}_a$	$\bar{t}_h$	$\bar{t}_a$	T	Rf	O2	$\eta_{\text{gr}}$		$\eta_{\text{us}}$	
									$\eta_{\text{gr}}$	$\eta_{\text{us}}$	$\eta_{\text{gr}}$	$\eta_{\text{us}}$
intre		$\bar{U}_{hi,he}$	$\bar{U}_{ai,ae}$			$T'''$	$Rf'''$	$O_2'''$	$\eta_{\text{gr}}$	$\eta_{\text{us}}$	$\eta_{\text{gr}}$	$\eta_{\text{us}}$
iesire		cm/s	cm/s	s	s	mg/dm <sup>3</sup>	$\Delta Rf'''$	$\Delta O_2'''$	%	%	%	%
1	7,5	1,12	1,12	36,6	36,6	32	120	8,0	65,62	45,83	-8,75	-8,75
	7,5	10,12	10,09	126,2	126,2	41	65	8,7	34,38	54,17	108,75	108,75
2	6,8	1,12	1,12	36,6	36,6	652	326	7,7	47,70	58,03	-8,75	-8,75
	6,8	10,07	10,07	126,4	126,4	341	162	8,6	52,30	41,97	111,69	111,69
3	6,5	1,11	1,11	37,0	37,0	172	102	-0,9	26,32	26,42	-11,49	-11,49
	6,5	10,05	10,05	126,7	126,7	835	436	7,0	23,20	35,86	111,43	111,43
4	7,6	1,12	1,11	36,6	37,0	641	292	7,8	76,77	64,04	-14,49	-14,49
	7,6	10,09	10,07	126,2	126,4	105	114	-0,8	12,57	25,00	-14,49	-14,49
5	7,1	1,12	1,11	36,6	37,0	542	185	7,9	-35,79	-7,03	-14,39	-14,39
	7,1	10,07	10,07	126,4	126,6	506	98	8,8	115,50	92,93	111,39	111,39
6	6,8	1,12	1,12	36,6	37,0	-53	42	-0,9	-9,7	22,70	-11,39	-11,39
	6,8	10,10	10,10	126,6	126,6	960	135	8,1	-8,40	34,27	-9,17	-9,17
7	6,8	1,12	1,11	36,6	37,0	1041	319	8,6	108,44	66,77	106,17	106,17
	6,8	10,13	10,09	125,7	127,0	-73	57	-0,5	-7,60	11,75	-6,17	-6,17
8	6,8	1,11	1,11	37,0	37,0	1010	412	8,0	39,20	13,93	-7,50	-7,50
	6,8	10,04	10,05	126,8	127,1	614	231	8,6	60,79	56,07	107,50	107,50
	6,8	1,12	1,11	36,6	37,0	219	129	-0,6	21,59	31,70	-7,50	-7,50
	6,8	10,13	10,09	125,7	127,0	1005	166	7,8	39,90	51,50	-7,50	-7,50
	6,8	1,11	1,11	37,0	37,0	604	212	8,4	60,10	45,50	107,69	107,69
	6,8	10,04	10,05	126,8	127,1	220	126	-0,6	21,89	27,04	-7,69	-7,69
	6,8	1,11	1,11	37,0	37,0	935	182	7,9	-22,72	24,63	-8,17	-8,17
	6,8	10,04	10,05	126,8	127,1	1146	362	8,6	122,75	73,11	103,69	103,69
	6,8	1,12	1,11	37,0	37,0	-151	59	-0,7	-16,15	8,09	-8,81	-8,81

Tabela II-24

Rezultatele experimentale medii sau datorită acțiunii cimpului ultrasonic privind turbiditatea T, reziduu fix Rf, și oxigen liber O<sub>2</sub> pentru probele (A... B) în incinta de tip I-B

Unele mărimi caracteristice constante sau având variații mici:

Geometrice: δ = 1cm; d = 3cm; S<sub>f</sub> = 0,783cm<sup>2</sup>; S = 7,07cm<sup>2</sup>; h<sub>u</sub> = 41cm.

Fizice: t<sub>c</sub> = (18...26)°C; t<sub>a</sub> = t<sub>h</sub> = 60A; Acustice: f = (18292...18284)Hz; I<sub>min</sub> ≥ 1,1315  $\frac{W}{cm^2}$

hidraulice: γ = (1,06622...0,94635)10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>/s; Re<sub>intrare-iesire</sub> = (950...1070) Re<sub>incinta</sub> = (315...355)

Tipul de hidrosol	pH	$\bar{U}_h$	$\bar{U}_a$	$V_h$	$V_a$	T		O <sub>2</sub>		R <sub>f</sub>		η <sub>gO<sub>2</sub></sub>	
						mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> <sup>II</sup>	ΔO <sub>2</sub> <sup>III</sup>	R <sub>f</sub> <sup>II</sup>	ΔR <sub>f</sub> <sup>III</sup>	η <sub>gO<sub>2</sub></sub> <sup>II</sup>	η <sub>gO<sub>2</sub></sub> <sup>III</sup>
1	7,5	1,12	1,12	0,47	0,47	19	109	8,1	52,63	44,95	-7,41	44,95	-7,41
	7,5	10,12	10,09	0,47	0,47	9	60	8,7	47,37	55,55	107,41	55,55	107,41
2	6,8	1,12	1,12	0,47	0,47	312	497	8,0	51,50	52,58	-8,75	52,58	-8,75
	6,8	10,07	10,07	0,47	0,47	346	181	8,7	48,65	36,42	108,75	36,42	108,75
	6,5	1,11	1,12	0,47	0,47	204	117	-0,7	28,55	23,54	-8,75	23,54	-8,75
3	6,5	10,05	10,05	0,47	0,47	835	456	7,0	23,83	36,62	-11,43	36,62	-11,43
	6,5	1,12	1,12	0,47	0,47	636	289	7,8	76,17	62,28	141,43	62,28	141,43
4	7,6	10,05	10,10	0,47	0,47	101	109	-0,5	12,10	37,72	-11,42	37,72	-11,42
	7,6	1,12	1,12	0,48	0,48	376	123	3,0	-16,48	36,90	-12,25	36,90	-12,25
5	7,1	10,05	10,10	0,47	0,47	435	79	8,3	116,29	63,05	112,26	63,05	112,26
	7,1	1,12	1,12	0,48	0,48	482	38	-0,2	-10,77	30,46	-10,23	30,46	-10,23
6	6,8	10,13	10,10	0,47	0,47	896	128	7,9	-9,52	32,01	-8,95	32,01	-8,95
	6,8	1,12	1,12	0,47	0,47	982	291	8,6	109,99	67,99	68,50	67,99	68,50
7	6,8	10,13	10,10	0,48	0,48	65	70	-0,7	-7,25	16,36	-8,86	16,36	-8,86
	6,8	1,12	1,12	0,47	0,47	1057	271	8,0	46,75	42,25	-7,50	42,25	-7,50
8	6,8	10,08	10,05	0,47	0,47	522	269	8,6	56,30	37,11	67,50	37,11	67,50
	6,8	1,11	1,11	0,47	0,47	251	132	-0,6	22,25	21,02	-7,50	21,02	-7,50
8	6,8	10,07	10,06	0,47	0,47	1057	481	5,9	-4,50	32,24	-8,86	32,24	-8,86
	6,8	1,11	1,11	0,47	0,47	638	302	8,6	54,79	55,79	68,86	55,79	68,86
8	6,8	10,05	10,04	0,47	0,47	286	145	-0,7	26,50	23,15	-3,86	23,15	-3,86
	6,8	1,11	1,11	0,47	0,47	952	476	7,4	-10,17	34,25	-6,86	34,25	-6,86
8	6,8	10,05	10,04	0,47	0,47	1154	359	8,0	122,23	67,12	68,50	67,12	68,50
	6,8	1,12	1,12	0,47	0,47	176	45	-0,1	-13,50	30,40	-3,86	30,40	-3,86

Rezultate experimentale medii globale sau dateaite ampului ultrasonic privitor la pH, turbiditate T, reziduu fix Rf și oxigen liber pentru probele (1... 8) în incintă de tip I-D modificat.

Unele marimi constante sau avind variații mici.

Geometrice:  $d = 1 \text{ cm}$ ;  $S_d = 0,785 \text{ cm}^2$ ;  $d = 5,6 \text{ cm}$ ;  $S = 24,63 \text{ cm}^2$ ;  $V_a = 0,1 \text{ dm}^3$ ;  $V_a = 0,87 \text{ dm}^3$

Fizice :  $t_e = (22...18)^\circ\text{C}$ ;  $t_{hi} = (18...19)^\circ\text{C}$ ; Acustice  $f = (18189...18164)\text{Hz}$ ;  $I_{max} \geq 0,1 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$

Hidraulice :  $\nu = (1,06622... 1,04084) \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $Re \approx (3991... 3974)$ ;  $Re_{incinta} = (5,25... 5,36)$   
intare - iesire

Tipul de hidrosol	pH	$\bar{v}_h$	$\bar{v}_a$	$\bar{t}_h$	$\bar{t}_a$	$T$	Rf	O <sub>2</sub>	$\eta_{gr}$	$\eta_{grf}$	$\eta_{so_2}$	intrare		iesire		
												T'''	Rf'''	O <sub>2</sub> '''	$\eta_{grf}$	$\eta_{so_2}$
		cm/s	cm/s	s	s	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	%	%	%	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	%	%
1	7,2	0,01	0,01	406	406	22	100	8,1	59,09	44,55	- 7,41	44,55	59,09	44,55	- 7,41	- 7,41
	7,2	0,32	0,32	405	405	9	61	8,7	40,91	55,45	107,41	40,91	40,91	55,45	107,41	107,41
2	6,9	0,01	0,01	406	406	686	451	8,0	49,59	57,42	- 8,75	49,59	49,59	57,42	- 8,75	- 8,75
	6,9	0,32	0,32	406	406	346	192	8,7	30,42	40,55	108,75	30,42	30,42	40,55	108,75	108,75
3	6,5	0,01	0,01	406	406	206	121	- 0,7	30,07	26,33	- 8,75	30,07	30,07	26,33	- 8,75	- 8,75
	6,5	0,32	0,32	406	406	835	275	7,0	25,73	13,00	- 11,73	25,73	25,73	13,00	- 11,73	- 11,73
4	7,2	0,01	0,01	406	406	620	165	7,8	74,23	50,60	111,43	74,23	74,23	50,60	111,43	111,43
	7,2	0,32	0,32	406	406	111	101	- 0,8	13,24	36,72	- 11,43	13,24	13,24	36,72	- 11,43	- 11,43
5	6,9	0,01	0,01	406	406	376	116	5,0	- 20,21	24,34	- 11,2	- 20,21	- 20,21	24,34	- 11,2	- 11,2
	6,9	0,32	0,32	406	406	452	84	5,9	120,21	53,33	111,2	120,21	120,21	53,33	111,2	111,2
6	6,9	0,01	0,01	406	406	- 61	21	- 0,9	- 16,02	35,32	- 11,2	- 16,02	- 16,02	35,32	- 11,2	- 11,2
	6,9	0,32	0,32	406	406	931	476	7,9	- 8,05	31,55	- 5,8	9,31	- 8,05	31,55	- 5,8	- 5,8
7	6,9	0,01	0,32	405	405	1003	303	8,6	102,07	53,3	10,2	102,07	102,07	53,3	10,2	10,2
	6,9	0,32	0,32	406	406	- 70	15	- 0,7	- 7,62	15,13	- 3,2	- 7,62	- 7,62	15,13	- 3,2	- 3,2
8	6,9	0,01	0,01	406	406	1017	182	8,0	49,16	51,2	- 2,04	49,16	49,16	51,2	- 2,04	- 2,04
	6,9	0,32	0,32	405	405	517	236	8,6	50,84	31,2	19,64	50,84	50,84	31,2	19,64	19,64
9	6,8	0,01	0,01	406	406	278	151	- 0,6	27,34	20,3	- 7,04	27,34	27,34	20,3	- 7,04	- 7,04
	6,8	0,32	0,32	406	406	1037	402	7,9	43,32	30,3	13,02	43,32	43,32	30,3	13,02	13,02
10	6,8	0,01	0,32	406	406	582	238	8,6	36,12	27,3	8,82	58,2	36,12	27,3	8,82	8,82
	6,8	0,32	0,32	406	406	265	124	- 0,7	05,90	15,1	- 9,2	05,90	05,90	15,1	- 9,2	- 9,2
11	6,9	0,01	0,01	406	406	976	482	7,9	- 04,82	38,7	- 3,08	97,6	- 04,82	38,7	- 3,08	- 3,08
	6,9	0,32	0,32	406	406	216	92	8,6	124,00	70,13	53,87	21,6	124,00	70,13	53,87	53,87
12	6,9	0,32	0,32	406	406	- 209	20	- 0,7	- 20,11	21,3	- 1,11	- 20,11	- 20,11	21,3	- 1,11	- 1,11

Rezultate experimentale medii globale sau datorită acțiunii cimpului ultrasonic primitiv la pH, turbiditate, T, reziduu fix Rf și oxigen liber pentru probele (1...8) în incintă de tip I-D modificat

Unele mărimi constante sau având valori mici:

Geometrice:  $\sigma = 1 \text{ cm}$ ;  $S_d = 0,785 \text{ cm}^2$ ;  $d = 5,6 \text{ cm}$ ;  $S = 24,63 \text{ cm}^2$ ;  $V_{ua} = 0,87 \text{ dm}^3$ .

Fizice:  $t_e = (22 \dots 18)^\circ\text{C}$ ;  $t_h = (18 \dots 19)^\circ\text{C}$ ;  $t_a = t_h = 900 \text{ s}$ ; Acustice:  $f = (18187 \dots 18161) \text{ Hz}$ ;  $I_{max} \geq 0,1 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$

Hidraulice:  $V = (1,06622 \dots 1,04084) \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ ;  $Re = (15,00 \dots 1537)_{\text{intrare-iesire}}$ ;  $Re = (2,63 \dots 2,69)_{\text{incinta}}$

Tipul de hidrosol	pH	$\bar{U}_h$	$\bar{U}_a$	$V_h$	T	Rf	O <sub>2</sub>	$\eta_{gt}$	$\eta_{gef}$	$\eta_{go2}$
		mm/s	mm/s	cm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	%	%	%
1	7,2	0,05	0,05	111	22	112	8,0	63,67	46,43	-8,75
	7,2	0,16	0,15	110	8	60	8,7	56,32	53,57	106,75
2	6,9	0,05	0,05	111	692	36	-0,7	27,27	32,14	-8,75
	6,9	0,16	0,15	110	291	461	8,0	50,29	57,05	-8,75
3	6,5	0,05	0,05	110	209	198	8,7	12,71	12,93	108,75
	6,5	0,16	0,05	110	838	151	-0,7	30,20	32,75	-8,75
4	7,2	0,05	0,16	110	591	138	7,8	70,53	55,19	-28,57
	7,2	0,16	0,05	110	129	111	-0,9	10,39	10,13	-12,86
5	6,9	0,05	0,05	110	476	113	8,0	19,87	21,90	-11,25
	6,9	0,16	0,16	111	371	60	8,0	15,23	15,13	112,50
6	6,9	0,05	0,05	110	-86	51	-0,9	-8,0	-3,13	-11,25
	6,9	0,16	0,05	110	210	479	8,9	12,01	12,09	-10,13
7	6,9	0,05	0,16	111	1032	276	8,7	113,10	113,22	110,13
	6,9	0,16	0,05	111	-134	86	-0,9	-12,10	12,05	-10,13
8	6,9	0,05	0,05	111	1007	253	8,0	17,10	15,53	-3,75
	6,9	0,16	0,15	111	321	202	8,7	52,00	52,17	108,75
9	6,8	0,05	0,15	111	293	151	-0,7	23,00	22,10	-3,75
	6,8	0,16	0,05	111	1017	473	8,9	12,00	12,05	-10,13
10	6,9	0,05	0,15	111	581	206	8,7	52,00	52,07	110,13
	6,9	0,16	0,05	111	806	188	-0,8	30,00	30,58	-10,13
11	6,9	0,05	0,05	111	966	492	7,9	20,00	20,15	-3,75
	6,9	0,16	0,15	110	1233	313	8,0	12,00	12,05	108,75
12	6,9	0,05	0,15	110	-253	60	-0,7	-10,13	10,13	-9,00
	6,9	0,16	0,05	110	253	60	-0,7	-10,13	10,13	-9,00

anexa să apară unele corecții în condiții experimentale. Apare însă deosebit de clar faptul că pentru unele ape superficiale se obține o limpezire după aplicarea procedurii de tratare expus, de un grad variabil între (30-65) % față de situația inițială. Bineînțeles că aplicarea aceluiași procedeu succesiv ar asigura în final grade de limpezire și peste (95-98) %. În orice caz în faza actuală a cercetărilor teoretice-experimentale rezultă că pentru fiecare tip de hidrosol se impune o cercetare preliminară, prin care să se stabilească parametrii optimi hidro-acustici, geometrici etc., prin care să se obțină cât mai rațional limpezirea hidrosolului cercetat.



Fig II-27 Circulația liberă a apelor superficiale în incinta de activare



Fig II-28 Circulația apelor superficiale în incinta de activare cu concentrator introdus în incintă

INSTITUTUL DE  
RESEARCH  
P. I. I.  
BUCUREȘTI

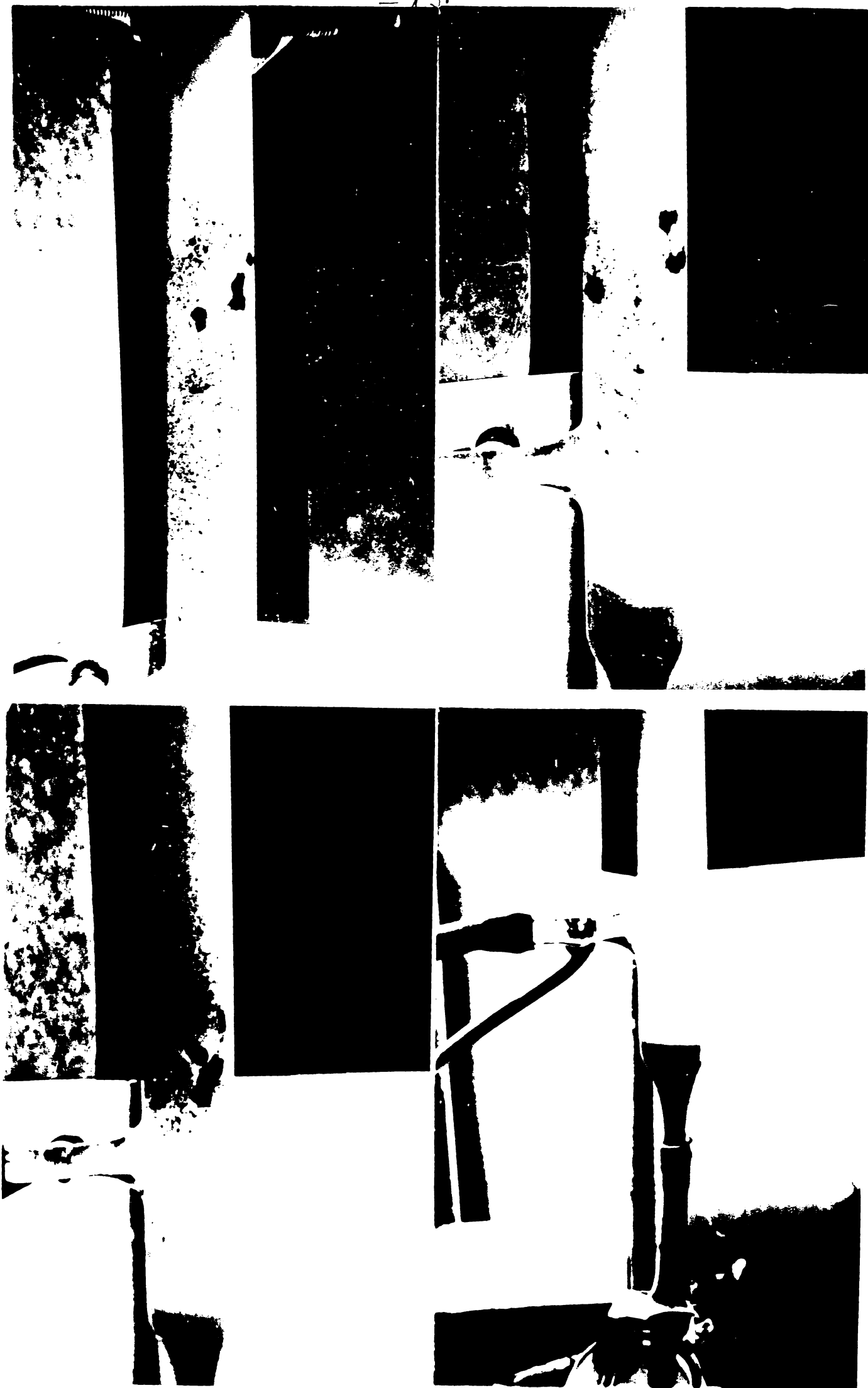


fig 29, 30, 31 și 32. Etape ale limpezirii hidro-ultrasonice în unele ape superficiale. Faze al coagularii și sedimentării



Cap.5. CONTRIBUTII TEORETICE, EXPERIMENTALE SI APLICATIVE.

PROGRAMUL FAZEI A 2-A DE CERCETARI. CONCLUZII FINALE

5.1. CONSIDERATII DE EFICIENTA ECONOMICA

Concretizarea tehnico-economică a cercetărilor teoretice și experimentale expuse în cap.2,3 și 4 se conturează, în cele ce urmează prin câteva considerațiuni economice. Astfel se definesc :

5.1.1. Costul de funcționare orar a echipamentului electroacustic al instalației,  $C_f$ , ca produsul dintre puterea activă real absorbită  $P_{ra}$  și costul energiei aferente,  $C_{ea}$  :

$$C_f = P_{ra} \cdot C_{ea} \quad (\text{lei/h}) \quad (\text{II-286})$$

Dacă se admite pentru ș kWh, un cost de 1 leu (industrial), rezultă că :

$$C_f = 10^{-2} \text{ lei/h} = 1 \text{ ban/h} \quad (\text{II-287})$$

5.1.2. Coeficientul de consum orar eficient, a echipamentului electroacustic  $C_e$ , ca produsul dintre costul de funcționare orar al echipamentului electroacustic  $C_f$  și randamentul global  $\eta_g$  (v.ec. II-264), deci :

$$C_e = C_f \cdot \eta_g \quad (\text{lei/h}) \quad (\text{II-288})$$

adică în cazul instalației experimentale ar rezulta

$$C_e = (27,14 \dots 31,46) \cdot 10^{-2} \quad (\text{lei/h}) \quad (\text{II-289})$$

Este evident că acest coeficient este determinat de calitățile constructive ale instalației, care în prezent, în faza experimentală, se situează la parametri optimi față de realizările unor firme străine de prestigiu.

Cum s-a arătat în cap.4 și mai ales în 4.4., aplicarea unui câmp ultrasonor peste câmpul gravitațional și hidrodinamic sau numai gravitațional conduce la modificarea hidrosolurilor sau sistemelor disperse. După caz, se produce :

- O creștere a  $O_2$ , ce activează procesele de descompunere sau modificare a substanțelor organice.
- Coagulare - sedimentare și deci limpezirea unor hidrosoluri (tip 3,6,7,9), cu alte cuvinte se formează în partea superioară un hidrosol cu concentrație mai mică decât cea inițială a dispersoizilor, iar la partea inferioară un hidrosol cu o concentrație mereu mărită a dispersoizilor.
- Fărâmițarea și difuzia unor dispersoizi, însoțită de o ușoară sedimentare (tip 4,5,8).
- Formarea de emulsii cu un grad mare de stabilitate (tip 17, 18,19,20,21,22 și 23).

Realizarea oricărui din procesele experimentate, se face în condițiile în care costul tehnologic este mic în comparație cu alte pro-

cedee, fiind de departe net superior, în procesele de formare a emulsiilor, de separare a unor dispersoizi din medii disperse altele decât hidrosolurile. În cazul hidrosolurilor, unde se vehiculează debite relativ mari adică ( $10^2 \dots 10^4$ )  $\text{dm}^3/\text{s}$ , competitivitatea metodei depinde și de posibilitățile de realizare a unor instalații la scară industrială, cu randamente măcar ca cea experimentală. În caz favorabil, costurile de exploatare, se estimează ținând seama și de coeficientul de consum eficient orar  $C_e$  la cca (0,2...0,4) lei/ $\text{m}^3$ , cu asigurarea unei limpeziri de (80-95) % față de concentrația hidrosolului inițial și totodată creșterea gradului de puritate biologică.

Se menționează însă, că în prezent, în țara noastră abia s-au realizat echipamente, (generatoare mai ales) care să asigure practic 0,3 kW acustici la 1,2 kW electrice reali absorbiți (ICEM - ICE București). Ori există nenumărate domenii unde tehnologia ultrasonoră este mai competitivă, sau chiar exclusivă, datorită calităților echipamentelor (silenzioase, fără angrenare mecanică, simple, robuste etc.) și posibilităților de realizare (dispersii ultrafine, emulsii stabile, separarea unor dispersoizi organici etc.) la un grad de finețe, exclus de realizat cu alte metode.

Așa încât folosirea tehnologiei ultrasonore în procese de destabilizare a hidrosolurilor și limpezirea hidrosolurilor inițiale, devine în faza actuală a tehnicii recomandabilă în condiții speciale, ca de exemplu, în spațiul extraterestru.

Se cunoaște că pentru asigurarea apei potabile în cabinele cosmonauților se recirculă apa sub orice formă, utilizând pentru absorbția și purificarea ei diferite substanțe chimice. În condițiile creșterii numărului de navele extraterestre și a echipajelor evident va crește și greutatea, deloc neglijabilă chiar în prezent a substanțelor chimice de purificare și a rachetelor ce plasează aceste laboratoare pe orbite diferite. Pe de altă parte, cu ajutorul panourilor solare, sau a altor metode, se poate obține energie electrică la prețuri de cost convenabile și astfel echipamentele cu greutate mică electroacustică și de activare ultrasonică, devin deosebit de folositoare, chiar dacă asigură numai reducerea și simțitoare a substanțelor chimice, nu înlocuirea lor totală.

Cercetările parțial efectuate din 1962 până în prezent, au scos în evidență și alte aplicații deosebit de fructuoase în tehnică. Astfel folosind constatarea că pastele de ciment și betoanele se întăresc și se îndesă mai repede și mai mult sub acțiunea ultrasunetelor (v. bibliografia anexă), ca urmare a producerii fenomenului de reopexie, s-au realizat mărci de betoane cu rezistențe mecanice de (5-10) % mai mari, decât în cazul vibrării mecanice și astfel se pot obține importante economii de ci-

ment, realizând mărci de betoane, paste de ciment etc., de calitate superioară.

Din cele prezentate (cap.1,2,3,4 și 5.1), rezultă clar că metoda ultrasonică de activare a hidrosolurilor sau a sistemelor disperse și pseudodisperse avînd mediul de dispersie lichid, are largi aplicații eficiente în procese de limpezire, obținute prin destabilizarea sistemelor inițiale, cît și în procese inverse sau conexe.

## 5.2. CONTRIBUTII TEORETICE, EXPERIMENTALE SI APLICATIVE REZULTATE DIN PROGRAMUL FAZEI I-a

### 5.2.1. Contribuții și considerații teoretice

Problema limpezirii apelor superficiale, în vederea tratării lor în continuare prin filtrare și sterilizare spre a rezulta ape potabile sau industriale de o anumită puritate convențională ca și problema recirculării sau depoluării apelor uzate a reprezentat motivul de bază pentru care s-au întreprins cercetările din programul fazei I-a. S-a arătat (cap.1,2,3) că în domeniul cercetat :

- Nu există o teorie generală atotcuprinzătoare și deci valabilă pentru toate hidrosolurile privitor la fenomenul general de destabilizare, continuat prin fenomene de agregare și mai ales coagulare, sedimentare și limpezire a hidrosolurilor, adică de obținerea unui hidrosol cu o concentrație mai mică decît cea inițială și cu dispersiuni avînd dimensiuni mai reduse. În cap.2.1 prin ecuațiile (II-3), (II-4)... (II-7) s-au prezentat mărimile principale și perturbatoare care ar interveni în astfel de fenomene.

- De asemenea s-au prezentat în cap.1 și (2.1) principalele mărimi, fenomene și legile de bază stabilite, în limitele unor ipoteze simplificatoare sau particulare, referitor la aceste procese, insistînd în clarificarea limitelor de valabilitate a acestora. Nu s-au prezentat nenumăratele formule experimentale sau teoretico-experimentale, aplicate în diferite tehnologii privind limpezirea hidrosolurilor, deoarece, cum s-a arătat, toate au în principiu același punct de plecare, ipotezele și teoria Stokes completată experimental pe parcurs de alți cercetători. Pe de altă parte tehnologia propusă de autor este diferită de metodele, de acum, tradiționale sau convenționale și de aceea se numește neconvențională.

Pentru justificarea teoretică inițială a metodei de destabilizare a hidrosolurilor sub acțiunea unui cîmp ultrasonic suprapus peste cîmpul gravitațional și în condițiile realizării dirijate a unui cîmp hidrodinamic s-au prezentat :

În cap.1.6, rezultatele unor cercetări și realizări privitor la coagularea hidrosolurilor și datorită unor forțe acustice iar în cap. 2.3 s-au evidențiat unele proprietăți ale ultrasunetelor în lichide.

Scrierea într-o formă utilă a ecuațiilor de definiție a mărimilor acustice ca : presiunea acustică maximă,  $p_a \max$ , viteza maximă a oscilației (vibrației) unei particule,  $v_{\max}$ , amplitudinea oscilației (vibrației) unei particule,  $A$ , accelerația maximă a oscilației (vibrației) unei particule  $a_{\max}$  sau a rapoartelor ce există între aceleși mărimi în mediul aer-apă (v.ec.II-14...II-35), au permis să se tragă unele concluzii interesante ca de exemplu că presiunea acustică maximă  $p_a \max$  și viteza maximă a oscilației unei particule  $v_{\max}$ , sînt independente de frecvența  $f$ , folosită la aceeași intensitate acustică I.

Concluzia practică constă deci în faptul că se poate lucra și cu frecvențe ultrasonice joase (v.ec.II-2), care se pot produce folosind tehnologii de construcție economice la nivel industrial.

În același timp coeficienții adimensionali exprimați în ec. (II-28...II-35), permit ulterior transpunerea unor ecuații, legi sau corelații experimentale, valabile din cazul mediului de dispersie aer în cazul mediului de dispersie lichid (apa) și viceversa. Aceste scări de comparație sînt deosebit de utile, deoarece în unele domenii aplicative ce folosesc ultrasunetele, tehnologiile sînt avansate sau foarte avansate în cazul mediului de dispersie aerul, sau viceversa în cazul mediului de dispersie lichid respectiv apa. Alegerea unor valori concrete a permis ilustrarea variațiilor mărimilor acustice (v. tabelele II-2...II-4). De asemenea referința și la alte proprietăți din domeniul ultraacusticii între care și cavitația ultraacustică, densitatea de energie etc., justifică în plus valabilitatea concepției de lucru a autorului.

Deoarece sedimentarea este fenomenul prin care se obține un hidrosol mai limpede decît cel inițial s-a studiat în primul rînd acest fenomen, atunci cînd există și un cîmp hidroacustic. Pornind de la ipotezele Stokes s-au analizat cuprinzător forțele ce intervin în procesul de sedimentare.

Din ecuațiile (II-46...II-61) ; I-88 ; I-91 și I-95 (II-63...II-66); (II-67) respectiv (II-68)-(II-79), ca și din tabelele (II-6)...(II-9) rezultă că :

- Forțele de difuzie pe particulă nu depind nici de concentrație, nici de dimensiunea particulei ci numai de variația acestei concentrații de la un punct la altul și de temperatură.

- Aportul forței de presiune acustică  $F_A$  crește proporțional

cu radicalul de ordinul 2 a intensității acustice  $I^{1/2}$  și frecvența  $f$ .

Stabilirea ecuației sedimentării dispersoizilor sferici din sisteme monodisperse într-un câmp hidroacustic progresiv (v.II-83 și II-84) ca și ecuația vitezei de cădere a particulei  $v_p$  sub acțiunea și a câmpului hidroacustic (v.II-86 și II-88), au permis evidențierea unor concluzii deosebit de favorabile referitoare la acțiunea suplimentară eficientă a forțelor hidroacustice în procesul de sedimentare. Concluziile prezentate în cap.2-4 ca și tabelele ilustrative (II-10) și (II-11) fundamentează teoretic fără echivoc faptul că sedimentarea în câmp hidrodinamic și ultrasonic favorabil dirijat peste câmpul gravitațional este de departe mai favorabilă față de sedimentarea naturală.

Este cazul să se sublinieze că rezultatele obținute deși aparent particulare adică valabile pe o clasă de dispersoizi (sferici) sînt primele de acest gen și permit generalizări sau extinderi a valabilității lor.

În vederea valorificării cercetărilor teoretice în domeniul aplicativ s-au mai stabilit de autor :

- Legea hipsometrică sau barometrică, Laplace-Ferriu generalizată în cazul existenței unui câmp hidrodinamic și hidroacustic peste cel gravitațional (v.ec.I-124 ; II-57 ; I-88 ; II-96...II-99) precum și timpul de sedimentare a dispersoizilor (II-100...II-103).

- Sedimentarea dispersoizilor din sistemele monodisperse într-un câmp hidrodinamic, hidrosonic și în stare de imponderabilitate (v.II-104...II-107) ca și

- Legea hipsometrică pentru sisteme monodisperse valabilă în câmp hidrodinamic, hidrosonic și în stare de imponderabilitate (v.II-108 și II-109), precum și timpul de sedimentare, a dispersoizilor în acest caz (v.II-102...II-103).

Este evident că aceste legi sau ecuații se pot adopta cu corecții teoretice sau experimentale hidrosolurilor ce sînt sisteme polidisperse avînd dispersoizi eterogeni, chiar dacă  $Re > 1$  sau câmpul acustic este staționar.

Accelerarea proceselor de sedimentare-limpezire se realizează atît în tehnologiile clasice cît și în cele moderne prin dirijarea și accelerarea proceselor de agregare a dispersoizilor așa cum se arată și în cap.1, prin diferite metode mecanice, chimice sau combinate.

Dintre procesele de agregare, coagularea dispersoizilor este cea mai uzitată.

De aceea, autorul a studiat și elaborat și în cazul folosirii unui câmp hidroacustic, descrierea fenomenului de agregare a doi dis-

persoizi.

În primul rînd, ținînd seama de izotezele de bază, s-au studiat rîguros teoretic și cu exemplificări, domeniile de valabilitate ale acestora, așa cum rezultă din ecuațiile (I-28);(II-15);(II-105);(II-106) (II-107);(I-91);(II-76);(II-108)...(II-117) și tabelele (II-12)... (II-14).

Dintre concluziile deosebit de importante ce au rezultat, se remarcă în mod special ecuațiile echivalente (II-76) și (II-116), care sînt relații criteriale ce exprimă în cazul cîmpurilor ondulatorii, condiția în care un dispersoid (particula) poate fi considerat ca un punct material, cu toate consecințele teoretice și aplicative aferente.

Această concluzie s-a folosit imediat în stabilirea condițiilor de ciocnire eficientă a doi dispersoizi din medii de dispersie lichide în cîmp hidrosonic (v.2-8.3 și 2-8.4) rezultînd în continuare condiția necesară de a se produce ciocnirea (II-146), viteza relativă a dispersoizilor (II-147) distanța maximă la care se produce ciocnirea (II-159, II-161), probabilitatea de ciocnire a doi dispersoizi (II-165);(II-166 ...II-172) și tabelul (II-15) etc., viteza de ciocnire a dispersoizilor în momentul ciocnirii (II-177), timpul în care se produce prima ciocnire (II-152, II-178), vitezele absolute de ciocnire datorită vibrațiilor acustice în formă explicită (II-186). În felul acesta s-a determinat în final toțmai energia de interacțiune dintre doi dispersoizi în urma ciocnirii dintre ei,  $\Delta E_c$  (v.ec.II-187...II-194). Este evident faptul că atunci cînd energia de interacțiune  $\Delta E_c$  este :

$$\Delta E \geq E \quad (\text{II-195})$$

mai mare decît energia totală maximă  $E$  exprimată prin ec.(I-44), se poate produce agregarea dispersoizilor.

Este ușor de înțeles că în cazul existenței mai multor dispersoizi, de natură și formă diferită probabilitatea de ciocnire și agregare devine mai mare, funcție de concentrația, viteza absolută de ciocnire și masa dispersoizilor. De aceea în hidrosoluri valoarea  $\Delta E_c$  trebuie să fie mai mare decît în cazul teoretic studiat, atît timp cît impactul datorită ciocnirilor produce agregarea. În cazul cînd energia acustică  $E_c$  devine :

$$\Delta E \gg E \quad (\text{II-290})$$

ciocnirea dintre dispersoizi poate provoca : agregarea (coagularea), fărîmîțarea sau fisurarea uneia sau a tuturor dispersoizilor ce se ciocnesc, sau ciocnirea elastică. Ori fărîmîțarea sau fisurarea dispersoizilor creiază o dispersie mai mare în mediul de dispersie iar ciocnirile elastice pure o difuzie chiar mai mare decît cea inițială a hidrosolului.

În concluzie rezultă că numai prin verificarea teoretico-experimentală a valorilor optime, a mărimilor hidroacustice sau geometrice caracteristice, se asigură certitudinea realizării unor procese de agregare-sedimentare-limpezire sau a proceselor inverse sau conexe.

Rezultă deci că atunci cînd se aleg convenabil valorile mărimilor hidraulice acustice (ultrasonice) etc., și forma incintelor de activare, rezultă tehnologii de activare hidroultrasonice, exclusiv sau combinat cu metode hidromecanice competitive sub raport calitativ și economic, față de tehnologiile clasice sau convenționale, inclusiv în procese de limpezirea hidrosolurilor și deci și a apelor superficiale.

#### 5.2.2. Considerații și contribuții privind cercetarea, proiectarea și realizarea echipamentului experimental și a unor instrumente de măsură

Dacă în cap.1 și mai ales în cap.2 s-au pus bazele teoretice referitoare la realizarea proceselor de destabilizare a hidrosolurilor în cap.3 se prezintă :

- Concepția și modul de realizare a echipamentului experimental
- Aparatele și instrumentele de măsură folosite pentru obținerea unor caracteristici optime a echipamentului și determinarea condițiilor favorabile de producere a fenomenelor de agregare-sedimentare și limpezire a hidrosolurilor.

Dacă instalația hidraulică nu a pus probleme deosebite de realizare, în schimb echipamentul electroacustic a necesitat, din partea autorului un efort îndelungat de documentare, cercetare, proiectare și realizare. Aceasta deoarece, realizarea acestui echipament este unic în țară avînd destinația de a permite cercetarea unor procese în hidrosoluri și cu deosebire a limpezirii acestora iar informațiile obținute din străinătate de la firme sau specialiști de prestigiu, erau în cel mai bun caz amabile sau încurajatoare.

Prin conceptul privitor la echipamentul experimental s-au stabilit domeniile de funcționare a echipamentului electro-acustic (v.II-195) și domeniile de utilizare (v.cap.3-1). De asemenea s-au stabilit componentele de bază ale echipamentului format din ansamblul electroacustic (generator de înaltă frecvență-transductor de energie acustică, concentrator și distribuitor al energiei acustice) și hidraulic (rezervor de alimentare, cu sursă de omogenizare a hidrosolurilor, rezervor de nivel constant și alimentare, incinta de activare, respectiv rezervoare de preaplin, evacuare și limpezire, toate racordate corespunzător între ele și la un panou piezometric de măsură).

Dezvoltarea industrială a țării noastre a permis autorului să folosească aproape exclusiv materiale indigene. Testarea calității unor

materiale, cercetarea, proiectarea și execuția mai ales a ansamblului electroacustic se prezintă în cap (3-2...3-4 și 4-2).

De asemenea, cu sprijinul conducerii I.P.T.V.T. și a catedrei C.H.I.F. s-a asigurat dotarea cu unele aparate de măsură și control; Alte aparate sau instrumente de măsură s-au asigurat prin colaborare sau s-au realizat de autor în cadrul acțiunii de autodotare a laboratorului hidrosonic cu sprijinul unor colaboratori externi. În această ultimă categorie se menționează :

- Potențiometrul de acord fin, cuplat la generatorul E O 501, cu ajutorul căruia a crescut de 100 ori precizia în stabilizarea unei frecvențe dorite (v.ec.II-206 și II-207).

- Palpatorul electroacustic, folosit pentru determinarea experimentală a lungimilor de undă a componentelor transductor, concentrator, distribuitor de energie acustică separat sau în ansamblu, în stare activă în aer.

- Hidrofon, folosit pentru determinarea experimentală a lungimilor de undă, a hidrosolurilor activate, și a componentelor electroacustice imersate în hidrosoluri, ca și presiunilor acustice efective din mediul de dispersie lichid și

- Celulă de determinarea rezistivității hidrosolurilor. Rezultatele obținute au servit la compararea rezultatelor privitor la concentrația mineralelor din hidrosoluri, determinate prin metode fizico-chimice.

Dintre caracteristicile și performanțele ansamblului electroacustic se menționează în cazul :

- Generatorului de înaltă frecvență de 140 (160) VA faptul că este tranzistorizat, deci are un gabarit egal cu a unui radio-portativ, se autoreglează funcție de frecvența consumatorului, este robust și silențios în comparație cu o instalație similară cu tuburi. Randamentul electric  $\eta_e$  situează instalația în rîndul generatoarelor cu performanțe foarte bune ( $\eta_e = 79...81\%$ ) (v.cap.3.5.1.1 și 4.2.1).

- Transductorul magnetostrictiv este format din 2 ferite I 20 produse de I.C.E.București bobinate, în 9 exemplare, fiecare avînd caracteristici electroacustice proprii, diferite atunci cînd piesele I 20 sînt individuale, cuplate 2 cîte 2, respectiv lipite de concentratorul de energie acustică. Caracteristicile de bază determinate s-au referit la :

- frecvența de rezonanță a feritelor  $f_r \in [19500...21500]$  Hz

- Randamentul electroacustic al feritei  $\eta_{emf}$  oarecare și la rezonanță  $\eta_{emf} = \eta_{eot}$ , care indică partea din puterea electrică consumată efectiv de transductor sub formă de energie acustică.



În cazul ansamblului transductor-concentrator-distribuator (V)  $\eta_{eat} \in [86,11 \dots 97,91]$  de exemplu.

- Factorul de calitate acustic (mecanic)  $Q_{me}$ , factorul de cuplaj electromecanic  $k_{em}$ , ca și factorul de cuplaj electroacustic s-au încadrat în limite de calitate bune și optime. Ele depind evident de fabrica furnizoare de ferite, sarcina autorului constând în selecționarea pieselor cu calitățile cele mai bune, operație de durată și conexă scopului de bază urmărit.

Concentratorul solid de energie acustică s-a proiectat în 4 variante, folosind experiența teoretică și practică românească din acest domeniu (ICEM și IPB București).

Distribuitoarele de energie acustică realizate pentru fiecare concentrator în cel puțin 8 variante distincte, fiecare variantă având (1...3) subvariante, funcție de tipul incintelor de activare, în număr de 8 de tipul I.

Diferitele incinte de activare au servit la realizarea de intensități acustice variate și studiul calitativ al distribuției intensității acustice, în vederea determinării intensității acustice optime pentru procese de limpezire a hidrosolurilor sau alte procese. Este evident că dintre piesele părții hidraulice incintele de activare reprezintă componentele de bază. Una dintre cele mai importante caracteristici a instalației experimentale o constituie randamentul global al instalației  $\eta_g$  (electro-acustice)

$$\eta_g = (27,11 \dots 31,46) \% \quad (\text{II-265})$$

care situează instalația experimentală având, ansambluri transductor-concentrator-distribuator de energie acustică și incinte de activare diferite, între instalațiile cu randament la nivelul optim, comparativ cu randamentele (individuale) a componentelor realizate pe plan mondial pînă în prezent.

Este de reținut și faptul că ea servește nu numai scopurilor inițiale adică realizarea limpezirii apelor superficiale, ci și studierii unor procese mai variate specifice hidrosolurilor în special și sistemelor disperse sau pseudodisperse în general.

De asemenea se menționează că prin realizarea acestei instalații experimentale, asigurarea prin transfer, investiții și autodotare a aparatelor și instrumentelor de măsură, documentației tehnice de profil hidrosonic și nu în ultimul rînd prin experiențele realizate s-au pus bazele laboratorului de cercetări hidroacustice, profilat pe elaborarea de tehnologii neconvenționale în diferite domenii ce implică folosirea hidrosolurilor sau a sistemelor ce au mediul de dispersie lichid (apa).

### 5.2.3. Considerații și contribuții experimentale privind limpezirea hidrosolurilor și alte fenomene caracteristice sistemelor disperse sau pseudodisperse

Cum se arată în cap.4-1,4-2 și 4-4, experimentările realizate cu instalația experimentală, s-au efectuat pe diferite hidrosoluri sau sisteme disperse urmărind :

- Verificarea, unor afirmații referitoare la efectele câmpului ultrasonic, asupra unor sisteme disperse sau hidrosoluri, la aceiași parametrii acustici, ca cei folosiți de alți experimenter, sau compararea rezultatelor, când parametrii acustici au fost diferiți, ca frecvență și intensitate acustică.

- Stabilirea unui sortiment de hidrosoluri sau sisteme disperse activate în condiții variate acustice hidrodinamice sau hidrostatice și folosind incinte diferite de tipul I. . . .

S-a urmărit în primul rând să se evidențieze procese de agregare în general sau coagulare în special, sedimentare și în final limpezire a hidrosolului inițial, prin deversare noului hidrosol limpede în rezervorul de limpezire.

În același timp s-au urmărit cu atenție, vizual, prin fotografiere, metode fizico-chimice, electrice sau de calcul (prelucrări) atât fenomenele legate de limpezirea hidrosolurilor sau sistemelor disperse, cât și oricare alt fenomen ce s-a produs ca : difuzia, dispersia, manifestate prin turbulența hidrosonică, formarea în treimea inferioară a incintelor a zonelor de îngroșare datorită creșterii concentrației dispersoizilor etc.

S-au urmărit, același hidrosol în condiții de cavitație acustică sau absența ei, pe diferite incinte și prin varierea vitezelor de intrare-ieșire din incintele de activare.

Atât cercetările preliminare (v.4-2 și 4-3) cât și cele de fond (v.4-4), au relevat faptul că :

- În cazurile hidrosolurilor activate hidrodinamic și hidroultrasonic s-a eliberat o cantitate suplimentară de  $Q_2$ , mai mare, de regulă în condiții de cavitație hidroultrasonică (tab.II-23...II-25).

- Folosirea sitelor, în unele distribuitoare de energie acustică, nu a mărit cantitatea de sediment, deci nu a dus la o limpezire suplimentară. Totuși s-a constatat că sita nu se înfundă chiar prin folosirea ei mai multe zile, deoarece ea devine o membrană ultrasonică. Este de presupus pe baza concluziilor teoretice, că în cazul filtrării hidroultrasonice și folosind o sită corespunzătoare aceasta ar juca rolul unui gard elastic ultrasonic pentru toate particulele mai mari decât cel mai mic ochi al sitei și în orice caz s-ar

scutura de orice particulă depușă,adică ar avea o funcționare practică îndelungată.

- Creșterea timpului de activare ultrasonică nu a asigurat o sedimentare și limpezire proporțională,fiind suficient în general un timp de activare minim de ordinul zecilor de secunde.Acest timp depinde de concentrația și natura dispersoizilor,fiind mai mic la concentrații mari și dimensiuni supramicronice și ajungînd de ordinul minutelor la concentrații mici și dimensiuni submicronice.

Această variație se datorește faptului că în ultimul caz coagularea se realizează mai greu și deci și limpezirea.

- Pentru a se produce limpezirea hidrosolurilor nu este necesar ca  $Re \leq 1$ .Aceasta rezultă din unele experiențe în condiții extreme și prezentate sintetic în tab.II-23 și II-24 respectiv în tab.II-25 și II-26.Explicarea acestor rezultate,vor primi un contur mai clar în faza a 2-a experimentală,unele ipoteze fiind avansate și în cap. 4.4.

Sedimentarea dispersoizilor și limpezirea hidrosolurilor inițiale s-au observat mai ales în cazurile 2,3,6,7,9,10 și 12.In alte sisteme difuze sau hidrosoluri s-au observat fenomene inverse de dispersie,realizîndu-se în unele cazuri emulsii stabile (1...3) luni (cazurile 19,20,21,22 și 23) ceea ce sugerează dezvoltarea activității laboratorului și în această direcție mai ales,că realizările din acest domeniu au o mare aplicabilitate practică.

#### 5.2.4. Considerații și contribuții aplicative rezultate din cercetările fazei I-a

Scopul inițial al prezentei lucrări,era de a elabora o metodă de limpezire a apelor superficiale prin realizarea unui cîmp ultrasonic suprapus celui gravitațional și hidrodinamic.Acest scop a fost realizat atît teoretic (cap.2) cît și experimental (cap.3 și 4).Dar problemele ce au trebuit să fie studiate,în vederea clarificării teoretice și experimentale într-un domeniu atît de interdisciplinar,au permis autorului să-și formeze o viziune mai largă despre rolul cel pot avea ultrasunetele în aplicațiile practice.Astfel cu actuala instalație de laborator s-au pus bazele practice și a altor aplicații ca :

- Stabilirea de amestecuri omogene în timp rapid și cu cheltuieli minime în cazul preparării de cerneluri și unele cleiuri (v.cap.4).

- Realizarea de emulsii stabile pe durate mari (1-3) luni,cu posibilitate de a mări această durată.Aceste emulsii ca apă cu benzină,ulei autor cu apă etc.,se pot folosi cu bune rezultate în aplicarea unor pelicule folosite în tehnica izolațiilor,în procese de

ardere (motoare sau injectoare) etc.

- Obținerea unor lacuri avînd pigmenții cu dimensiuni de la față de lacurile preparate cu metode tradiționale mecanice la care dimensiunea minimă  $d > 20 \mu m$  și de multe ori  $d > 40 \mu m$ .

- Realizarea unor betoane sau paste de ciment sau beton avînd în timp scurt de (1...3) zile, rezistențe mecanice sporite cu (10-25)% mai mari, decît prin vibrare mecanică.

Toate aplicațiile menționate, realizate în fază experimentală, sînt mai economice decît metodele clasice, care cum se observă ușor nici nu asigură calitatea produselor ca metodele hidroultrasonice.

Studiul și realizarea echipamentului experimental au obligat pe autor să elaboreze și metode de lucru pentru testarea calității componentelor sau să îmbunătățească unele metode, așa cum rezultă din cap.3 și 4-2.

Multe alte aplicații de separare a fazei lichide (apa) de dispersoizi pot îmbunătăți unele tehnologii din industria alimentară, chimie, metalurgie etc. În acest sens este în curs de cercetare pe bază contractuală mărirea procentului de grafit din instalațiile de flotație.

- Procesele de sedimentare și limpezire, a apelor superficiale, se vor putea realiza pe scară industrială, condiționat de dezvoltarea industriei de echipamente ultrasonice în țara noastră. Totuși în cazul vehiculării unor debite de ordinul  $dm^3/s$  sau cel mult a zecilor de  $dm^3/s$ , există deja posibilități de realizare. În acest sens, apare ca o aplicație utilă limpezirea și filtrarea vinurilor, îmbătrînirea artificială a vinurilor și spirtoaselor în general, limpezirea sau separarea unor hidrosoluri pentru industria medicamentelor. Aceste experiențe ca și altele, se vor realiza prin programul de cercetări din faza II-a.

### 5.3. PROGRAMUL DE CERCETARE TEORETIC, EXPERIMENTAL SI APLICATIV DIN FAZA A II-a

#### 5.3.1. Programul de cercetare teoretico-experimental din faza a II-a

Dacă în faza a I-a a cercetărilor prezentată în cap.(1...4) și (5.1-5-2) s-au realizat :

- O sinteză aprofundată asupra unor proprietăți și caracteristici a sistemelor disperse și pseudodisperse și cu deosebire a hidrosolurilor, insistînd mai ales asupra proceselor ce intervin în destabilizarea sistemelor, adică coagularea și sedimentarea dispersoizilor din apele superficiale.

- Cercetări teoretice de sinteză asupra unor proprietăți și

mărimi ale ultrasunetelor folosite în studiul și experimentarea proceselor de sedimentare și agregare (coagulare) a dispersoizilor din mediul de dispersie lichid (apa) în condițiile existenței câmpurilor gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic progresiv sau hidrodinamic și ultrasonic progresiv, cu referire specială asupra unor ape superficiale.

În faza a II-a a cercetărilor teoretice se urmăresc în mai multe etape :

- Cercetări teoretice, privitor la procesele de sedimentare și agregare (coagulare) mono, bi și polidispersoizilor din mediul de dispersie lichid (apa) în condițiile ipotezelor Stokes și a existenței câmpurilor : gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic staționar.

- Stabilirea legii hipsometrice sau barometrice, Laplace-Perriu, generalizată pentru sisteme monodisperse și în cadrul ipotezelor Stokes, în cazul existenței :

- câmpurilor gravitațional, hidrodinamic și hidroacustic staționar cu și fără considerarea forțelor de difuzie ;

- câmpurile hidrodinamic și hidroacustic cu și fără considerarea forțelor de difuzie.

Studiile se realizează pe cazuri particulare teoretic și experimental, iar pe măsura acumulării de informații se vor stabili ecuații valabile măcar pe clase de hidrosoluri sau sisteme disperse folosind :

- metode analogice de calcul (metoda liniilor lungi din electrotehnică de ex :

- metoda diferențelor finite

- metode statistice matematice.

De asemenea, se vor cerceta pînă în faza pilot aspectele teoretico-experimentale și tehnologice privind fenomenele de spumare (ex.: ulei-aer, beton poros etc.), emulsionare (apă-ulei, benzină-apă etc), reopexie (întărirea rapidă a betoanelor și pastelor de ciment), depolimerizări a unor compuși macromoleculari (gelatina, amidonul etc.), separarea și purificarea solilor (ind. lemnului, metalurgică și chimică), polimerizarea unor compuși macromoleculari, extremare sau separarea unor emulsii (ex. smîntînirea laptelui) etc.

Realizarea etapelor se va face în funcție de nevoile cercetării aplicate și a producției.

Pe baza rezultatelor obținute din programul de cercetare a fazei a I-a, urmează să se cerceteze sau sînt în curs de elaborare cercetări cu caracter aplicativ privind :

- Separarea prîn agregare și sedimentare a sistemelor disperse predominant sferococice (sîngele) în vederea stabilirii unei noi

metode de determinare a dispersiilor componente în mediul de dispersie (similar cu electroforeza).

- Realizarea unor sisteme disperse sau pseudodisperse între uleiuri și pigmenții coloranți în vederea obținerii de vopsele de calitate superioară, adică cu dispersiuni având dimensiuni  $d_{max}$  interesând Uzinele Policolor București, de la care s-a primit materialele și o temă de cercetare.

- Realizarea unor betoane atât în domeniul construcțiilor civile, interesat fiind T.C.M. Timișoara, cât și a construcțiilor hidrotehnice, cu caracteristici de rezistențe mecanice mai mari cu (5-20)% în cazul vibrării ultrasonice, față de vibrarea mecanică. Rezultatele deja obținute au făcut obiectul unei comunicări la conferința ICEM București din 6-9 septembrie 1978.

- Cercetări experimentale privind limpezirea apelor din floatațiile miniere pentru creșterea concentratului metalifer sau nemetalifer. În acest sens urmează să se cerceteze problema creșterii concentratului de grafit din instalațiile actuale (Râmnicu Vâlcea).

Alte aplicații utile de cercetat, parțial experimentate și în faza a I-a se menționează :

- Fluidizarea apei cu motorină, petrol, benzină sau spirt denaturat, în vederea obținerii unor produse combustibile cu randamente mari și mai economice.

- Distrugerea faunei și florei microliene din apele purificate și ozonizarea acestor ape.

- Fărâmițarea particulelor de coloranți și obținerea unei mai bune calități a țesăturilor vopsite.

- Depoluarea apelor uzate prin introducerea de vibratoare ultrasonice în mediul poluat ceea ce conduce la creșterea  $O_2$ .

#### 5.4. CONCLUZII FINALE

Dacă cercetările și tehnologiile realizate în țările avansate industrial referitor la folosirea proprietăților câmpului ultraacustic sînt dezvoltate în unele domenii ca : defectoscopia în solide și detecția în lichide (apă), prelucrarea metalelor, sinteza unor substanțe chimice, medicină etc., în domeniul limpezirii hidrosolurilor și mai ales a apelor superficiale cercetările sînt puține, neconcludente și deseori contradictorii, adică practic nu există.

În țara noastră, preocupările vizînd cercetarea și aplicațiile tehnice folosind metode ultrasonice, sau creierea de aparate și instalații cu ultrasunete s-au dezvoltat mai ales începînd cu domeniul al 6-lea a secolului XX. Printre pionerii ultraacusticii în România amintim pe regretații Acad. Bădărău, ing. M. Grumăzescu și ing. M. Bernath etc.

În prezent preocupările mai importante privind tehnica ultrasunetului în țara noastră sînt :

În domeniul metalurgiei (ICEM București), a construcției de generatoare și ferite (ICEM și ICE București), a construcției de transductoare și concentratoare de energie acustice (I. Politehnic, ICEM, ICE București, I. P. Timișoara fac. de mecanică), coagulării aerosolilor, separarea minereurilor etc. (I. Politehnic Cluj și Universitatea Cluj), defectoscopie (INCERC București, Academie R. S. R) etc.

Cercetările teoretico-aplicative ale autorului s-au concentrat în special asupra obținerii unei metode de limpezire a hidrosolurilor, și cu deosebire a apelor superficiale folosind dirijat acțiunea comună a câmpurilor gravitațional, hidrodinamic și ultrasonic. Din cercetările teoretice pe cazuri particulare (sisteme monodisperse, cu dispersiuni sferice și  $Re < 1$  etc.) iar experimental și pentru sisteme polidisperse,  $Re > 1$  etc., rezultă că în unele situații ca urmare a realizării agregării și sedimentării particulelor se asigură o limpezire a hidrosolurilor inițiale iar în alte condiții și cazuri se produc fenomene inverse sau conexe.

Neexistînd instalații sau părți din ea, pentru experimentare, a fost necesar ca autorul să se preocupe de cercetări și experimentări electroacustice, în vederea realizării echipamentului experimental electroacustic-hidraulic, astfel că în prezent, pe lângă rezultatele fructuoase variate și cu largi perspective de aplicații industriale, prin grija autorului și cu sprijinul Catedrei de C. H. I. F., a I. P. Timișoara și a unor colaboratori externi s-a creat și un laborator de cercetări în domeniul hidrosonicii.

Concretizarea cercetărilor efectuate, prin aplicarea rezultatelor în domeniul industriei chimiei, metalurgiei, construcțiilor, lemnului și a medicinei, sînt parțial în curs de realizare. Experimentele în curs, sau cele ce se vor realiza încă în acest cîmp, vor permite dezvoltarea de tehnologii neconvenționale hidroultrasonice sau hidrosonice, astfel încît în aceste domenii țara noastră să se situeze printre țările avansate. Este, firește necesar, ca unitățile ce asigură echipamente electro-acustice să se dezvolte corespunzător, laboratorul hidrosonic al catedrei CHIF să-și lărgească forțele de cercetare iar unitățile interesate să participe la elaborarea în faza pilot și industrială a tehnologiilor ce deja se pot pune la dispoziție ca : limpezire sau separarea fazelor din unele hidrosoluri, emulsionări, vibrare ultrasonică a betoanelor etc., ca și la

experimentarea și concretizarea unor tehnologii prevăzute în faza a II-a.

Autorul își exprimă speranța că activitatea depusă în acest scop, mai ales în ultimul deceniu, contribuie la creșterea economică și tehnico-științifică a țării noastre, condusă dinamic și eficient de forța noastră conducătoare P.C.R.



BIBLIOGRAFIE PENTRU PARTEA A II-A

- 1.- Ahrens E. - Schall und Ultraschall in der Unterwasser-nachrichtentechnik. Westendeutscher Verlag Köln und Opladen - 1961
- 2.- Alexandrov I.N. - Vibrațiile ultrasonice în tehnologia beto-  
Salina M.A. nului - 1969
- 3.- Anza G., Drimer D. - The design and construction of solid  
concentrator for ultrasonic energy.  
R.Ultrasonics. London IX - 1976
- 4.- Anghelută Th- - Curs de teoria funcțiilor de variabilă  
complexă. Ed. tehnică București - 1957
- 5.- Balezin S.A. - Rukovodstvo k practiceskim zaniatiam po  
fiziceskoi i koloidnoi himii (Indreptar  
pentru lucrări practice de fizică și chi-  
mie coloidală) Moscova - 1950
- 6.- Bancroft D. - Method and apparatus for measurement of  
Maropis N. acoustic power transmission and impedance.  
De Prisco, f U.S.A. Patent 3.288.241 (21.XI.1966)-1966  
Elmore W.C.
- 7.- Bădărău E. - Bazele acusticii moderne. Ed. Academiei  
Grumăzescu M. București - 1961
- 8.- Bădărău E. - Ultraacustică fizică și tehnică.  
Grumăzescu M. Ed. tehnică București - 1967
- 9.- Bărbat B. - Amplificatoare de audiofrecvență.  
Presură T. Ed. tehnică București - 1972
- 10.- Bellman R. - Introducere în analiza matricială.  
Ed. tehnică București - 1969
- 11.- Bellman R.E. - Programarea dinamică aplicată.  
Stuart D.E. Ed. tehnică București - 1967
- 12.- Benson C. - Ultrasonics - London - 1949
- 13.- Bergmann L. - Der Ultraschall und seine Anwendung in  
Wissenschaft und tehnik. Stuttgart - 1957
- 14.- Bergmann L. - Der Ultraschall - 1966
- 15.- Babber I.R. - Underwater electroacoustic measurements.  
Ed. Naval Research Laboratory, Washington  
D.C. - 1970
- 16.- Borș C., Bors D. - Numere complexe. Ed. tehnică București-1962
- 17.- Bradfield G. - Ultrasonic transducers. R.Ultrasonics 8(3)  
(177-190) - 1970
- 18.- Brand, Freund und - Zur theorie der akustischen Koagulation.  
Niedermann Kolloid-Zeitschrift Bd.77 nr.1 - 1936

- 19.- Branson - Ultraschall-Ultrasonics.Katalog - 1976
- 20.- Branson - Ultraschall-Ultrasonics.Katalog - 1976
- 21.- Brüel et Kjaer - Frequenzanalysator (prospect) Naerum Denmark - 1977
- 22.- Brüel et Kjaer - Sinusgenerator (prospect) Naerum Denmark - 1977
- 23.- Brüel et Kjaer - Hydrophones (prospect) Naerum Danmark - 1977
- 24.- Brüel et Kjaer - Introduction to underwater acoustics hydrophones-their characteristics and applications.Calibration technique Naerum Denmark - 1977
- 25.- Brüel et Kjaer - Hidrofoane.Characteristici și aplicații Prospect.Naerum.Denmark - 1977
- 26.- Bucur C.M. - Metode numerice.Ed.Facla Timișoara-1973
- 27.- Ciba-Geygy - Adhesifs araldite.Pretraitement de materiaux metallique et non metallique pour l'assemblage avec des adhesifs araldite.Prescriptions Switzerland-Suisse-1976
- 28.- Ciba-Geygy - Araldite AVV 106 Hardener Hv957V Prospect documentation.Switzerland-Suisse - 1977
- 29.- Ciba-Geygy - Araldite AT<sub>1</sub>.Araldite AT131 (Prospect documentation) Switzerland-Suisse - 1977
- 30.- Ciba Geygy - Araldite adhesives.Properties of araldite adhesives before during and after processing.Switzerland-Suisse - 1975
- 31.- Cioc Dumitru - Hidraulica.Ed.did.și ped.București - 1975
- 32.- Cionvică D. - Generator electric de putere pentru frecvențe ultrasonice f(15-30)kHz A 4-a conf. națională de acustică.Ultrasunete.București 1973
- 33.- Chifu Emil - Chimie coloidală.Ed.did.și ped.București 1969
- 34.- Clair H.W.  
Spendlore M.I.  
Potter E.V. - Flocculation of aerosols by intens high-frequency sound.Bureau of Mines.Raport of Investigation 4218-28 S - 1948
- 35.- Coheci V. - Contribuții la studiul procesului de coagulare cu aplicație la epurarea apelor reziduale.Teză de doctorat I.P.Timișoara - 1971
- 36.- Coheci V. - Unele considerațiuni teoretice și practice asupra coagulării ca proces complex de tratare a apelor.Congr.internaț.de chimie-Buc.-1

- 37.- Cojocarù Z.  
Dragomir T.  
Drăgan O.  
Voicu Gh. - Cercetări privind fabricarea și utilizarea feritelor magnetostrictive. Sesiunea de comunicări ICEM București - 1975
- 38.- Constantinescu M.  
etc. - Hidrologie. Ed. tehnică - 1956
- 39.- Cosma T.  
Dobrescu Fl. - Generator ultrasonic de laborator. A 4-a conf. națională de acustică București-1973
- 40.- Cosma T. - Filtrarea ultrasonică a soluțiilor chimice industriale. A 4-a conferință națională de acustică ultrasonică - 1973
- 41.- Craiu V.  
Ciucu G. - Verificarea ipotezelor statistice. Ed. didactică și ped. București - 1972
- 42.- Craiu V.  
Ciucu G. - Probleme de statistică matematică. Ed. didactică și pedagogică București - 1968
- 43.- Crawford A.E. - Tehnica ultrasunetelor. Paris Ed. Dunod-1959
- 44.- Crețu Gh. - Contribuții la studiul și dimensionarea separatoroarelor suspensionale cu secțiuni progresivă, pentru limpezirea apei. Teză de doctorat I.P. Timișoara - 1971
- 45.- Dancea Ioan - Programarea calculatoarelor numerice pentru rezolvarea problemelor cu caracter tehnic și de cercetare științifică. Ed. Dacia-Cluj 1973
- 46.- Diverși - Acustica i ultrazvuk (Revistă de acustică și ultrasunete) Kiev - 1966-1976
- 47.- Dobs E.R. - Electromagnetic generation of ultrasonic Waves in metals. Ultrasonic for industry Cp. 20-21 Graz - 1970
- 48.- Dorin Pavel - Hidraulică teoretică și aplicată. Ed. tehnică București - 1950
- 49.- Drăgan Ovidiu - Cercetări privind tragerea la rece a țevilor pe dop activat ultrasonic. Teză de doctorat I.P. Timișoara - 1974
- 50.- Drăgan O., Galan N.  
Ghiță C., Sîrbu A. - Contribuții privind studiul transductoarelor inductive pentru măsurarea amplitudinii vibrațiilor în medii solide. A 4-a conf. națională de acustică București - 1973
- 51.- Drăgan O., Ghiță C.  
Sîrbu N., Galan N. - Traductorul inductiv de vibrații. R. Electro-tehnica, electronica și automatică nr. 23(4) p. 168-173 - 1975

- 52.- Drăgan O., Sîrbu A. - Research on inductive transducers for vibration measurement. Ultrasonics International. London - 1975  
Galan N.
- 53.- Elpinev I.E. - Ultrasunetul, Acțiunea fizico-chimică și biologică. Ed. Fitzmatghiz - 1963
- 54.- Feynman R. - Fizica modernă. Ed. tehnică - 1969
- 55.- Ghergal D.A., Fridman V.M. - Aparatură tehnologică cu ultrasunete. Ed. Energia. Moscova - 1976
- 56.- Gheorghiu V. - O nouă relație a vitezelor în transportul pneumatic. Com. la ses. IPTVT Cîntarea României mai - 1977
- 57.- Gheorghiu V. - Funcții de rugozitate pentru sistematizarea calculului rezistenței hidraulice în conducte tehnice. Studii și cercetări de mec. aplicată nr. 2. Ed. Academiei R.S.R. 1976
- 58.- Gheorghiu V. - Curs de hidraulică. Note prelucrate. Uz intern - 1968-1970
- 59.- Gherma O., Salin L. - Fizică statistică. Ed. tehnică București 1977
- 60.- Golemina I.P. - Magnetostrictionie feritî kak material dlea acusticesticeskih preobrazavatelei (Ferite magnetotrictive folosite pentru traductori electroacustiici în : Akusticeskii jurnal 6 m 3 p. 311-320 - 1960
- 61.- Golemina I.P. - Ultrazvukovii izluceatel iz ferita nekelea (Radiatori de ultrasunete din ferită și nikel). In Akusticeskii jurnal 2 nr. 2 p. 225-228 - 1956
- 62.- Gorbatschew S.W. - Zur Frage der Bewegung eines schweren Tropfens im Acustischen Feld - Kolloid 2 Bd. 73 S 146/154 - 1935
- 63.- Gray P., Searle C. - Bazele electronicii moderne. Ed. Paul E. Gray - Ed. tehnică București - 1973
- 64.- Grumăzescu M. - Ultrasunetul în acțiune. București Ed. științifică - 1964
- 65.- Hecht Heinrich - Die Electroakustischen Wandler. Leipzig 1957
- 66.- Herbert L. Wintér M. - Ultraschall. Grundlagen und Anwendungen in Physik, Technik Industrie, Biologie und Medizin. Ultrasunetul. Principii și aplicații în fizică, tehnică industrie biologie și medicină. Leipzig - 1958

- 67.- Hewlett-Packard - Catalog de produse - 1977
- 68.- Hincin A.I. - Opt lecții de analiză matematică. Ed. de stat București - 1949
- 69.- Honywel B.  
Warnier I.B.  
Flanagan B.M. - Instruire în programare. Construirea programelor și exploatarea datelor. Ed. tehnică București - 1973
- 70.- ICEM - Valorificarea feritelor magnetostrictive tip I 20 I 50 și II 100. Contract 1634/75 București. Uz intern ICEM - 1975
- 71.- Ionescu Vl. - Sisteme liniare. Ed. Academiei RSR București - 1973
- 72.- IPRS Băneasa - Catalog de produse electronice și electr. București - 1977
- 73.- Jujikov V.A. - Filtrarea. Teoria și practica separării suspensiilor. Trad. l. rusă. Ed. tehnică București 1962
- 74.- Jura C. - Alimentații cu apă. Ed. I.P.T. Timișoara - 1967
- 75.- Jura C. - Alimentații cu apă. Ed. I.P.T. Timișoara - 1976
- 76.- Knuth D.E. - Tratat de programarea calculatoarelor. Ed. tehnică București - 1974
- 77.- Kono R. - Prevention of blood coagulation in the mechanical heart application of ultrasonics. Japan I. Thorac S 355-358 nr.24 - 1971
- 78.- Kozeny I. - Hydraulik, ihre Grundlagen und praktische Anwendung. Wien - 1953
- 79.- Krasilnikov V.A. - Unde sonore în aer, apă și corpuri solide. Ed. tehnică București - 1957
- 80.- Krautkrümer G. - Das echo nr.27,28. Rev. program a firmei Köln 1973,74
- 81.- Kudreavțev B.B. - Sunetele care nu se aud. Ed. Cartea rusă București - 1956
- 82.- Kudreavțev B.B. - Anwendung von Ultraschallverfahren bei Physikalisch-Chemischen Untersuchungen. Berlin - 1955
- 83.- Leliakov I. - Metode fizico-chimice de analiză. Ed. didactică și ped. București - 1963
- 84.- Marinescu Gh. - Matematici superioare. Ed. didactică și ped. București - 1970
- 85.- Marinesco N. - Action des ultrason sur les colloïdes. R. Chimie et Ind. Bd.55.S.87-100 - 1946
- 86.- Morse P.F. - Teoria acusticii liniare. Trad. uz. intern CHIP din Handbuch der Physik-Acoustic I Ed. Flügge. Heidelberg-London - 1961

- 87.- Mason W.P.      • Dispersia și absorbția sunetului în poli-  
meri înalți. Trad. uz intern CHIF din Handbuch  
der Physik-Acustic I. Ed. Flüge. Heidelberg-  
London - 1961
- 88.- Mason W.P.      • Physical acoustics. Principles and methods.  
Tharston R.N.      Ed. Departament of civil engineering. Colum-  
bia University and Bell Telephone Laborato-  
ries Holmdel New Jersey. Academic Press. New  
York-London (Trad. l. rusă 1973) - 1973
- 89.- Matanschek I.    • Einführung in die ultraschall technik.  
Berlin - 1957
- 90.- Mateescu Cristea    • Hidraulica Ed. did. și ped. București - 1963
- 91.- Mihoc G.            • Statistică matematică. Ed. did. și ped.  
Firescu D.            București - 1968
- 92.- Mihoc G.            • Matematici aplicate în statistică. Ed.  
Urseanu V.            Academiei RSR București - 1962
- 93.- Mihoc G.            • Tratat de statistică matematică vol. 1  
Craiu V.              Selecție și estimatie vol. 2. Verificarea  
ipotezelor statistice. Ed. Academiei  
București - 1977
- 94.- Mihoc G.            • Programare matematică. Ed. did. și ped.  
Stefănescu A.        București - 1973
- 95.- Mihu P.V.          • Aspecte ale utilizării ultrasunetelor în  
Pop Iulia              îmbunătățirea tehnologiei flotării mine-  
ralelor sulfuroase. A 4-a conf. națională  
de acustică-Ultrasunete București - 1973
- 96.- Mioc V.            • Curs de analiză matematică vol. I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, 2, 3  
Ed. I.P. Timișoara - 1968
- 97.- Mirel Ion          • Contribuții la studiul procesului de fil-  
trare rapidă în perioada inițială de re-  
ținere. Teză de doctorat. I.P. Timișoara-1974
- 98.- Niculescu St.      • Inițiere în Fortran. Ed. tehnică București-1972
- 99.- Noltingk B.E.      • Handbuch der Physik. vol. Acoustics II. Efectele  
ultrasunetelor în lichide. Trad. CHIF Uz. in-  
tern. Heidelberg-London - 1962
- 100.- Onicescu Oct.     • Strategia jocurilor cu aplicații la progra-  
marea liniară. Ed. Acad. București - 1971
- 101.- Paul R.            • Tehnica măsurătorii tranzistoarelor. Ed. tehn.  
București (trad. l. germ.) - 1971
- 102.- Păcurariu M.P.C. • Aplicații ale ultrasunetelor în procese de

- stabilizare sau destabilizare a sistemelor coloidale și pseudocoloidale. Uz intern CHIF  
Studiu documentar Timișoara - 1972-1977
- 103.- Păcurariu M.P.C. - Determinarea unor criterii optime în unele procese de coagulare-sedimentare a hidrosolurilor sub influența și a unui câmp ultrasonic. Studii experimentale. Uz intern CHIF Timișoara - 1976
- 104.- Păcurariu M.P.C. - Considerații asupra caracteristicilor și condițiilor de sedimentare-filtrare a soluțiilor vâscoase. Studiu documentar. Uz intern CHIF Timișoara - 1976
- 105.- Păcurariu M.P.C. - Fenomene electrocapilare și electrocinetice în sisteme coloidale. Studiu documentar. Uz intern CHIF Timișoara - 1975
- 106.- Păcurariu M.P.C. - Hidrologia Edit. I.P. Timișoara - 1975
- 107.- Păcurariu M.P.C. - Hidrogeologia Edit. I.P. Timișoara - 1976
- 108.- Păcurariu M.P.C. - Coagularea particulelor solide în suspensie din mediul lichid. Studiu documentar. Uz intern CHIF Timișoara - 1974
- 109.- Păcurariu M.P.C. - Proprietăți cinetico-moleculare ale sistemelor coloidale. Studiu documentar. Uz intern CHIF Timișoara - 1975
- 110.- Păcurariu M.P.C. - Referințe privind epurarea apelor industriale. Studiu documentar. Uz intern CHIF Timișoara - 1977
- 111.- Păcurariu M.P.C. - Rezultate experimentale asupra limpezirii apei de Bega în câmp ultrasonic și hidrodinamic. Uz intern. Studiu experimental CHIF Timișoara - 1977
- 112.- Păcurariu M.P.C. - Studiu și proiectarea unei instalații experimentale de filtrare în câmp ultrasonic. Comunicare (publicată) cu ocazia sesiunii "Cîntarea României" mai Timișoara - 1977
- 113.- Păcurariu M.P.C. - Studiu experimental privitor la producerea fenomenului de reopexie la betoane. În curs de publicare - 1978
- 114.- Păcurariu M.P.C. - Teoria procesului de coagulare. Studiu documentar Timișoara. Uz intern CHIF - 1973

- 115.- Giurconiu M. - Diagrame, nomograme și tabele pentru calculul  
Popa Gh., lucrărilor hidroedilitare. Ed. I. P. Timișoara  
Păcurariu M.P.C. 1975  
Mirel I.
- 116.- Giurconiu M. - Diagrame, nomograme și tabele pentru calcu-  
Mirel I. lul lucrărilor hidroedilitare. Ed. Facla  
Păcurariu M.P.C. Timișoara - 1977  
Popa Gh.
- 117.- Peter A., Levin M.S. - Underwater impulse measurements. Technical  
Revue (4) Copenhagen - 1974
- 118.- Pohlman Reinmar - Die neusten Ergebnisse der Ultraschall  
Forschung in Anwendung und Ausblick auf  
die moderne Technik Westdeutscher Verlag-  
Köln und Opladen - 1961
- 119.- Pohlman R. - Über die richtende Wirkung der Schallfeldes  
auf Suspensionen nichthugelförmiger Teilchen  
Z. Physik Bd. 107 S. 497-508 - 1937
- 120.- Pohlman R. - Ultraschall-Dokumentation Laboratorium für  
Ultraschall Dokumentationsstelle. Prof. dr. R.  
Pohlman. Rheinisch-Westfälische Technische  
Hochschule. Aachen vol. II (1967-68) vol. III  
(1968-70), vol. IV (1970-71) vol. V (1971-72)  
vol. VI (1973) vol. VII (1974) S. Hirzel Verlag  
Stuttgart - 1969, 1971, 1972, 1973, 1974
- 121.- Popa B. - Procese de ardere în câmp sonor. Ed. Academiei  
Isculescu V. București - 1973
- 122.- Richardson E.G. - Ultrasonic physics. London-New-York - 1952
- 123.- Roll Karl - Reinigungsanlagen für die metall, glas und  
kunststoffverarbeitende industrie mit und  
ohne Ultraschall. Prospect Enzberg - 1977
- 124.- Rosenberg L.D. etc - Fizika i tehnica moşnogoultrasvuka vol. 1,  
2, 3, 4 Ed. Acad. Moscova - 1969, 1970
- 125.- Roşculeţ M.N. - Analiza matematică. Ed. didactică și pedago-  
gică București - 1966
- 126.- Rudner V. - Probleme de matematici speciale. Ed. did. și  
ped. București - 1966
- 127.- Rudner V. - Probleme de matematici speciale. Ed. did. și  
ped. București - 1970
- 128.- Samachi Gh. - Tranzistoare. Culegere de probleme. Ed. did.  
și ped. București - 1966
- 129.- Sandu D.D. - Electronica fizică. Ed. Academiei București - 1977



- 130.- Sette D.                   - Dispersia și absorbția undelor sonore în lichide și în amestecuri de lichide. Trad. l.rom.Uz intern CHIF, din Handbuch der Physik-Acoustic I. Ed. Flüggé-Heidelberg-London - 1961
- 131.- Serban C.               - Une methode ultrasonique d'agglomeration des particules des suspensions. Studia Universitatis Babeş-Bolyai Cluj-Napoca. Physica I (p.10-15) - 1978  
Macovei I.  
Ausländer D.  
Mazur St.
- 132.- Serban C.               - Determination de la solvation de quelques electrolytes par une methode de ultrasonique S.U.Babeş-Bolyai Cluj-Napoca Physica I (p.16-19) - 1978  
Ausländer D.
- 133.- Silaş Gh.               - Mecanica, vibrații mecanice. Ed. did. și ped. București - 1968
- 134.- Solner K.               - The mechanism of coagulation by ultrasonic waves. Trans. Faraday Bd. 32 S. 616-623 - 1936  
Bondy C.
- 135.- Stanomir D.             - Inițiere în electroacustică București Ed. tehnică - 1971
- 136.- Stepanov U.U.           - Curs de ecuații diferențiale. Ed. tehnică București - 1955
- 137.- Subcomisia de           - Prognoza pentru problemele de gospodărire prognoză pt. problemele gosp. apelor a apelor. Uz intern București - 1973  
problemele gosp. apelor
- 138.- Taraba O.               - Fyzikalny ucinky intenzivnich akustickich poli o ultrazvukovych kmitoctech v kapalinach (Efecte fizice produse în lichide de câmpurile de frecvență ultrasonică de mare intensitate. In Electrotechnichy Obzov 48 nr.7 p.373-378 - 1959
- 139.- Tarnaczy T.             - Ultrahang. Műszakikönyvkiado Budapest - 1963
- 140.- Tarnow V.               - Sound radiation from Randspecker system nich the symmetry of the platonic solids. Technical Review (4) Copenhagen - 1974
- 141.- Timoshenko V.           - Kinetics of sonic coagulation and precipitation of high disperse aerosols. R. Ultrasonics nr.314/5 sept. 1976  
Belenkii V.  
Fedoruk T.
- 142.- Timotin A.             - Lecții de bazele electrotehnicii. Ed. did. și ped. București - 1970  
Hortopan V.
- 143.- Tiron M.                - Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici patrate. Ed. tehnică București-1972

- 144.- Tiron M. - Prelucrarea statistică și informațională a datelor de măsurare. Ed. tehnică București - 1977
- 145.- Trofin P. - Alimentații cu apă. Ed. did. și ped. Buc. - 1973
- 146.- Tilenschi S. - Chimie coloidală. Ed. tehnică București - 1964
- 147.- Voinea Radu  
Voiculescu D.  
Ceașu V. - Mecanica. Ed. did. și ped. București - 1975
- 148.- Voinea Radu  
Atanasiu M. - Metode analitice noi în teoria mecanismelor. Ed. tehnică București - 1964
- 149.- Vasilescu Al. - Analiza dimensională și teoria similitudinii. Ed. Academiei București - 1969
- 150.- Yakagen A. - Yakogwa-General specifications for electronic strip chart recorder. Catalog. Musashino-Schi Tokyo 180 - 1976
- 151.- Zegyda A.D. - Teoria similitudinii și metodică de calcul a modelelor hidrotehnice. trad. l. rusă - IPT-1962
- 152.- Zăgănescu Fl. - Ultrasunetele în tehnica militară. Ed. militară 1961
- 153.- - - Ferite magnetostrictive resonators TDK. Electronic Co-Std. Prospectus Tokyo-Japan-1975
- 154.- - - Sistemul internațional de unități. Ed. tehnică București - 1965

## A N E X A

A.1. ECUATIA ENERGIEI DE INTERACTIUNE DINTRE DOI  
DISPERSOIZI  $\Delta E_c$  IN CIMP HIDROSONIC STATIONAR  
SI IN MEDIUL DE DISPERSIE LICHID

## A.1.1. CONSIDERATII TEORETICE. PROGRAMUL DE CALCUL

Din cap. II-8 rezultă că, demonstrațiile și concluziile teoretice referitoare la fenomenul de agregare a doi dispersoizi aflați într-un mediu de dispersie lichid și sub acțiunea unui cîmp hidrosonic, sînt în general valabile atît pentru cazul cîmpului acustic <sup>progresiv</sup> și pentru cîmpul acustic staționar, cu următoarele observații :

- În scrierea ecuațiilor (II-140) și (II-141) originea axei timpului  $y_0 = A$ , în timp ce în acest caz se preferă scrierea ecuațiilor similare, considerînd originea axei timpului  $y_0 = 0$ .

De aceea ecuațiile de mișcare a mediului de dispersie (apa) activat acustic (ultraacustic) sînt :

$$y = A(x) \sin [\omega t - f(x)] \quad (A-1)$$

$$v = v_{max}(x) \cos [\omega t - f(x)] \quad (A-2)$$

x, fiind abscisa punctului în care se consideră mișcarea acustică, iar :

$$v_{max}(x) = \omega A(x) \quad (A-3)$$

Similar ecuațiile de mișcare a dispersoizilor din mediul de dispersie lichid (apa), activate acustic (ultraacustic) sînt :

$$y_p = A_p(x) \sin [\omega t - f_p(x) - f(x)] \quad (A-4)$$

$$v_p = v_{pmax} \cos [\omega t - f_p(x) - f(x)] \quad (A-5)$$

$$v_{pmax} = \omega A_p(x) \quad (A-6)$$

iar :

$$A_p(x) = \frac{18 \eta}{\sqrt{(\rho_p d_p^2 \omega)^2 + (18 \eta)^2}} A(x) \quad (A-7)$$

$$f_p(x) = \arctg \left[ - \frac{18 \eta}{\rho_p d_p^2 \omega} \right] \quad (A-8)$$

Diferența dintre undele progresive și cele staționare rezultă din expresiile aferente a amplitudinii de oscilație a particulelor mediului activat  $A(x)$  și faza acestor particule  $(x)$ , căci :

In cazul undelor plane progresive, neglijându-se efectul atenuare a undelor cu distanța :

$$A(x) = A = ct. \quad (\text{A-9})$$

$$f(x) = k \cdot x \quad (\text{A-10})$$

In timp ce în cazul undelor plane staționare :

$$A(x) = 2 A \cos kx \quad (\text{A-11})$$

$$f(x) = 0 \quad (\text{A-12})$$

Evident că și în cazul undelor staționare, ecuația energiei interacțiune  $\Delta E_c$ , este dată tot de ecuația (II-194), cu diferența menționată mai sus, adică :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \left[ m_{p1} v_{p1}^2 + m_{p2} v_{p2}^2 - \frac{(m_{p1} v_{p1} + m_{p2} v_{p2})^2}{m_{p1} + m_{p2}} \right] \quad (\text{II-194})$$

unde :

$$v_{p1} = 2 \omega A \cos kx \sin \left[ \omega t + \arctg \frac{q \eta}{\pi \rho_1 d^2 f} \right] \quad (\text{A-13})$$

$$v_{p2} = 2 \omega A \cos kx \sin \left[ \omega t + \arctg \frac{q \eta}{\pi \rho_2 d^2 f} \right] \quad (\text{A-14})$$

$$m_{p1} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_1 \quad \text{și} \quad m_{p2} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_2 \quad (\text{II-193})$$

Potrivit concluziilor rezultate din cap. I și mai ales I-7 ca și din cap. II și IV, rezultă că :

Atunci când rezultanta energetică dintre dispersoizi este mai mare decât cea dintre dispersoid și mediul de dispersie se produce agregarea prin alipirea particulelor între ele total sau parțial, adică se produce coagularea. Coagularea durează pînă se egalizează cele două tipuri de energii.

Se apreciază că în câmp acustic (ultraacustic) și mediul de dispersie lichid, potențialul electrocinetic  $\mathcal{J}$  se atenuază sau chiar anulează dispersoizii putînd să devină orientabili, dacă raportul :

$$\Delta E_{max} = \frac{\Delta E_{c max}}{E_t} \gg 1 \quad (\text{A-15})$$

unde,  $E_t$  este energia de agitație termică (rezultantă) a mediului de dispersie. In acest sens prelucrările teoretice prezentate în cele ce urmează evidențiază condițiile în care ipoteza 2-4-2 este variabilă sau optimă, permițînd continuarea optimă a procesului de limpezire funcție de parametrii hidraulici și acustici.

Energia de agitație termică a gazului ideal :

$$E_t = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} (1,38 \cdot 10^{-23}) T \quad (\text{A-16})$$

Firește că în lichide valoarea expresiei  $E_t$  este mai mică decît în cazul gazului ideal. Dar chiar dacă se admite această valoare, înseamnă că din punct de vedere al agregării atunci cînd :

$$\Delta E_{max} > 1 \quad (\text{A-17})$$

situația este cu atît mai favorabilă cu cît raportul :

$$\frac{E_{t \text{ lichid}}}{E_{t \text{ aer}}} < 1 \quad (\text{A-18})$$

Această corecție urmînd a se realiza pentru fiecare tip de hidrosol în parte, experimental. Calculul coeficientului adimensional a energiei de interacțiune dintre doi dispersoizi  $E_{max}$ , pentru mediul de dispersie aer și apă și parametrii caracteristici avînd valori diferite, în ventre și noduri va da posibilitatea aprecierii mai cuprinzătoare a efectului cîmpurilor hidroacustice (hidroultraacustice) privind limpezirea hidrosolurilor.

Acest calcul trebuie însă corelat cu probabilitatea de ciocnire a particulelor P.

$$P = P_{12} \cdot P_{21} \quad (\text{A-19})$$

$P_{12}$ ,  $P_{21}$  fiind probabilitățile de ciocnire a particulelor 1 cu 2 respectiv 2 cu 1, și exprimată pentru  $P_{12}$  prin ecuația (II-170),  $P_{21}$  fiind similară ca exprimare.

Cu această observație, rezultă că :

$$P = 2,25 \frac{[2l_{max} - (d_{p1} + d_{p2})]^2 (d_{p1} + d_{p2})^4}{d_{p1}^3 d_{p2}^3 \rho_{p1} \rho_{p2}} \quad (\text{A-20})$$

Pentru determinarea  $l_{max}$  (vezi 2.4.8.1), s-au prevăzut să se realizeze prin program de către calculator  $10^2$  iterații în intervalul  $l_{min} \dots l_{max}$ , precizia obținută fiind foarte mare.

Se mai precizează că pentru simplificarea operațiunilor de programare s-au simplificat toate formulele ce combinau funcții trigonometrice cu funcțiile lor inverse, fiind transformate în expresii algebrice pe baza următoarelor identități :

$$\sin(\arctg x) = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \quad (\text{A-21})$$

$$\cos(\arctg x) = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \quad (\text{A-22})$$

$$\cos[\arctg x_2 - \arctg x_1] = \frac{1 + x_1 x_2}{\sqrt{(1+x_1^2)(1+x_2^2)}} \quad (\text{A-23})$$

valabile pentru cazul  $x > 0$  ;  $x_1 > 0$  ;  $x_2 > 0$

Realizarea programului teoretic de calcul a impus alegerea judicioasă și minimală totuși a mărimilor, ca și variația acestora.

Astfel s-au considerat folosind ca unități de măsură S.I.:

- Diametrii particulelor  $dp_1$  și  $dp_2$  notați în program DP1 și DP2 s-au considerat cele din :

Tabelul A-1

Grupa I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DP1	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$
DP2	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$

Diametrii aleși sînt în concordanță cu ipotezele din cap.2-8, adică diferența între diametre este de maxim 10 ori mai mică sau mai mare.

- Densitățile particulelor  $\rho_{p1}$  și  $\rho_{p2}$  notate în program ROP1 și ROP2 s-au stabilit pentru cele 3 programe astfel :

La programul 1

$$ROP1 = 1500 \text{ kg/m}^3; ROP2 = 500 \text{ kg/m}^3; \rho_{p1}, \rho_{p2} > \rho_{ap}$$
 (A-24)

La programul 2

$$ROP1 = 500 \text{ kg/m}^3; ROP2 = 800 \text{ kg/m}^3; \rho_{p1}, \rho_{p2} < \rho_{ap}$$
 (A-25)

La programul 3

$$ROP1 = 500 \text{ kg/m}^3; ROP2 = 5000 \text{ kg/m}^3; \rho_{p1} < \rho_{ap} < \rho_{p2}$$
 (A-26)

- Intensitatea acustică I s-a ales :

$$I : 10; 10^3; 5 \cdot 10^3 < \frac{\text{W}}{\text{m}^2} > \text{adică } I \leq 3$$
 (A-27)

- Frecvența acustică f notată în program F s-a ales :

$$f : 10^2; 2 \cdot 10^4; 10^5; 10^6 < \text{Hz} > \text{ sau } Z \leq 4$$
 (A-28)

- Temperatura t a hidrosolurilor notată în program cu T s-a calculat pentru : ( $W \leq 3$ )

$$T : 4; 18; 50 < ^\circ\text{C} >$$
 (A-29)

Astfel au rezultat valorile  $\Delta E_{\text{max}}$  și P pentru patru situații distincte și anume :

Pentru mediul de dispersie apa notat cu  $M = 1$ , cazul din ventru notat cu  $L = 1$ , adică pentru :

$$\alpha = \frac{\lambda}{2}$$
 (A-30)

și pentru nod notat  $L = 2$ , adică pentru :

$$\alpha = \frac{1}{4} \quad (A-31)$$

Pentru mediul de dispersie aer notat cu  $M = 2$ , de asemenea cazurile  $L = 1$  (ventru) și  $L = 2$  (nod).

Schema logică a programului în limbaj FORTRAN este dată în fig. A-1. Se evidențiază existența unor cicluri pentru calculul lui  $\Delta E_{\max}$  și  $\ell_{\max}$  necesar pentru calculul probabilității de ciocnire P.

Calcululele s-au efectuat pentru cazul undelor staționare având în vedere că pentru undele progresive s-au realizat unele calcule de exemplificare privind sedimentarea și agregarea în cap. (2-4) și (2-8).

Pentru a reduce timpul de rulare la calculator o serie de mărimi folosite în calcul, ce au coeficienți constanți au fost calculați explicit. Astfel :

1.- Viteza de propagare a undelor acustice  $c$  notată  $C(M)$  este pentru mediul apă  $C(1)$  și aer  $C(2)$  :

$$C(1) = 1557 - 0,0245(74 - t)^2 \quad \langle m/s \rangle \quad (A-32)$$

$$C(2) = 331,3 + 0,6t \quad (A-33)$$

2.- Vîscozitatea dinamică a mediului de dispersie notat cu  $ITA(M)$  respectiv  $ITA(1)$  pentru apă și  $ITA(2)$  pentru aer rezultă:

$$ITA(1) = \frac{1,792 \cdot 10^{-3}}{1 + 0,0337t + 0,00022t^2} \quad \langle \frac{Ns}{m^2} \rangle \quad (A-34)$$

$$ITA(2) = 1,478 \cdot 484 \cdot 10^{-6} \frac{(273 + t)^{3/2}}{390 + t} \quad \langle \frac{Ns}{m^2} \rangle \quad (A-35)$$

3.- Amplitudinea unei acustice emise  $A(M)$  la intensitatea  $I$

$$A(M) = \frac{0,225079}{F} \sqrt{\frac{I}{R_0(M)C(M)}} \quad (A-36)$$

$R_0(M)$  fiind densitatea mediului  $\rho$ . Valorile aferente pentru apă și aer se dau în tabelul A-2 :

Tabelul A-2

T	4°C	18°C	50°C	T	4°C	18°C	50°C
RO(1)	1000	998	997	RO(2)	1,238	1,184	1,060

4.- Pătratele numitorilor din expresia lui  $A_p(x)$  dată de relația (A-7), pentru particulele de tip 1 și 2 notate cu  $V_1$  și  $V_2$  sînt :

$$V_1 = 39,478 \cdot 417.6 (DP1^2 \cdot ROP1 \cdot F)^2 + [18 ITA(M)]^2 < \frac{Ns}{m^2} > \quad (A-37)$$

$$V_2 = 39,478 \cdot 417.6 (DP2^2 \cdot ROP2 \cdot F)^2 + [18 ITA(M)]^2 < \frac{Ns}{m^2} > \quad (A-38)$$

5.- Modulele expresiilor ce formează argumentul lui  $\varphi$  (x) dat în ecuația (A-8), pentru particulele de tip 1, respectiv de tipul 2 sînt date de  $W_1$  respectiv  $W_2$  :

$$W_1 = \frac{2,864788976 ITA(M)}{DP1^2 \cdot ROP1 \cdot F} < rad > \quad (A-39)$$

$$W_2 = \frac{2,864788976 ITA(M)}{DP2^2 \cdot ROP2 \cdot F} < rad > \quad (A-40)$$

6.- Distanța inițială dintre particula de tip 1 respectiv de tip 2 în iterația a (N-a), notată cu  $L_N$  este :

$$L_N = 4 \cdot 10^{-2} NA(M) + \frac{DP1 + DP2}{2} < m > \quad (A-41)$$

7.- Amplitudinea distanței relative dintre particulele de tip 1 respectiv de tip 2 față de tipul 2 respectiv  $\xi$  notată cu ANML pentru o anumită iterație N, un anumit mediu M și un anumit loc L este :

$$ANML = 36 ITA(M) A(M) \sqrt{B + 5X_1} \quad (A-42)$$

unde s-a notat numai în acest context prin :

$$B = \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{L} + \frac{2\pi FLN}{C(M)}\right)}{V_1} \quad (A-42')$$

$$S = \frac{\cos^2\frac{\pi}{L}}{V_2} - 2 \frac{\cos\left(\frac{\pi}{L} + \frac{2\pi FLN}{C(M)}\right) \cos\frac{\pi}{L}}{\sqrt{V_1 V_2}} \quad (A-42'')$$

$$X_1 = \frac{1 + W_1 W_2}{\sqrt{(1 + W_1^2)(1 + W_2^2)}} \quad (A-42''')$$

8.- Diferența de fază existentă inițial între particula de tip 1 respectiv de tip 2 față de tipul 2 respectiv tipul 1 notată cu  $FIN(M, L)$  :

$$FIN(M, 1) = \arctg \left[ \frac{\sqrt{V_2(1+W_2^2)} \cos \frac{2\pi FLN}{C(M)} - \sqrt{V_1(1+W_2^2)}}{W_2 \sqrt{V_1(1+W_1^2)} - W_1 \sqrt{V_2(1+W_1^2)} \cos \frac{2\pi FLN}{C(M)}} \right] \quad (A-43)$$

$$FIN(M, 2) = - \arctg \frac{1}{W_1} \quad (A-44)$$



9.- Timpul de ciocnire TN este :

$$TN = \arcsin \left( \frac{LN - \frac{DP1 + DP2}{2}}{ANML} \right) - FIN(M, L) < 1 > \quad (A-45)$$

10.- Vitezele în momentul ciocnirii a particulelor de tip 1 respectiv de tip 2 notate cu VN1 și VN2 sînt :

$$VN_1 = \frac{226,194674 \cdot ITA(M) \cdot FA(M) \cos \left( \frac{\pi}{2} + \frac{6,29385 \cdot F \cdot LN}{C(M)} \right)}{\sqrt{V_1}} \sin(TN + \arctg w_1) < \frac{M}{3} > \quad (A-46)$$

$$VN_2 = \frac{226,194674 \cdot ITA(M) \cdot FA(M) \cos \frac{\pi}{2}}{\sqrt{V_2}} \sin(TN + \arctg w_2) < \frac{M}{3} > \quad (A-47)$$

Particula de tip 2 se găsește inițial în ventru sau nod iar particula 1 la o distanță LN. Criteriul (numărul) adimensional al energiilor E rezultă la a N-a, iterație calculată cu expresiile (II-194) și (A-15) sub forma :

$$DEN = \frac{1,26473134 \cdot 10^{22}}{(27315 + T)} [Y - X] \quad (A-48)$$

unde, numai în acest context se înțelege prin :

$$Y = DP1^3 \cdot ROP1 \cdot VN1^2 + DP2^3 \cdot VN2^2 \cdot ROP2 \quad (A-48')$$

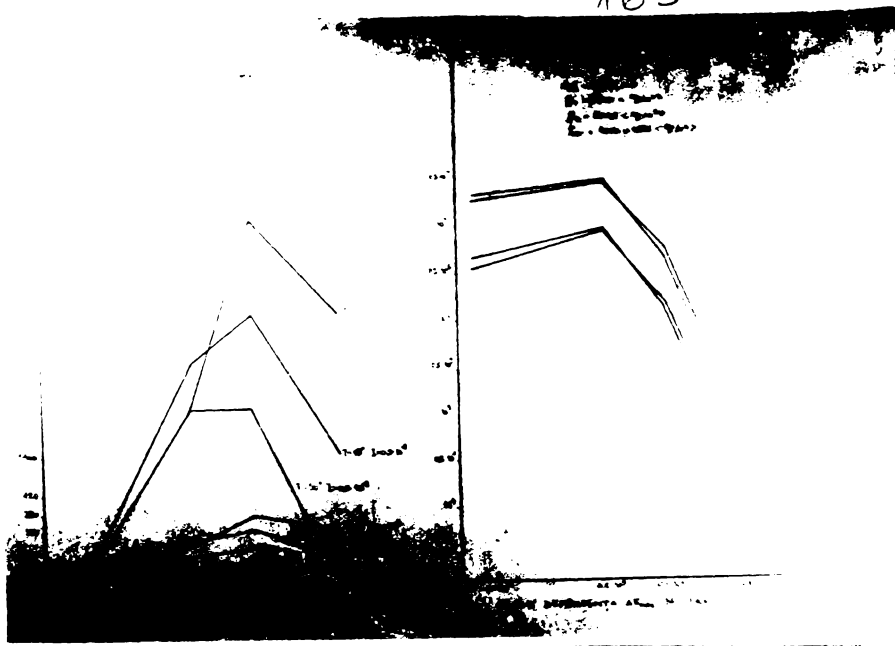
$$X = \frac{(DP1^3 \cdot ROP1 \cdot VN1 + DP2^3 \cdot ROP2 \cdot VN2)^2}{DP1^3 \cdot ROP1 + DP2^3 \cdot ROP2} \quad (A-48'')$$

12.- Determinarea probabilității P din expresia (A-20) notată cu F(M,L) rezultă pentru mediul de dispersie apă și aer în ventru și nod ca și criteriul adimensional al energiilor dat DEN afișînd în ventru și nod numai valoarea maximă :

$$DE \text{ MAX } (M, L) \geq DEN \quad (A-49)$$

Ansamblul programului dat în fig.A-1 rulat în cele 3 variante permite evidențierea domeniului optim satisfăcător sau nesatisfăcător a proceselor de interacțiune dintre dispersoizi, adică de aglomerare, dispersie sau fărîmîțare.

Rezultatele obținute s-au selectat și reprezentat grafic prin figurile (A-2)...(A-19), cîte 6 pentru fiecare subprogram.



$$S_p > S_a$$

fig A-2 si A-2'  
Corelatia dintre  $\Delta E_{max}$   
si frecventa acustica  $f$ ,  
in apa respectiv in aer.

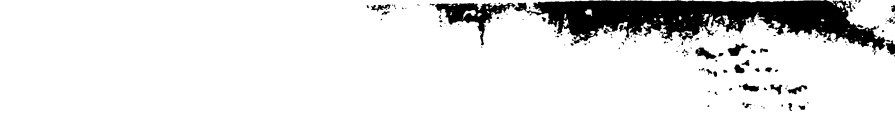


fig A-3 si A-3'  
Corelatia dintre  $\Delta E_{max}$   
si intensitatea acustica  $I$ ,  
in apa respectiv in aer.



fig A-4 si A-4'  
Corelatia dintre  $\Delta E_{max}$   
si temperatura  $t$ , in  
apa respectiv in aer.

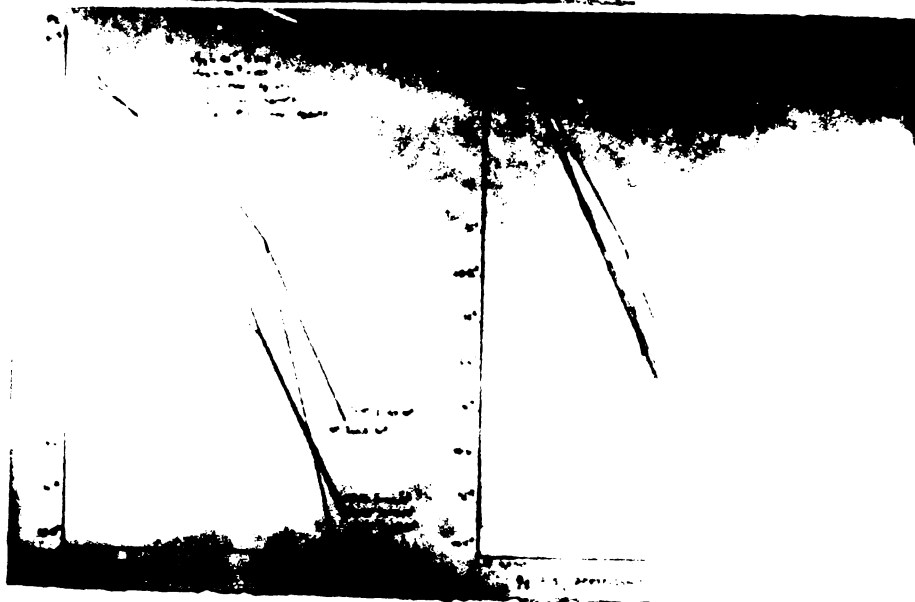


fig A-5 si A-5'  
Corelatia dintre proba-  
bilitatea de ciocnire  
a dispersoizilor  $P$   
si frecventa acustica  $f$   
in apa respectiv in aer.

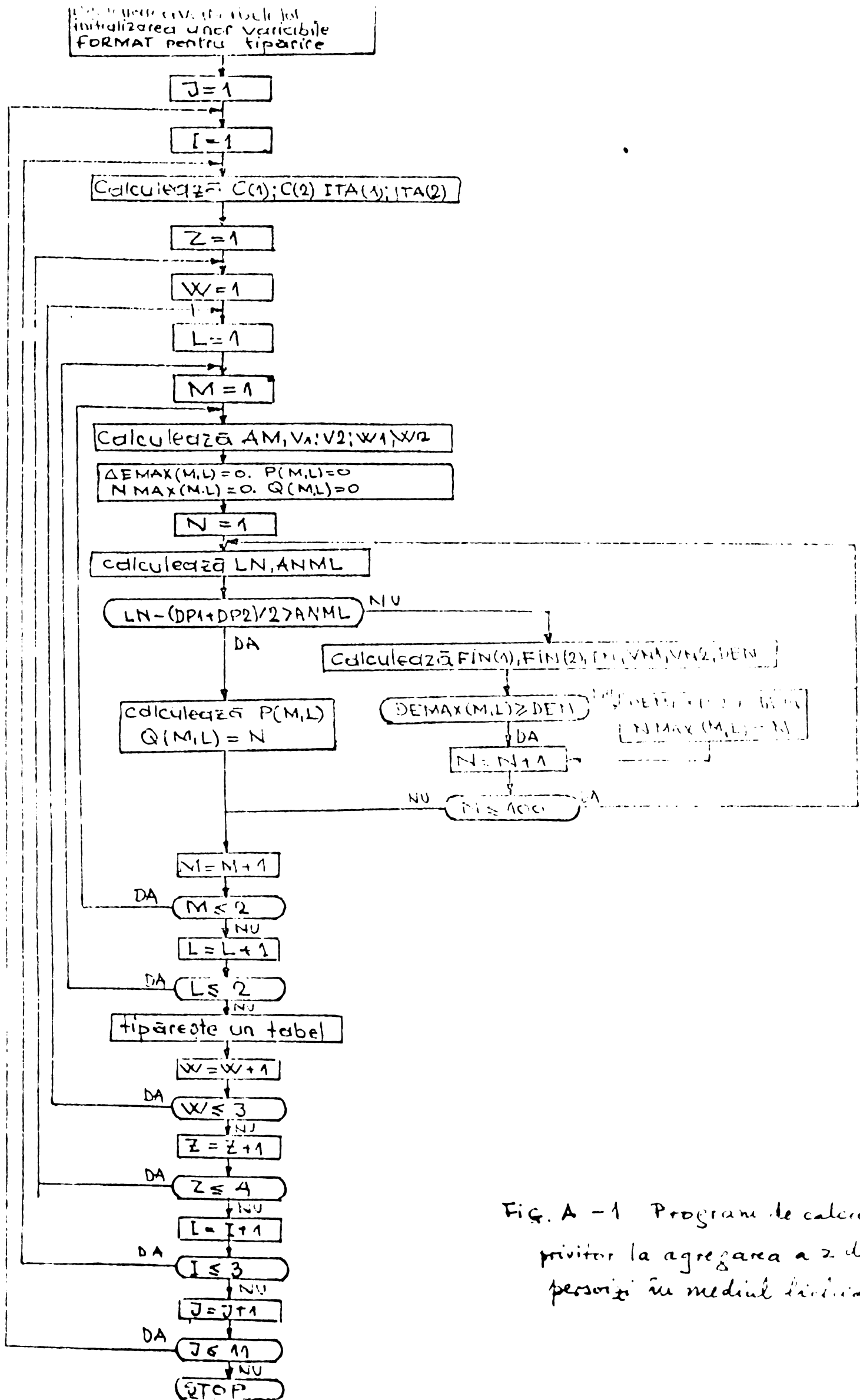


Fig. A - 1 Program de calcul privind la agregarea a 2. disp. persoane în mediul limitat

$$S_p > S_a$$

fig A-6 si A-6'  
Corelatia dintre  
probabilitatea de  
ciocnire a dispersiilor  
P, si intensitatea  
acustica I in apa  
respectiv in aer.

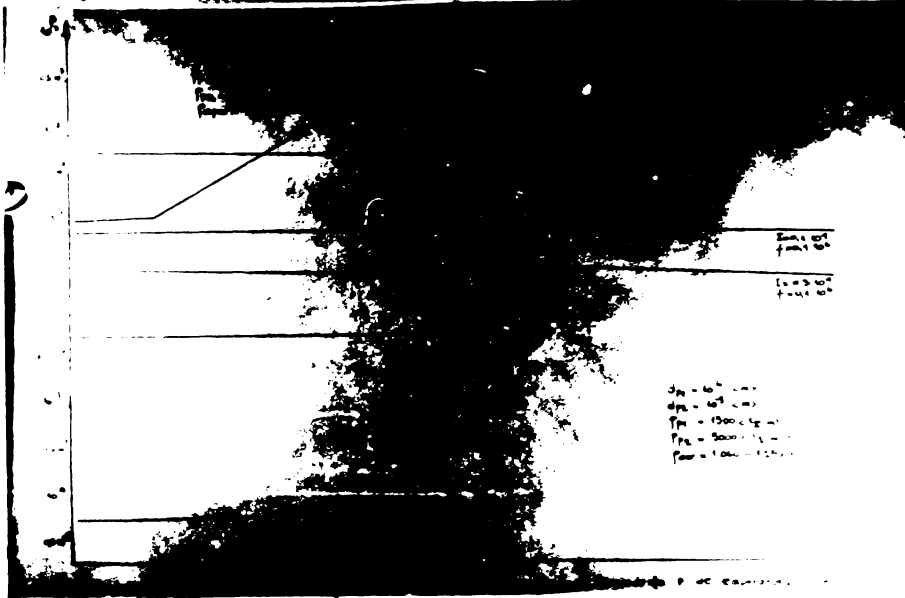


Fig A-7 si A-7'  
Corelatia dintre  
probabilitatea de  
ciocnire P, a dis-  
persiilor si tem-  
peratura t; in apa  
respectiv in aer.

$$S_p < S_a$$

fig A-8 si A-8'  
Corelatia dintre  $\Delta E_{max}$   
si intensitatea acustica  $I$   
in apa respectiv in aer.

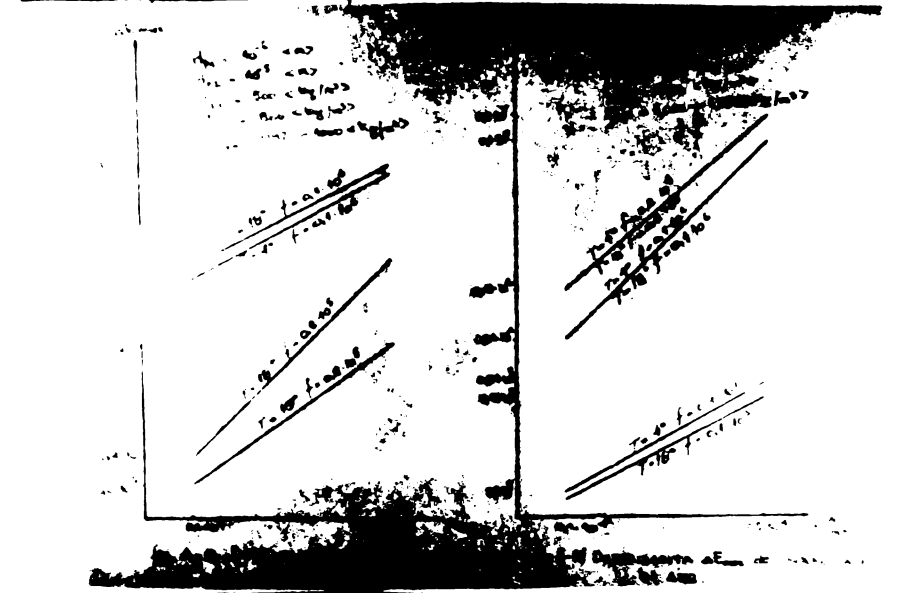


fig A-9 si A-9'

Corelatia dintre  $\Delta E_{max}$   
si frecventa acustica  $f$ ,  
in apa respectiv in aer.



### A.1.2. CONCLUZII TEORETICE REZULTATE DIN PROGRAMUL DE CALCUL

Motivul esențial al calculului coeficientului adimensional maxim a energiei de interacțiune dintre doi dispersoizi  $\Delta E_{\max}$ , ca și a probabilității totale de interacțiune P, funcție de parametrii acustici, termeni și fizici diferiți are ca scop delimitarea domeniilor optime de agregare sau dispersie la anumite valori a acestor parametri. Utilitatea acestui program teoretic ulterior elaborat față de rezultatele prezentate în cap.2 și completate cu concluziile din cap.4, constă în lărgirea și aprofundarea condițiilor tehnico-economice privind limpezirea hidrosolurilor sau a altor sisteme disperse. De asemenea el servește la concretizarea mai optimă a parametrilor de funcționare a instalațiilor experimentale de laborator sau semiindustriale de viitor.

Din programul realizat într-o primă etapă în 3 subprograme prin modificarea densității dispersoizilor :

$$\rho_{p1}, \rho_{p2} > \rho_s ; \rho_{p1}, \rho_{p2} < \rho_s \quad \text{și} \quad \rho_{p1} < \rho_s < \rho_{p2} \quad (\text{A-24...A-26})$$

s-au evidențiat mai ales cazurile :

$$\Delta E_{\max} > 1 \quad \text{și} \quad P > 0 \quad (\text{A-15'})$$

pentru primele 2 subprograme realizându-se și 24 grafice mai importante. Concluziile referitoare la subprogramul 3 sînt similare cu cele anterioare.

Astfel se constată că :

- În toate mediile (apă, aer) la o intensitate I și temperatură t, din program,  $\Delta E_{\max}$  înregistrează o variație funcție de frecvență. Astfel în apă (fig.A-2) maximum se înregistrează la 100 kHz, în timp ce la 20 kHz este (80-90)% din valoarea maximă. O situație similară se vede și în (fig.A-9), în timp ce în aer maximumul se înregistrează la 20 kHz, după care urmează o scădere a valorii  $\Delta E_{\max}$  (fig.A-2' și A-9').

Tinînd seama de pragul de cavitație funcție de frecvența și intensitatea acustică, ca și de faptul că la 20 kHz în apă (fig. A-9 ; A-2) :

$$\Delta E_{\max} \in [0,13 \cdot 10^2 \dots 0,95 \cdot 10^2] ; \quad \Delta E_{\max} \in [26 \cdot 10^2 \dots 1,6 \cdot 10^3] \quad (\text{A-50})$$

rezultă că în jurul valorii de 20 kHz coeficientul maxim al energiei de interacțiune în cazul acestor dispersoizi are o valoare favorabilă agregării în ventru și nulă sau aproape nulă în nod.

- Folosirea de intensități acustice I, economice rezultă

din fig.(A-3) și A-8 pentru apă, respectiv (A-3') și (A-8') pentru aer. Într-adevăr, la aceeași frecvență și temperatură, valorile  $\Delta E_{\max}$  similare cu (A-50) se regăsesc în apă la  $I \leq 0,1 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$ .

- Variația  $\Delta E_{\max}$  cu temperatura în apă prezintă unele variații (fig.A-4 și A-10) în apă și variații mai mici în aer (fig.A-4' și A-10').

Ordinul de mărime a variației însă nu depășește de regulă dublul valorii  $\Delta E_{\max}$ . Oricum în procese de destabilizare a unor hidrosoluri și influența temperaturii poate deveni importantă în stabilirea valorii  $\Delta E_{\max}$ , optim pentru agregare. Analiza corelațiilor dintre probabilitatea totală de interacțiune a dispersoizilor și frecvență (fig.A-5, A-12) pentru apă și (fig.A-5' și A-12') pentru aer, indică o scădere a probabilității cu creșterea frecvenței. Este util de observat că la 20 kHz, valoarea probabilității de ciocnire este încă apreciabilă. Probabilitatea P crește valoric direct proporțional cu intensitatea acustică, temperatură și frecvență acustică în apă (fig.A-6 și A-11) în timp ce în aer în unele cazuri scade (A-6') alteleori crește la aceeași intensitate I (fig.A-6' și A-11').

Raportarea probabilității totale de ciocnire P la temperatură la diferite frecvențe și intensități acustice indică ușoare creșteri (fig.A-7 și A-13 pentru apă) neimportante în general atât pentru apă cât și pentru aer (fig.A-7' și A-13').

Corelațiile menționate s-au realizat pentru dispersoizi :

$$d_p \in [10^4, 10^5, 10^6] \text{ \AA} \quad (\text{A-51})$$

Din analiza globală a subprogramelor rezultă că pentru dispersoizi  $d_p < 10^3 \text{ \AA}$ , de multe ori :

$$\Delta E_{\max} \leq 0 \quad \text{și} \quad 0 \leq P \ll 1 \quad (\text{A-52})$$

Dar cum în hidrosoluri dispersoizii sînt variați nu numai ca dimensiune dar și ca formă, rezultă că astfel de hidrosoli vor juca rolul unor centre de ciocnire în regim hidrostatic.

În ansamblu, din programul cercetat se reliefează următoarele direcții și concluzii :

În cazul mediului de dispersie apă, antrenarea în vederea agregării dispersoizilor este favorabilă avînd :

$$f \approx 20 \text{ kHz} \quad I \leq 0,1 \cdot 10^4 \left\langle \frac{W}{m^2} \right\rangle \quad (\text{A-53})$$

dispersoizii micronici avînd rolul de activatori iar cei submicronici ( $d < 10^3 \text{ \AA}$ ) sau supramicronici ( $d > 10^6 \text{ \AA}$ ) avînd rolul unor centri ordonați de așteptare în vederea ciocnirii, regimul din incinta de

activare fiind hidrostatic . In condițiile regimului hidrodinamic acești dispersoizi vor avea aceeași viteză ca și apa și deci vor avea și ei un rol activ în procesul de activare-agregare, mai ales că distribuția pe verticală a dispersoizilor este diferită.

In cazul aerului, activarea în vederea agregării este favorabilă la frecvențe acustice, sau chiar infraacustice și anume cu cât dispersoizii sînt mai mari se recomandă o frecvență mai mică. Această constatare rezultă și din faptul că probabilitatea totală de ciocnire este maximă la :

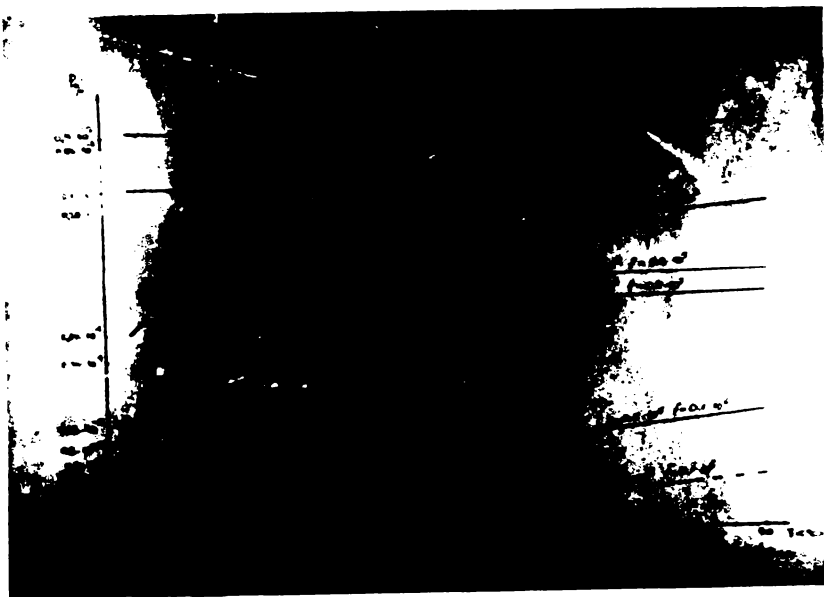
$$f \leq 100 \text{ Hz} \quad (\text{A-54})$$

Aceste constatări permit să se observe încă odată că :

- Realizarea unui cîmp acustic (ultraacustic) favorabil dirijat peste un hidrosol (aerosol) aflat în regim static sau dinamic permite accelerarea proceselor de agregare sau dispersie, respectiv de limpezire sau difuzie a hidrosolurilor (aerosolurilor).

- Concretizarea acestor procese pe anumite hidrosoluri (aerosoluri) trebuie verificată și experimental, pentru a se evidenția rolul și ponderea factorilor perturbatori.

- Transpunerea ulterioară a întregului program din faza II-a de cercetare teoretică și experimentală va permite să se elaboreze tehnologii diverse inclusiv de limpezire a unor sisteme disperse avînd mediul de dispersie apa sau alte lichide eficiente și economice.



$$S_p < S_a$$

fig A-10 și A-10'  
Corelația dintre  
 $\Delta E_{max}$  și temperatura  
 $t$ , în apă respectiv în  
aer.

$$P_p < P_a$$

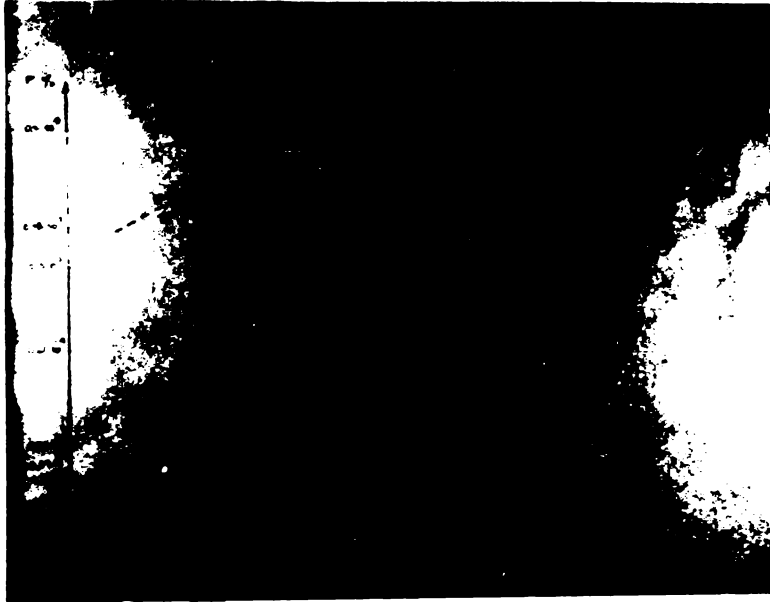


fig A-11 si A-11'  
Corelatia dintre probabilitatea de ciocnire a dispersiilor P si intensitatea acustică I, în apă respectiv în aer.

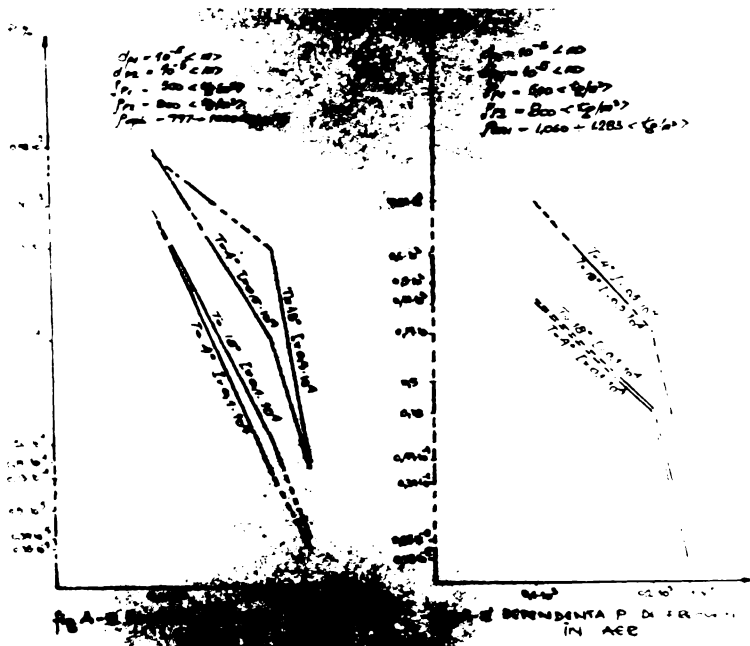


fig A-12 si A-12'  
Corelatia dintre probabilitatea de ciocnire P a dispersiilor si frecventa acustică f, în apă respectiv în aer.

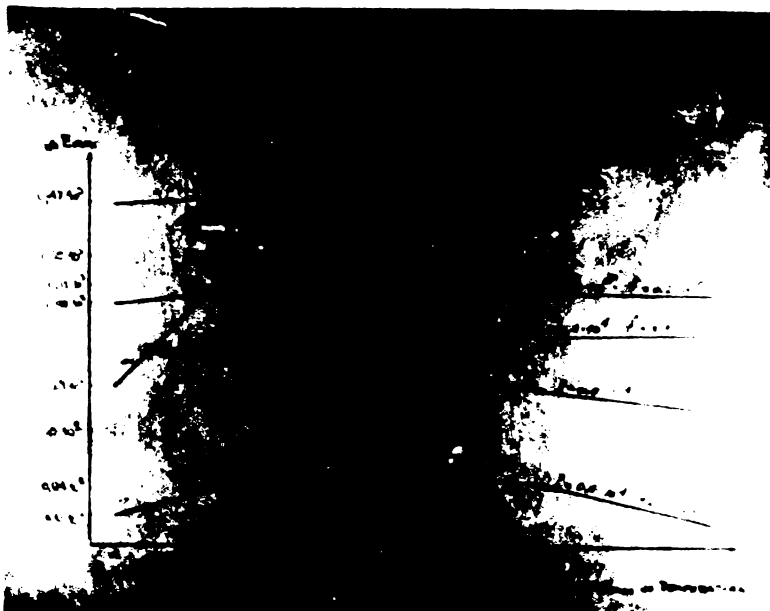


fig A-13 si A-13'  
Corelatia dintre probabilitatea de ciocnire P a dispersiilor si temperatura t, în apă respectiv în aer.



C U P R I N S	Pg.
CONTRIBUTII LA PROCESUL DE LIMPEZIRE A APELOR SUPERFICIALE PRIN METODA ULTRASUNETELOR	I, II, III
INTRODUCERE	
<u>I Partea I-a. Cap.1 Ape de suprafață. Studiu de sinteză privitor la caracteristicile și condi- țiile de limpezire a hidrocoloizilor și hidro- pseudocoloizilor</u>	
1-1 Generalități. Definiții clasificări	1
1-2 Stadiul actual al cercetărilor privitor la procesul de limpezire a coloizilor și pseudocoloizilor lichizi	2
1-3 Caracteristici ale sistemelor coloidale și pseudo- coloidale	5
1-4 Unele fenomene specifice hidrosolurilor	9
1-5 Coagularea hidrosolurilor	12
1-6 Cercetări și realizări privitor la coagularea hidro- solurilor datorită și unor forțe acustice	23
1-7 Unele aspecte teoretice și experimentale referitor la sedimentarea hidrosolurilor	26 37
Bibliografia Cap.1	
<u>II Partea II-a. Contribuții teoretice și experimentale privind fenomenul de limpezire a unor hidrosoluri în câmp ultrasonic și hidrodinamic</u>	
<u>Cap.2 Considerații și contribuții teoretice</u>	
2-1 Generalități. Clasificări	40
2-2 Domenii de valabilitate a unor ipoteze sau teorii privitor la limpezirea hidrosolurilor	44
2-3 Unele proprietăți ale ultrasunetelor în lichide	46
2-4 Sedimentarea dispersoizilor aferici din sistemele monodisperse într-un câmp gravitațional hidrodinamic și acustic progresiv, mediul de dispersie fiind lichid	57
2-5 Legea hipsometrică sau barometrică Laplace-Perriu, generalizată pentru un câmp gravitațional hidrodi- namic și hidrosonic	69
2-6 Sedimentarea dispersoizilor din sistemele monodisper- se într-un câmp hidrodinamic, ultrasonic și în stare de imponderabilitate	70
2-7 Legea hipsometrică pentru sisteme monodisperse valabi- lă în câmp hidrosonic și hidrodinamic când $g = 0$	71
2-8 Descrierea fenomenului de agregare a doi dispersoizi dintr-un mediu de dispersie în câmp hidrosonic	72

<u>Cap.3 Instalația experimentală.Aparate de măsură și control</u>	Pg.
3-1 Concepția referitoare la echipamentul experimental	85
3-2 Unele considerații tehnico-economice referitoare la echipamentul experimental	86
3-3 Caracteristici ale aparatelor de măsură și control din dotare	91
3-4 Caracteristici ale instrumentelor de măsură realizate pentru programul experimental	93
3-5 Instalație experimentală de limpezire a hidrosolurilor	96
<u>Cap.4 Programul experimental.Metode,rezultate și prelucrări a rezultatelor experimentale</u>	
4-1 Considerații privind stabilirea programului experimental din faza I-a	108
4-2 Unele experiențe preliminare	111
4-3 Determinarea condițiilor hidrodinamice de activare a hidrosolurilor	116
4-4 Rezultate și prelucrări experimentale din etapa 2-a și a 3-a a fazei I-a	120
<u>Cap.5 Contribuții teoretice,experimentale și aplicative. Programul fazei a 2-a de cercetări.Concluzii finale</u>	
5-1 Considerații de eficiență economică	132
5-2 Contribuții teoretice,experimentale și aplicative rezultate din programul fazei I-a	134
5-3 Programul de cercetare teoretic experimental și aplicativ din faza a II-a	143
5-4 Concluzii finale	145
Bibliografie pentru partea a II-a	148
ANEXA	
A.1. <u>Ecuția energiei de interacțiune dintre doi dispersoizi <math>\Delta E_c</math> în câmp hidrosonic staționar și în mediul de dispersie lichid</u>	
A.1.1. Considerații teoretice.Programul de calcul	158
A.1.2. Concluzii teoretice rezultate din programul de calcul	168
Cuprinsul	172