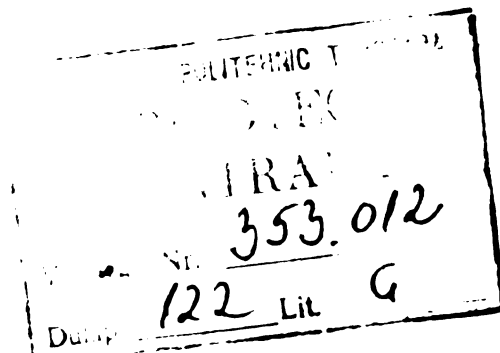


MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC " TRAIAN VUIA "
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

ing. RUSANESCU NICOLAE
RUGOZITATEA SI HIDRAULICA
CONDUCTELOR CE TRANSPORTA
SOLUTII DE NaCl.

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



CONDUCATOR STIINTIFIC
Prof.emerit VICTOR GHEORGHIU

1. I N T R O D U C E R E

Congresul al XI-lea al Partidului Comunist Român, stabilind direcțiile fundamentale ale dezvoltării viitoare a societății românești pe calea socialismului și comunismului, arată că realizarea importantelor obiective este condiționată în mod hotărâtor de creșterea aportului științei și tehnologiei.

În acest sens cincinalul 1976-1980 trebuie să devină cincinalul revoluției tehnico-științifice și afirmării largi a cuceririlor celor mai avansate, ale cunoașterii în toate ramurile și sectoarele industriei românești. Intensificarea activității de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică în toate sectoarele se va face prin orientarea ei fermă spre nevoile concrete ale industriei, agriculturii și celorlalte ramuri economice.

Tovarășul secretar general Nicolae Ceaușescu în raportul la Conferința Națională a Partidului Comunist, Român, stabilind obiectivele și orientările generale pentru elaborarea planului cincinal de dezvoltare economico-socială a României în perioada 1981-1985 arată că îndeplinirea obiectivelor cincinalului viitor impune măsuri ferme pentru desfășurarea cu rezultate superioare a cercetării științifice, pentru orientarea tuturor forțelor spre rezolvarea cerințelor producției materiale, ridicarea calitativă a activității economice și progresul general al societății noastre.

În acest sens, o contribuție deosebită trebuie să aducă cercetarea științifică în producție.

Lucrarea de față " Rugozitatea și hidraulica conductelor ce transportă soluții de NaCl ", se înscrie pe

această linie directoare, rezolvând o problemă concretă din producție și având totodată și un pronunțat caracter de cercetare fundamentală.

Valabilitatea aplicativă a rezistenței hidraulice longitudinale în conducte e funcție de parametrul echivalent al rugozității nisipului.

Este însă de remarcă că pentru o rugozitate tehnică dată, parametrul de echivalență se poate determina numai în laborator, pe cale hidraulică.

În lucrare se consideră relația directă între geometria rugozității și efectul rezistenței hidraulice, în domeniul conductelor frigorifice cu transport de soluții NaCl.

Totodată se stabilesc rugozitățile echivalente pentru conductele ce transportă soluții de NaCl, precum și evoluția acestora în timp.

Ideile conținute în lucrare s-au cristalizat în urma îndrumării primite din partea tovarășului profesor universitar emerit Victor Gheorghiu, căruia îi sînt cu deosebire recunoscător și țin să-i mulțumesc și pe această cale.-

2. Notății și simboluri

Simbol	Denumirea mărimii	Unitatea de măsură
α, α_i	Coeficientul de debit al ajutejului	-
A	Secțiunea conductei; secțiunea rugozității pe lungimea de referință l	m ² ; mm ²
A _o	Deschiderea ajutejului	m ²
a	Difuzivitate termică	m ² /s
$\Lambda_o = \frac{1}{4,1868}$	Echivalentul caloric al lucrului mecanic	cal/J
c_p	Căldura specifică la presiune constantă a fluidului .	J/kg ^o C
Δ_o, Δ_r	Funcții de rugozitate	-
d _o	Diametrul interior al ajutejului	mm
D	Diametrul conductei	m
Eu	Criteriul adimensional Euler	-
g = 9,81	Accelerația gravitațională	m/s ²
δ_t	Densitatea soluției NaCl .	g/cm ³
δ_m	Densitate lichid piezometric	g/cm ³
h	Cădere presiune ajutej	mcol Hg
h	Înălțimea maximă a rugozității	mm
h _r	Pierderea de sarcină longitudinală	mcol H ₂ O
h _{Hg}	Cota piezometrică ajutej	mcol Hg
H _{Hg}	Cota piezometrică conductă	mcol Hg
H _o , H _r , H	Conductanță hidrolică	-
k _s	Rugozitate echivalentă	mm

Simbol	Denumirea mărimii	Unitatea de măsură
K	Rugozitate relativă	-
λ	Coeficientul lui Darcy (coeficientul de rezistență longitudinală) .	-
L	Lucrul mecanic consumat într-o oră	Kjoule/h
L_t	Lungime conductă	m
L	Lungimea profilului rugozității	mm
l	Lungimea de referință a rugozității	mm
λ_f	Coeficientul de conductivitate termică	W/m ⁰ C
m	Raport de deschidere a ajutoajului	-
n	Număr de determinări	-
N	Vechime conductă	Ani
ν	Vîscozitate cinematică	m ² /s
η_f	Vîscozitatea dinamică a fluidului în centrul conductei	N.s/m ²
η_p	Vîscozitatea dinamică a fluidului la perete .	N.s/m ²
pH	Logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de hidrogen.	-
P_r	Număr Prandtl	-
Δp	Pierdere liniară de presiune	N/m ²
π_f	Coeficient de formă	-
R_e	Număr Reynolds	-
ρ	Densitate	g/cm ³
r	Coeficient empiric de corelație	-

Simbol	Denunarea mării	Unitatea de măsură
$S_{ym}; S_{ke}$	Estimațiile nedepășite și consistente ale dispersiilor valorilor y_m și k_e	mm
s	Abateroa medie pătratică	-
s	Parametru de rugozitate al conductei	-
σ	Parametrul geometric al rugozității	-
t	Temperatura	$^{\circ}C$
T', T	Timp umplere vas etalonat	sec.
v	Viteza fluidului în conductă	m/s
Q, Q_c, Q_{12}	Debit volumetric	$m^3/sec.$
y_m	Caracteristica geometrică a rugozității	mm
Q_o, Q_k	Cantitatea de căldură, orară	Kjoule/h

3. OPORTUNITATEA ABORDARII CERCETĂRIILOR

Lucrarea "Rugozitatea și hidraulica conductelor ce transportă soluții de NaCl", reprezintă prima abordare sistematică din punct de vedere hidraulic a acestor conducte.

Necesitatea determinărilor propuse - aflarea rugozității echivalente a conductelor ce transportă soluții de NaCl, variația acesteia funcție de timp, precum și găsirea unei relații directe dintre geometria rugozității și efectul rezistenței hidraulice, rezultă din discutarea următoarelor aspecte :

a. Caracterul aplicativ imediat - rezolvarea corectă din punct de vedere hidraulic a unei rețele frigorifice - concret cea de la o fabrică de bere - unde se necesită cunoașterea exactă a pierderilor de sarcină longitudinală. Acest tip de rețea (descriasă în cap. 3.1 și 3.2), este constituită din conducte relativ lungi și preponderante sînt pierderile de sarcină longitudinală (exemplu "conducta magistrală de legătură între Centrala Frig și secția Fermentație la Intreprinderea de Bere "Timișoreana", are cca. 300 m. lungime).

Oportunitatea lucrării, privită numai din acest punct de vedere, se evidențiază imediat prin dezvoltarea intensivă pe care o are industria berii în acești ani. Pînă în anul 1980, planul cincinal prevede dublarea producției de bere, față de anul de referință 1974, în principal prin construirea de noi fabrici.

Rezultatele obținute se pot folosi în industria chimică, unde sînt numeroase exemple de transport prin conducte a soluțiilor de ClNa.

b. Se completează o lacună a tabloului cu rugozități echivalente a conductelor în exploatare, ce transportă diferite soluții. Totodată se stabilește și evoluția rugozității în timp.

c. Se aduce o contribuție în elucidarea unei probleme fundamentale în hidraulica conductei - relația directă dintre geometria rugozității și efectul rezistenței hidraulice.-

3.1. Instalații frigorifice cu circuit secundar de răcire și agent intermediar soluția NaCl

Cunoașterea exactă a ponderii pe care o are rezolvarea problemei hidraulice propuse cu cele două aspecte distincte - de cercetare fundamentală și caracter aplicativ imediat - într-o instalație frigorifică, reclamă cunoașterea modului de producere a frigului în industria alimentară.

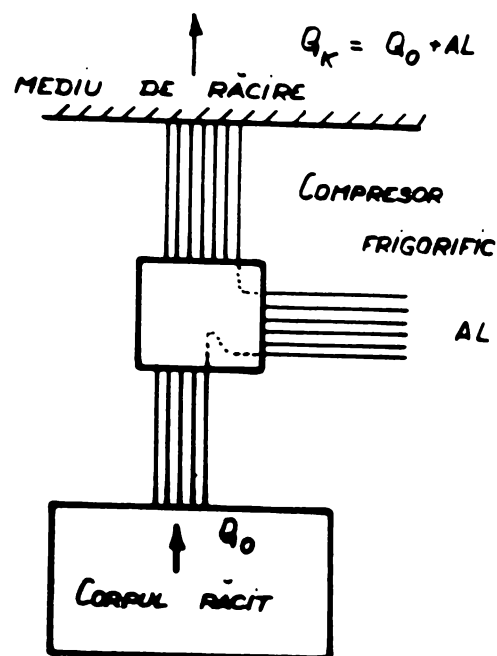
O vom face cât se poate de succint.

Frigul este un element tehnologic esențial în industria fermentativă a berii și de asemenea indispensabil și în alte sectoare ale industriei alimentare.

Procesul continuu de producerea frigului se bazează pe schimbarea stării de agregare a unui fluid (lichid-gaz) care se face cu absorbție de căldură și totodată ține cont de cel de-al doilea principiu al termodinamicii, în conformitate cu care o trecere de căldură de la un corp mai rece către unul mai cald, dacă nu este însoțită de alte procese, nu poate fi realizată. Unul din procesele care însoțesc producerea frigului este transformarea energiei mecanice în energie calorică.

Conform schemei de principiu de funcționare a mașinilor frigorifice, există o transmitere de căldură :

$$Q_k = Q_0 + AL$$



Kjoule/h de la mediu răcit la temperatură joasă prin vaporizarea agentului de răcire către mediul de răcire, adică spre apa sau aerul necesar condensării agentului de răcire la o presiune și temperatură mai înaltă.

Pentru realizarea acestui ciclu, este necesară cheltuirea unui lucru mecanic (A_L Kjoule/h) care se transformă în căldură și este transmisă mediului de răcire. Deci mediului de răcire i se transmite căldura :

$$Q_0 + A_L \text{ adică}$$

$$Q_k = Q_0 + A_L$$

Schema de lucru a unei astfel de instalații se prezintă în fig. 3.1.2. Prin această instalație se preia căldura de la un corp reprezentat în schemă prin fluidul ce se răcește în vaporizator, denumit agent intermediar (soluția NaCl).

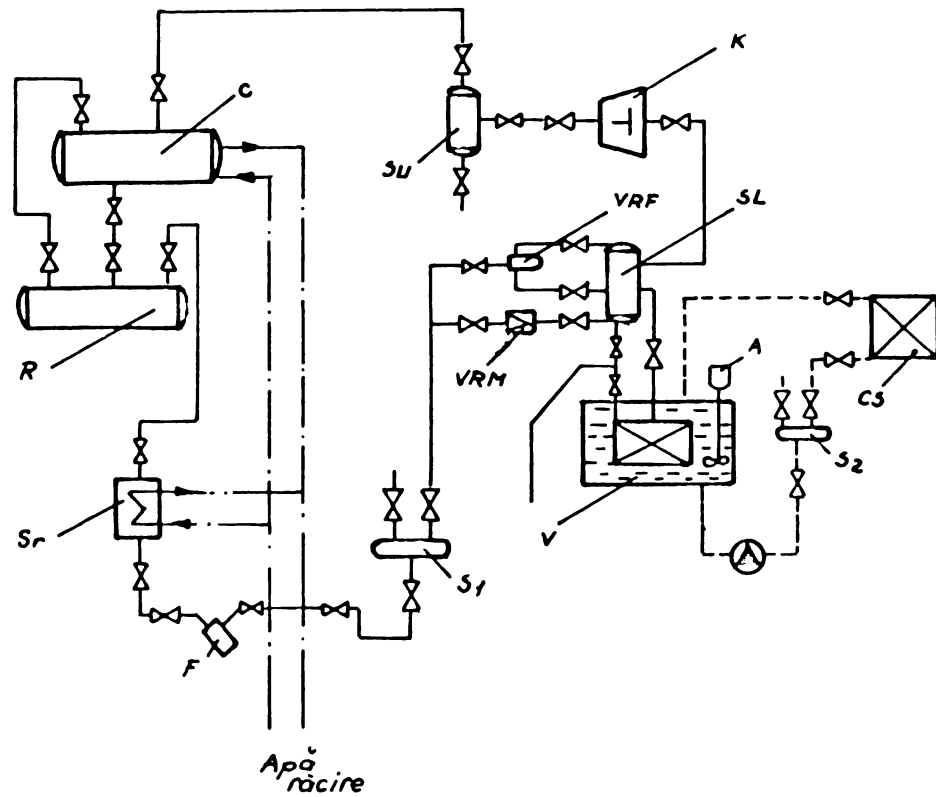
Corpul ce se răcește va fi denumit mediu răcit. Pentru preluarea căldurii de la mediul răcit, se utilizează un agent frigorific (NH_3), care în urma acestui proces vaporizează. Vaporii de agent frigorific sînt aspirați de compresor și comprimați adiabatic pînă la o presiune finală dictată de temperatura mediului de răcire a condensatorului. Dacă mediul de răcire are o temperatură scăzută, presiunea de refulare a vaporilor va fi scăzută și invers.

Procesul teoretic de comprimare este un proces adiabatic, fără schimb de căldură, între vaporii și pereții cilindrului. Vaporii refulați pătrund în condensator unde se răcesc și apoi condensează, cedînd căldura mediului de răcire, ce poate fi apa recirculată de turn, apa de la rețeaua publică, apa de puț sau aerul exterior.

Lichidul rezultat este colectat în rezervorul de lichid, evitînd astfel înecarea cu lichid a condensatorului și deci neutilizarea întregii suprafețe de schimb de căldură a acestuia.

La instalațiile de puteri frigorifice mici și medii, condensatorul îndeplinește și rolul de rezervor de lichid.

Din rezervorul de lichid, agentul frigorific se răcește în subrăcitor pînă la temperaturi inferioare temperaturii de saturație, corespunzătoare presiunii sub care se află lichidul. Subrăcirea face ca puterea frigorifică realizată de instalație la circulația aceluiași debit de agent, să fie mai mare decît la instalația fără subrăcire. Introducerea subrăcirii este dictată de considerații tehnico-economice, de disponibilitatea de mediu de răcire sub aspectul debitului și al temperaturii, dar și creșterea eficienței frigorifice a instalației compensează creșterea cheltuielilor pentru investiții



Schema simplificată a unei instalații
frigorifice

- | | | | |
|--------|--|---------|---|
| K | - compresor | A | - agitator |
| SU | - separator de ulei | P | - pompă agent intermediar |
| C | - condensator | CS | - consumator |
| R | - rezervor de lichid | | |
| Sr | - subrăcitor | | |
| F | - filtru | | |
| S1, S2 | - stație de distribuție agent
frigorific și agent intermediar | — | rețea frigorifică NH ₃ |
| VRM | - ventil reglaj manual | - - - | rețea frigorifică cu soluție
de NaCl |
| VRF | - ventil de reglaj cu flotor de
joasă presiune | - · - · | rețea apă răcire |
| SL | - separator de lichid | | |
| V | - vaporizator imersat | | |

Fig. 3.1.2.

și exploatare legate de utilizarea subrăcitorului.

Subrăcitorul poate fi încadrat în condensator printr-o supradimensionare corespunzătoare a ultimului.

Lichidul trece apoi printr-un ventil de reglaj care are rolul de a reduce presiunea și temperatura lui pînă la valorile corespunzătoare procesului ce are loc în vaporizator și astfel procesul se reia.

În instalație sînt montate și aparatele auxiliare. dezaeratorului, separatorului de ulei și separatorului de lichid. Dezaeratorul servește la eliminarea aerului din instalație, care în caz contrar duce la micșorarea performanțelor instalației, la funcționarea ei necorespunzătoare.

Separatorul de ulei are drept scop separarea uleiului antrenat de vaporii de agent frigorific (NH_3) și care poate să ajungă la condensator și vaporizator producînd o scădere însemnată a puterii termice a acestor schimbătoare de căldură. Aceste separatoare realizează și o recuperare a uleiului de ungere a compresorului.

Separatorul de lichid servește la separarea picăturilor de lichid din amestecul de vapori, astfel încît compresorul să fie alimentat numai cu vapori uscați și vaporizatorul să fie alimentat prin gravitație, în regim înecat cînd se folosesc asemenea vaporizatoare.

În instalație se mai utilizează filtre pentru reținerea impurităților, ce ar putea să deterioreze diversele părți componente ale acesteia.

Problemele hidraulice deosebite și care au impus realizarea prezentei lucrări au apărut în circuitul secundar de răcire

Acest circuit pe care îl vom descrie în capitolul următor 3.2., face legătura dintre locul de producere a frigului și consumator (secțiile de fermentație a berei).

3.2. Descriere, funcționalitate :

Circuitul secundar de răcire, este un circuit hidraulic închis a cărei schemă este următoarea în industria fermentativă a berei.

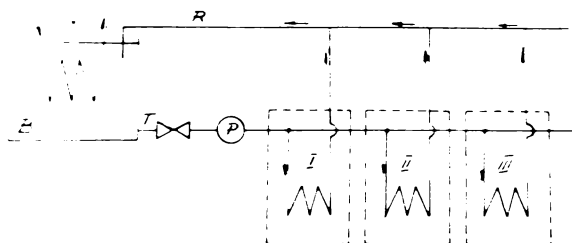


Fig. 3.2.1

Se compune din :

B - bazin cu soluție de NaCl

V - vaporizator cu NH_3 lichid

T - conductă magistrală tur

R - conductă magistrală retur

I, II, III... incinte răcite ale secțiilor de fermentație secundară cu ajutorul bateriilor de răcire (fascicol de țevi) sau răcitoare de aer cu soluția de NaCl.

P - pompă

În bazinul B soluția de NaCl este răcită pînă la o temperatură de -6 la -8°C și pompată în secția de fermentație secundară prin conducta magistrală tur, unde trecînd prin răcitoare de aer coboară temperatura mediului la cca. $+1^\circ\text{C}$... $+2^\circ\text{C}$. Circuitul se închide prin conducta magistrală retur și bazin.

Debitele prin conductele magistrale sînt informativ la Întreprinderea de Bere Timișoara de cca. 90-120 mc/h, soluția de NaCl ajungînd la viteze de 1,5-2 m/sec. Lungimea unei astfel de conducte magistrale informativ la Întreprinderea de Bere Timișoara este de 450-500 m.

De asemenea bateria de răcire dintr-o secție formată din fascicol de țevi, are o lungime desfășurată de cca. 900 m.

3.3. Problemele hidraulice ale rețelei cu soluție

de NaCl

Înțelegîndu-se prin rețea frigorifică cu saramură de NaCl un sistem hidraulic format dintr-un număr oarecare de conducte, formînd o rețea închisă, datele de bază ale rețelei sînt :



Fig.3.2.3.
Baterie răcire - parțial brumată în
secția Fermentație II.
(Intreprinderea de bere "Timișoreana")

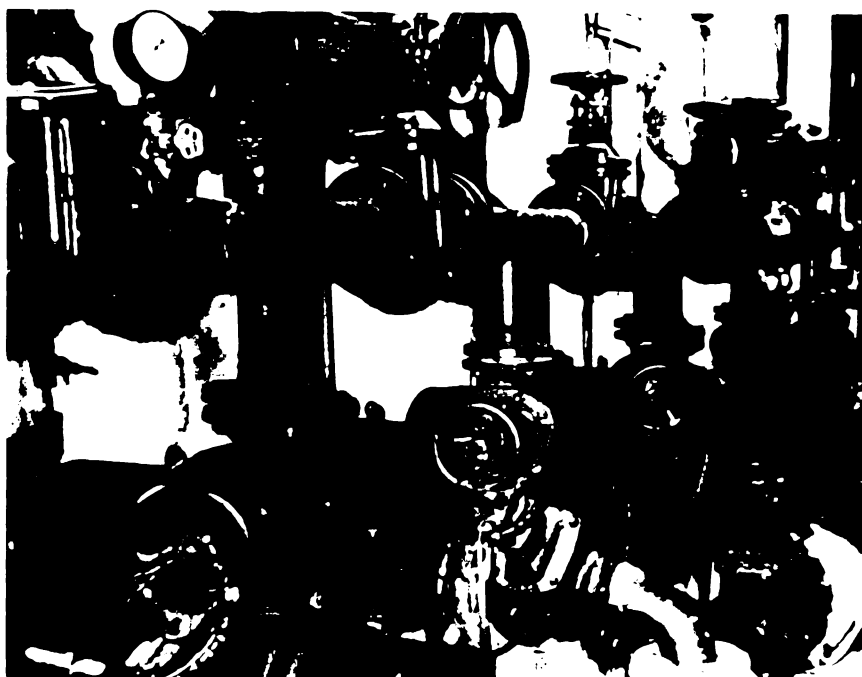


Fig.3.2.4.
Pompe cu joc de vane pentru vehicularea agentului
intermediar de răcire soluția de NaCl
(Intreprinderea de bere "Timișoreana")



Fig. 3.2.2

Secție de fermentație II.
(Întreprinderea de Bere "Timișoreana")

- forma generală a rețelei, lungimile arterelor și cotele geodezice ale diferitelor puncte inclusiv nodurile;
- debitele consumate pe fiecare arteră din care rezultă debitele concentrate la noduri;
- cotele piezometrice minime la fiecare nod, cu o presiune de serviciu cerute de norme.

La calculul rețelelor se pun două categorii de probleme :

a. Probleme de verificare la care în afară de datele de bază se cunosc și diametrele arterelor și se cere să se calculeze cotele piezometrice la noduri și cota piezometrică de intrare, care determină înălțimea de pompare necesară.

b. Probleme de dimensionare, în care se cer dimensiunile conductelor când se cunosc datele de bază indicate mai înainte. Rețeaua fiind alimentată de o pompă, problema dimensionării este nedeterminată și se introduce în plus condiția economică. Pentru rețelele alimentate prin pompare se pune condiția de minimum, pentru cheltuielile anuale aferente investiției și pompării.

Vitezele agenților intermediari pentru care se dimensionează conductele, se recomandă între următoarele limite :

apă	0,3.....1 m/sec.	pentru aspirație
soluția NaCl	0,3.....0,75 m/sec.	pentru aspirație
	0,5.....1,25 m/sec.	pentru refulare
	0,5.....1 m/sec.	pentru refulare

În rezolvarea ambelor probleme de dimensionare și verificare, o etapă obligatorie este calculul pierderilor de sarcină longitudinală, care se face în ipoteza conductelor semirugoase hidraulic, $\lambda = \lambda(\overline{Re}, K)$ și a conductelor rugoase hidraulic $\lambda = \lambda(K)$

unde K este rugozitatea relativă exprimată prin relația $K = k_e/D$ (k_e - rugozitatea absolută echivalentă rugozității granulare uniforme Nikuradze, tip grăunte de nisip)

Pînă în prezent literatura de specialitate nu oferă date privind valorile rugozității echivalente pentru conductele ce vehiculează soluții de NaCl, precum și evoluția acesteia în timp.

Datorită acestui fapt, nici calculul hidraulic nu este suficient de exact în exploatarea rețelelor, apărînd deseori surprize neplăcute - neasigurîndu-se circulația necesară a saramurii, respectiv frigul tehnologic necesar în secțiile de fermentație.

4. PROBLEMATICA CONDUCTELOR HIDRAULICE

CE TRANSPORTA SOLUȚIE DE NaCl

Soluția de ClNa este folosită cu precădere în industria alimentară fermentativă a berei ca un agent frigorific, Transportul frigului cu ajutorul agentului frigorific intermediar, o saramură (în speță soluție de ClNa) de la locul de producerea frigului - centrala frigorifică la secțiile de fermentație a berei, este o soluție unanim acceptată, pretutindeni - datorită condițiilor de securitate deosebite care se cer.

Înțelegem prin rețea frigorifică cu soluție de ClNa așa cum am descris-o în cap. 3.2 un sistem hidraulic format dintr-un număr oarecare de conducte simple formând o rețea închisă. Rețeaua poate avea o structură simplă în care caz transportă soluția de ClNa între două puncte ale instalației (centrala frig - secțiile de fermentare) sau poate fi concepută și realizată ca un sistem de conducte, asigurând în acest caz răcirea secțiilor de fermentație a berei.

Transportul prin conducte se face cu ajutorul pompei. În practica exploatarea rețelelor frigorifice de peste 9 ani la Intreprinderea de Bere Timișoara, am constatat că pierderile efective de sarcină sînt mult mai mari decît cele calculate. Aceasta datorită subevaluării pierderilor de sarcină longitudinală. Cu ocazia diverselor înlocuiri parțiale de conducte în rețea s-a observat că rugozitatea efectivă diferă de cea luată în calcul și apare rapid în exploatare fiind dependentă de durata de serviciu a conductei.

Trebuie menționat că această rugozitate specifică apare în condițiile unei exploatare corecte ceea ce înseamnă :

1. Soluție de NaCl curată obținută prin dizolvarea sării brute comerciale în bazin special de preparare.
2. Decantarea soluției de NaCl într-un rezervor - bazin aparte, înainte de introducerea în exploatare.
3. Existența în circuitul hidraulic al rețelei a unor prize de murdărie.
4. Păstrarea unei concentrații constante a soluției de NaCl.
5. Păstrarea unei viteze constante de circulație a soluției de NaCl în instalația ce funcționează aproape tot timpul anului (scurte opriri pentru decongelări, revizii și reparații incidente).

6. Spălarea anuală a rețelei cu apă curată prin pompare pentru eliminarea eventualelor sedimente , ml , murdărie .

7. Anularea corozivității soluției de NaCl prin păstrarea unui pH constant bazic $\text{pH} = 8,5$.

Observații calitative făcute pe eșantioane de țevă luate din rețea cu diverse vechimi în exploatare au arătat că această rugozitate nu dispare prin spălare cu apă și că devine o caracteristică a rețelei.

Consider că s-au impus pe baza observațiilor făcute în practica exploatării rețelelor frigorifice cu soluții de Cl Na următoarele concluzii :

1. Există o rugozitate specifică a conductelor ce transportă saramură de NaCl.

2. Această rugozitate are un caracter evolutiv în timp

Pătrînd tendința de a considera rugozitatea "naturală" absolută k_e a unui perete ca fiind o mărime convențională echivalentă cu o rugozitate tip Nikuradze, pentru a menține ca un reper fix edificiliul teoretic al gcolii de la Gottingen, se pune problema determinării acestora. Valorile rugozității echivalente k_e se obține cu ajutorul unor măsurători , de pierderi de presiune în rețea , rezultatele urmînd a se introduce în formele care dau $\lambda = \lambda(k_e , R_e)$.

În felul acesta se completează tabelele ce dau rugozitatea absolută echivalentă a conductelor după natura pereților, starea suprafeței și condițiile de exploatare .

De un interes deosebit în exploatare datelor obținute (rugozitatea echivalentă k_e)^{se} completează și cu evoluția în timp a acesteia .

Rămîne deschisă - spre rezolvare - problematica fundamentală a hidrauliceii conductei și enume de a "lega" rugozitatea conductei de pierderile de sarcină longitudinală .-

5. STUDIUL PROBLEMEI ÎN LITERATURĂ DE SPECIALITATE

În cercetarea rezistenței hidraulice a conductelor, apar două probleme: funcția de rugozitate și calculul coeficientului λ .

Pentru calculul coeficientului λ se folosesc relațiile "raționale" ce se bazează pe un model fizic cât mai apropiat de realitate și dimensional omogene. Pentru cazul suprafețelor netede și al celor rugoase din punct de vedere hidraulic, s-au elaborat relații bazate pe ideile teoriei stratului limite și pe teoriile fenomenologice, asupra turbulenței. Dintre acestea trebuie evidențiată teoria lungimii de "amestec" datorită lui Prandtl.

De asemenea trebuie remarcat caracterul esențial al lucrărilor lui Prandtl, Karman, Mikuradze, Schlichting, Colebrook și White.

Principalele forme pentru calculul coeficientului sunt prezentate în 5.1.

Pentru caracterizarea geometriei rugozității, se introduc parametri adimensionali.

Alegerea acestor parametri diferă de la autor la autor și reprezintă dificultatea cea mai mare a problemei. Se pune de asemenea și problema stabilirii reperelor de măsurare a distanței de la perete. Deși evidențiată, problema a primit soluții empirice sau convenționale.

Existența schimbului de căldură produce modificarea distribuției vitezei în stratul limită, în comparație cu cazul curgerii izoterme. Cauza acestui fapt o constituie vâscozitatea mai mică la încălzire, respectiv mai mare la răcire a fluidului din stratul limită în comparație cu vâscozitatea fluidului din zona centrală a curgerii.

Pentru condițiile neizoterme de curgere, pierderile de presiune se calculează cu relațiile din (5.1.), în care se înlocuiește coeficientul de frecare pentru curgerea izotermă λ cu coeficientul de frecare pentru curgerea neizotermă.

În cazul variațiilor mici de temperatură $\lambda \approx \lambda_{\Delta t}$ după cum rezultă și din relația

$$\lambda_{\Delta t} = \lambda \left(\frac{\eta_p}{\eta_f} \right)^n$$

unde $n = 0,14$

și η_p - vâscozitatea dinamică a fluidului la perete

η_f - vâscozitatea dinamică a fluidului în centrul conductei

353.012

.1. 122 4

$$R_e < 2,5 \cdot 10^4$$

$$0,3 < \eta_p / \eta_f < 38$$

$$1,3 < Fr < 180$$

unde: $Pr = \frac{\eta}{\alpha}$

Cu valorile rugozităților echivalente K_e s-au întocmit tabele cu specificarea naturii conductelor și canalelor, starea suprafeței și condițiile de exploatare .

Remarcabile în această privință sînt articolele de sinteză ale lui Idelcik și Kirschmer. Surprinzător este faptul că rugozitatea conductelor ce transportă soluții de NaCl nu apare , fiind o problemă neelucidată pînă în prezent (conform bibliografiei).

Experiențele au arătat că rugozitatea unei conducte în exploatare, ce transportă un fluid oarecare, se instalează treptat fiind funcție de timp. Se admite că rugozitatea variază liniar și că se poate scrie în general $k_e = A + B \cdot N$ unde :

$$N = \text{anii de serviciu}$$

Nu am găsit în bibliografie consultații, indicații în acest sens privitoare la conductele ce transportă soluții de NaCl.

5.1. Relații cunoscute pentru determinarea coeficientului de rezistență longitudinală

Calculul pierderilor de sarcină pentru conductele ce transportă soluții de NaCl , se face cu ajutorul formulei lui Darcy

$$h = \frac{L_t}{D} \frac{v^2}{2g} \lambda \quad \lambda = \lambda(R_e, K) \quad (5.1)$$

unde K este rugozitatea relativă exprimată prin relația

$$K = \frac{k_e}{D} \quad (5.2)$$

În cazul mișcării laminare a fluidelor ($R_e < 2320$) ^{λ} se calculează în mod obișnuit cu relația lui Stokes, stabilită analitic. Coeficientul λ depinde exclusiv de R_e indiferent de starea pereților conductei.

Determinarea coeficientului λ la curgerea turbulentă a fluidelor este mai complicată; starea pereților interiori ai conductelor se poate caracteriza cu ajutorul produsului $R_e \sqrt{\lambda} K$. În funcție de valorile acestuia se delimitează trei domenii de rezistență hidraulică

$$a.) R_e \sqrt{\lambda} K = 0 \text{ --- } 14 \quad (5.3)$$

conducte netede

$$b.) R_e \sqrt{\lambda} K = 14 \text{ --- } 200 \quad (5.4)$$

conducte în regimul turbulenței tranzitorii sau pretratico .

$$Re \sqrt{\lambda} \kappa > 200$$

... ..

Principalele formule pentru calculul coeficientului la curgerea izotermă a fluidului sînt următoarele :

Regimul de curgere	Natura conductei	Autorul formulei	Formule de calcul	Domeniul de aplicabilitate	
Laminar	Conducte netede și rugoase	Stokes	$\lambda = \frac{64}{Re}$	$0 < Re < 2320$	(5.6)
turbulent	Conducte netede hidraulice = (Re)	Blasius	$\lambda = 0,3164 Re^{-0,25}$	$4000 < Re < 10^5$	(5.7)
		Mc Adams	$\lambda = 0,184 Re^{-0,2}$	$5000 < Re < 2 \cdot 10^5$	(5.8)
		Filonenko	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,82 \lg Re^{-1,64}$	$4000 < Re < 10^7$	(5.9)
		Herman	$\lambda = 0,0054 + 0,396 Re^{-0,3}$	$10^5 < Re < 2 \cdot 10^6$	(5.10)
		Nikuradse	$\lambda = 0,0032 + 0,221 Re^{-0,237}$	$10^5 < Re < 3,24 \cdot 10^6$	(5.11)
		Lorenz	$\lambda = 0,0076 + 0,199 Re^{-0,394}$	$Re < 1,2 \cdot 10^6$	(5.12)
		Koo	$\lambda = 0,0056 + 0,5 Re^{-0,32}$	$3000 < Re < 3 \cdot 10^6$	(5.13)
		Prandtl-Kärwän	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left(\frac{Re \sqrt{\lambda}}{2,51} \right)$	$3000 < Re < 10^7$	(5.14)
		Konakov	$\lambda = \frac{1}{(1,016 Re^{-1,5})^2}$	$3000 < Re < 10^7$	(5.15)
		Ombeck	$\lambda = 0,242 Re^{-0,224}$	$Re < 500000$	(5.16)
		Stanton-Pannel	$\lambda = 0,0072 + 0,6104 Re^{-0,35}$	$Re < 420000$	(5.17)
		Lebeau	$\lambda = 0,00785 + 0,613 Re^{-0,36}$	$Re < 5 \cdot 10^5$	(5.18)
		Iakob	$\lambda = 0,3270 Re^{-0,254}$	$Re < 7 \cdot 10^5$	(5.19)
		Iakob-Erk	$\lambda = 0,00714 + 0,6104 Re^{-0,35}$	$Re < 4,6 \cdot 10^5$	(5.20)
		Kozeny	$\lambda = 0,00648 + 0,54 Re^{-1/3}$	$Re < 4 \cdot 10^5$	(5.21)
Richter	$\lambda = 0,007 + 0,596 Re^{-0,35}$	$Re < 1,14 \cdot 10^6$	(5.22)		

Conducte submersie de apă lente (mişcarea lentei pro- centrică $\lambda = f(R_0, K)$)	Moody	$\lambda = 0,0055 \left[1 + (20000 K + \frac{10^6}{R_0})^{1/3} \right]$	$4000 < R_0 < 10^7$	(5.23)
	Colbrook-White	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{R_0 \sqrt{\lambda}} + \frac{0,2875}{R_0} \right)$	—	(5.24)
	Altşul	$\lambda = 0,1 \left(1,46 K + \frac{10^6}{R_0} \right)^{0,25}$	—	(5.25)
	Frankl	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\left(\frac{0,11}{R_0} \right)^{0,2} + \frac{K}{3,72} \right]$	—	(5.26)
	Lamont	$\lambda = \frac{0,459}{R_0^{0,415} \left(\frac{D}{K} \right)^{0,2145}}$	$R_0 > 3 \cdot 10^3$ $10 < \frac{D}{K} < 200$	(5.27)
	Lamont	$\lambda = \frac{0,2149}{R_0^{0,115} \left(\frac{D}{K} \right)^{0,2145}}$	$R_0 > 3 \cdot 10^3$ $200 < \frac{D}{K} < 20000$	(5.28)
Conducte de apă hidraulic (mişcarea turbulentă stratificată $\lambda = f(K)$)	Prandtl-Mikuradse	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,72}{K}$	$10^5 < R_0 < 10^6$	(5.29)
	Sifrinson	$\lambda = 0,11 K^{0,25}$	—	(5.30)
	Lamont	$\lambda = \frac{0,229}{\left(\frac{D}{K} \right)^{0,415}}$	$2 < \frac{D}{K} < 10$	(5.31)
	Lamont	$\lambda = \frac{0,2579}{\left(\frac{D}{K} \right)^{0,414}}$	$10 < \frac{D}{K} < 200$	(5.32)
	Lamont	$\lambda = \frac{0,0233}{\left(\frac{D}{K} \right)^{0,22}}$	$200 < \left(\frac{D}{K} \right) < 20000$	(5.33)
	Mateescu	$\lambda = 0,1763 \left(\frac{K}{R} \right)^{0,25}$	$1 < \frac{R}{K} < 7$	(5.34)
	Mateescu	$\lambda = 0,1145 \left(\frac{K}{R} \right)^{1/3}$	$7 < \frac{R}{K} < 150$	(5.35)
	Mateescu	$\lambda = 0,0532 \left(\frac{K}{R} \right)^{1/5}$	$150 < \frac{R}{K} < 20000$	(5.36)

Pentru calcul se pot folosi și formule exponentiale. Astfel, Soolev a stabilit pentru tuburi de oțel cu curbură transversală (pe baza a numeroase experimente de precizie),

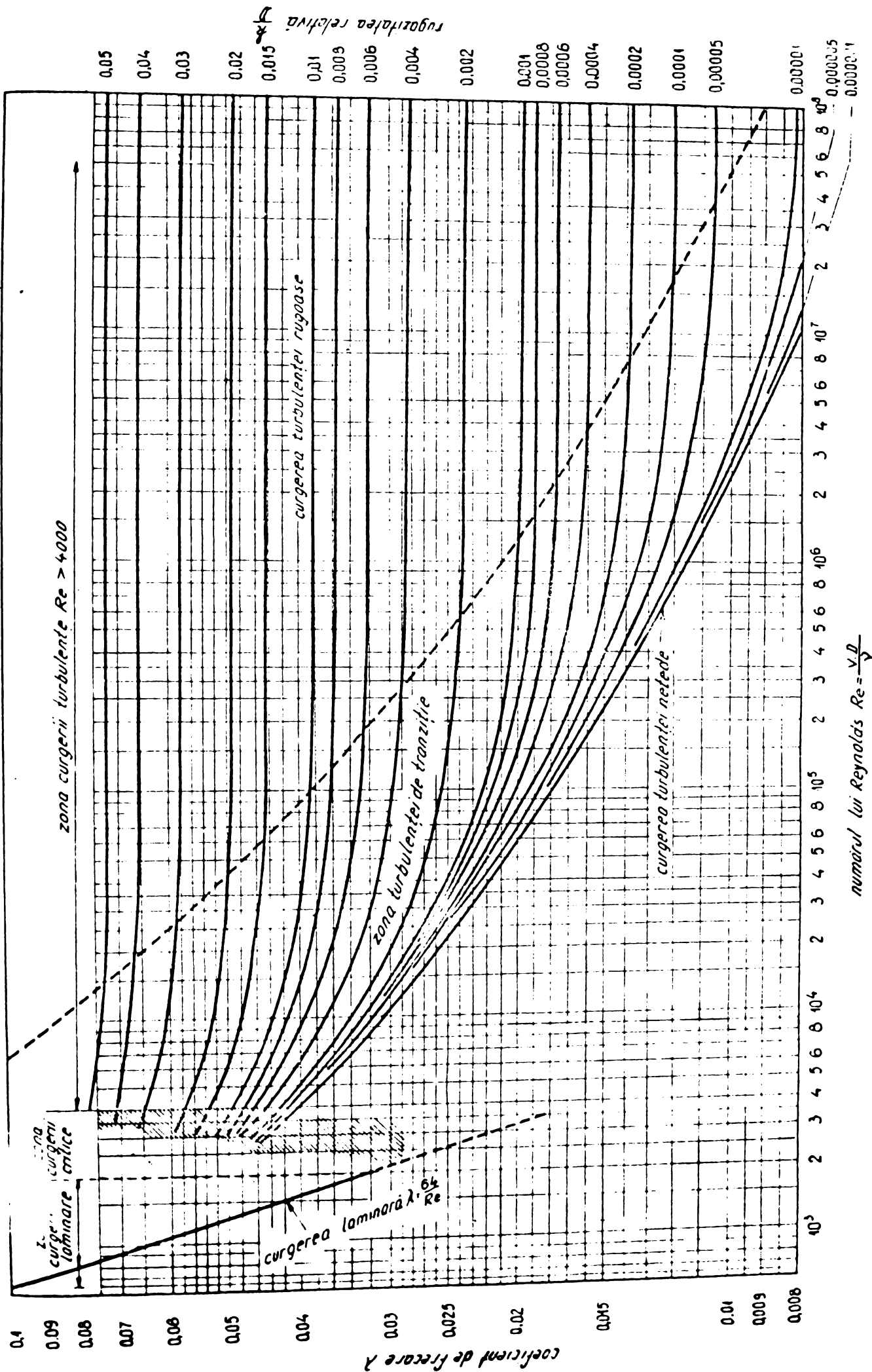


Fig 5.1 DIAGRAMUL LUI MOODY PENTRU CURGEREA ÎN CONDUITE

O nouă metodă de calcul privind determinarea pierderilor de sarcină liniară, a fost dată de prof.univ.emerit ing.Victor Gheorghiu de la Institutul Politehnic Timișoara.

În cercetarea rezistenței hidraulice a conductelor apar două probleme: perfectarea modelului matematic și sistematizarea calculului coeficientului, ca aspect aplicativ al primei probleme.

Se pot obține noi variante ale funcției de rugozitate - o formă evoluată a modelului matematic prin introducerea conductanțelor hidraulice, - cu următoarele relații de definiție:

$$\begin{aligned} \text{-conductanța netedă } \mathcal{H}_0 &= 1/2 \sqrt{\lambda_0} &= 0,9 \log Re - 0,75, \\ \text{-conductanța rugoasă } \mathcal{H}_r &= 1/2 \sqrt{\lambda_r} &= 0,57 - \log K, \\ \text{-conductanța mixtă } \mathcal{H} &= 1/2 \sqrt{\lambda} &= -\log(10^{-\mathcal{H}_0} + 10^{-\mathcal{H}_r}). \end{aligned}$$

Noile funcții de rugozitate - formate cu diferențele acestor mărimi - sînt:

$$\begin{aligned} \Delta_0 &= \mathcal{H}_0 - \mathcal{H} = \log(1 + 10^s), \\ \Delta_r &= \mathcal{H}_r - \mathcal{H} = \log(1 + 10^{-s}), \end{aligned}$$

în care:

$$s = \mathcal{H}_0 - \mathcal{H}_r$$

este argumentul de rugozitate al conductei.

Aceste funcții au proprietăți remarcabile și se pretează direct la calculul coeficientului de rezistență.

Din punct de vedere teoretic, în desfășurarea fenomenului de turbulență a conductelor tehnice, există o singură fază: turbulență mixtă, încadrată de două stări - limită de turbulență simplă, pentru $|s| \rightarrow \infty$. În condițiile calculului aplicativ, se consideră ramurile curbelor Δ cu convergență asimptotică rapidă către axa (s) și, pe baza relațiilor

$$\Delta = \Delta_0 = \Delta_r = \log(1 + 10^{-|s|}) = 0,31 e^{-2|s|} \leq 0,025 \quad (5.38)$$

pentru $|s| \geq 1,3$, se ajunge la o restrîngere practică a intervalului de turbulență mixtă.

În final, intervin următoarele cazuri și relații în calculul coeficientului λ :

1. Conduțe netede: $s \leq -1,3 \Rightarrow \mathcal{H} = \mathcal{H}_0$
2. Regim mixt: $-1,3 < s \leq 0 \Rightarrow \mathcal{H} = \mathcal{H}_0 - \Delta$
3. Regim mixt: $0 \leq s < 1,3 \Rightarrow \mathcal{H} = \mathcal{H}_r - \Delta$
4. Conduțe rugoase: $s \geq 1,3 \Rightarrow \mathcal{H} = \mathcal{H}_r$

În aceste formule $\lambda = 1/4 \mathcal{H}^2$, eroarea relativă $\delta\lambda/\lambda < 0,02$ în regimurile 1. și 4., iar corecția Δ se calculează din (5.38) sau se citește tabelar.

Lucrările lui Nikuradse s-au impus în așa măsură încât rugozitatea din nisip monogranular lipit de pereții conductei în mod uniform și la densitatea maximă (bob lângă bob) a făcut ca acest tip de rugozitate să fie considerat de referință pentru definirea lungimii caracteristice oricărei rugozități. Această lungime a numit rugozitatea echivalentă tip nisip și reprezintă acea lungime k_e care introdusă în relația lui Nikuradse în locul lui k ar da aceeași valoare λ . Rugozitatea cercetată de Nikuradse se prezintă o evoluție specifică a curbelor $\lambda = f(R_o \cdot \frac{k}{D})$, cunoscută din așa zisa harpă a lui Nikuradse.

Cercetări ulterioare lui, au evidențiat evoluții diferite (continuu descrescătoare) pentru rugozități obișnuite în conducte industriale metalice.

Ca urmare a utilizării din ce în ce mai extinse a rugozității echivalente tip nisip o serie de cercetători s-au concentrat asupra determinării experimentale a acestei mărimi de calcul pentru cât mai multe naturi de suprafețe rugoase și elaborării de tabele și diagrame de calcul construite pe baza unor formule de tip Colebrook-White.

Utilizarea rugozității fictive k_e nu explică fenomenele intime ale rezistenței hidraulice, ci oferă o soluție mai mult sau mai puțin exactă.

De fapt nici termenul rugozitate tip nisip nu caracterizează suficient de exact fenomenul trebuind precizată forma exactă a granulei și desimea granulelor pe unitatea de suprafață.

În sprijinul acestei idei se poate cita faptul că rezistența unui nisip cu dimensiunea granulei $k_e = 0,135$ cm cercetat de Schlichting a dat aceeași rezistență hidraulică cu un alt nisip cu mărimea granulei de $k_e = 0,222$ cm cercetat de Nikuradse. La fel nisipul de $k_e = 0,035$ cm la Colebrook dădea aceeași rezistență ca cel de $k_e = 0,048$ cm la Nikuradse.

Consider că de fapt Nikuradse prin crearea acestei rugozități artificiale cu nisip a impus o anumită structură a rugozității, idealizată, ceea ce a simplificat evident problema.

Fiind izotropă rugozitatea tip nisip este bine determinată de diametrul bobului de nisip care dăvine caracteristica dimensională a acestui tip de rugozitate.

Rugozitatea tehnică se prezintă însă ca o structură neuniformă deși nu sînt motive de a i se refuza un anumit caracter de periodicitate.

Din acest motiv găsirea caracteristicii dimensionale a rugozității este o problemă deschisă.

Această caracteristică consider că poate fi stabilită pentru un anumit tip de rugozitate în cazul de față pentru rugozitatea specifică ce se instalează la conductele ce transportă agent frigorific soluția de ClNa.

Valabilitatea aplicativă a relațiilor pentru calculul rezistenței hidraulice longitudinale în conducte, e funcție așa cum am arătat, de parametrul echivalent al rugozității nisipului. Este însă de remarcat că pentru o rugozitate tehnică de tipul parametrul de echivalență se poate determina doocandată numai în laborator, pe cale hidraulică.

Din aceasta rezultă și întreaga "slăbiciune" a teoriei astfel construită inversîndu-se relația "cauză-efect".

6. Modelul fizic :

Modelul fizic al mișcării în conductele ce transportă soluția de NaCl este dat de un nucleu turbulent axial, limitat de un strat laminar la perete, cu efecte determinan asupra evoluției fenomenului.

Turbulența, ca rezultat a vîscozității fluidului și rugozității pereților, se dezvoltă în regim neted, preparatic sau patratie, după cum acoperirea laminară a rugozităților este totală, parțială sau neglijabilă. Înșugi structura suprafeței pereților influențează evoluția fenomenului. Determinantă în acest sens este geometria rugozității.-

7. Programul experimental

Programul experimental s-a axat pe rezolvarea a două probleme distincte :

a.) Problema " clasică " de determinare experimentală a coeficientului λ de rezistență longitudinală la conducte ce transportă soluții de NaCl.

Aceasta a impus montarea unui stand experimental, ce a fost realizat la Intreprinderea de bore Timișoara, pentru testarea și etalonarea dispozitivului de strangulare cu ajutorul tip "sfert de cerc" - și măsurarea directă în rețeaua frigorifică a aceleiași întreprinderi, a căderilor de presiune.

b.) Măsurarea geometriei rugozității conductelor ce transportă soluții de NaCl.

7.1. Determinarea hidraulică a coeficientului de rezistență longitudinală la conducte ce transportă soluții de NaCl

Realizarea unei instalații experimentale care să satisfacă condițiile impuse de cercetările cu caracter hidraulic ce au drept scop determinarea coeficientului de rezistență longitudinală, impune măsurarea cu o deosebită acuratețe a debitului.

Deși proiectarea și executarea dispozitivelor de strangulare pentru măsurarea debitului (diafragme, ajutaje) a ajuns la un nivel deosebit de ridicat, încât nu se mai verifică experimental coeficientul de debit, am considerat necesar etalonarea ajutorului folosit - tip sfert de cerc - pe un stand anume construit în cadrul Intreprinderii de Bore Timișoara.

Acest lucru s-a impus și datorită faptului că bucla de măsurat debitul cu dispozitiv de strangulare în execuție Electro-precizia Săcele - secția Gheorghieni, are toate elementele calculate, cu un număr de zecimale ce nu au toate o corespondență fizică.

Am acordat totodată atenția cuvenită cunoașterii și măsurării proprietăților fizico-chimice ale soluției de NaCl.

Existența în rețeaua frigorifică a Intreprinderii de bore Timișoreana, a conductelor de 2" cu diverse vechimi în exploatare a creat și premiza obținerii variației în timp a rugozității echivalente.

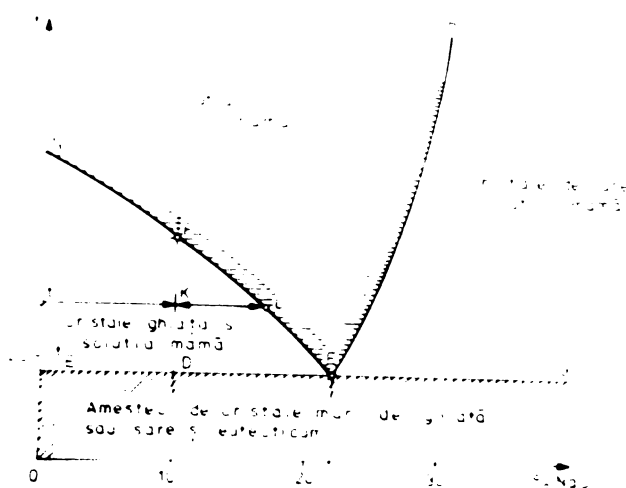
Măsurarea pierderilor liniare de presiune s-a făcut direct în rețea, acordându-se o importanță deosebită modului de amplasare a prizelor, care s-a stabilit în funcție de respectarea condiției de stabilizare a curentului.

7.1.1. Proprietățile fizico-chimice ale soluției de NaCl

Prin soluție se înțelege un amestec omogen, la scară moleculară între două sau mai multe substanțe care constituie astfel o fază unică. Soluția de ClNa (saramură de ClNa) este o soluție binară în care intervin numai două componente: solventul apă (H_2O) și dizolvatul (ClNa) și se caracterizează prin concentrație. Astfel concentrația procentuală arată câte grame de ClNa sînt conținute în 100 g. de soluție, eventual volume.

Disolvarea - fenomen fizico-chimic se produce prin învingerea unor forțe de interacțiune între particulele dizolvate precum și între acestea și particulele solventului. Constituenții soluției nu reacționează chimic între ei și proprietățile lor se păstrează și în soluție. Din punct de vedere hidraulic aceasta este o proprietate remarcabilă deoarece conferă soluției de ClNa (saramură ClNa) caracterul unui lichid Newtonian.

Proprietățile soluției de ClNa folosite pe scară largă în tehnica frigului în special ca purtătoare de frig se evidențiază și se înțeleg mai bine analizînd diagrama de echilibru a acestei saramuri.



Fig

Observăm astfel că o soluție de 5% sare de bucătărie (NaCl) în apă nu îngheață la $0^{\circ}C$ ci numai la cca. $-3,2^{\circ}C$, cristalele formate compunîndu-se din gheață curată; soluția de sare de 10% începe să înghețe la $-7^{\circ}C$, cea de 20% la $-10^{\circ}C$, iar cea de 22,4% la $-21,2^{\circ}C$.

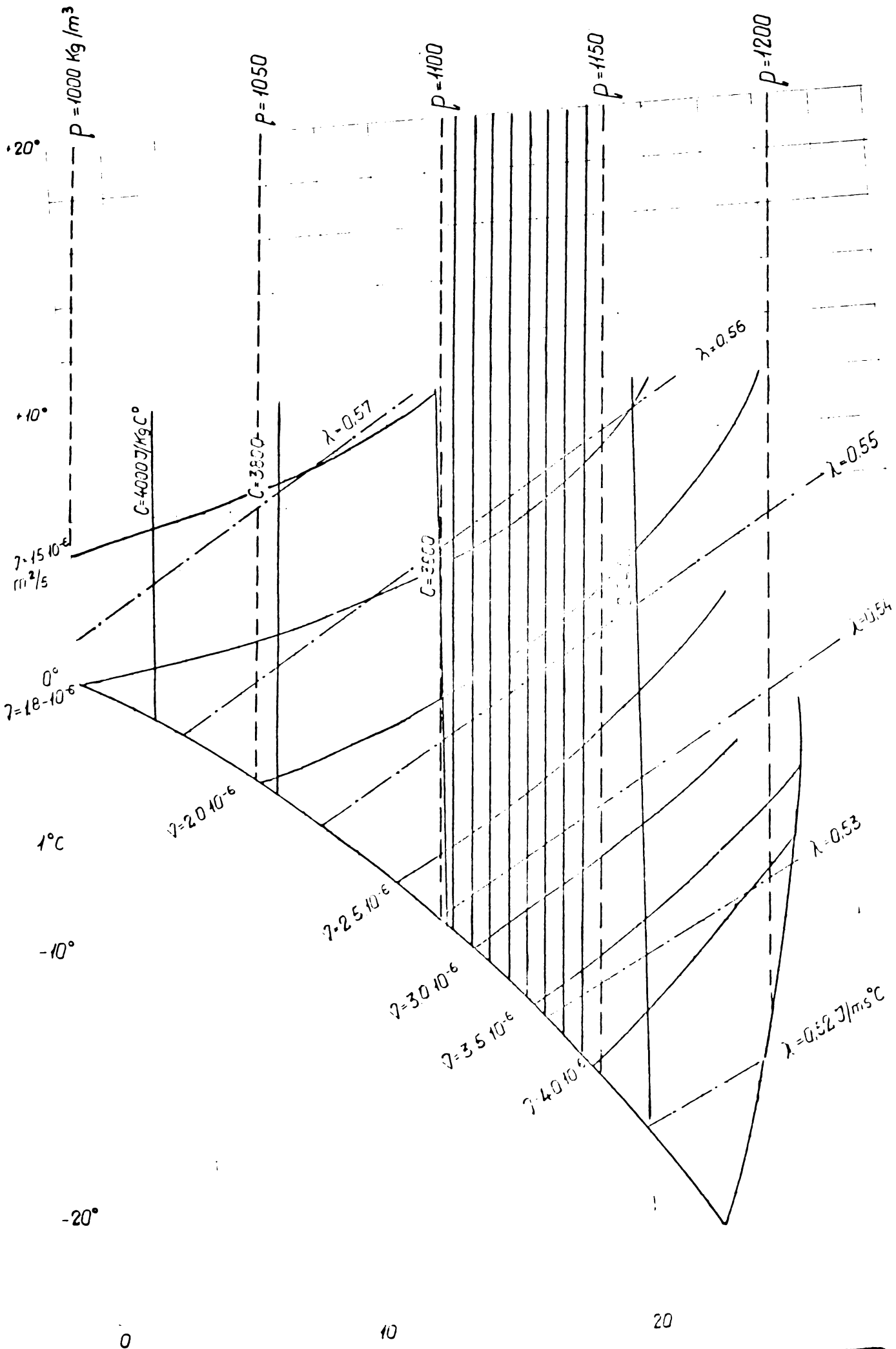


Fig 112

INSTITUT POLITEK

Mărirind cantitatea de sare, temperatura de îngheț descrește în soluția mamă, separându-se și cristale de gheață.

Revenind la diagrama de echilibru curba NE arată temperatura la care apa începe să înghețe, iar curba RE arată că sub ea încep să se formeze cristale de sare. Aceste curbe delimitează așa-zisa soluție mamă între care poate exista numai lichid dacă există echilibru. Curbele NE și RE sînt curbe de echilibru între soluție și începerea formării de gheață respectiv cristalele de sare.

Dacă răcim de exemplu o soluție de 10% de la starea A, atunci aceasta începe să înghețe la o temperatură corespunzătoare punctului F - 7° și să elimine cristalele curate de gheață. Coborînd temperatura la t° soluția ajunge la concentrația corespunzătoare punctului L (datorită eliminării apei sub formă de gheață). Punctul de minimum specific este așa zisul punct eutectic notat pe diagramă cu E, corespunzător unei concentrații eutectice de 22,4% și temperaturi eutectice de $-21,2^{\circ}$ C. Dacă se coboară și mai mult temperatura atunci se elimină între cristalele de gheață și o masă solidă de eutecticum cu un conținut constant de sare de 22,4%. În timpul eliminării de eutecticum temperatura este constantă pînă cînd totul s-a solidificat.

Diagramele de echilibru a soluției de ClNa prezentate dau direct cantitatea de sare necesară pentru a elimina înghețul. Starea zonei complet fluide este delimitată prin curbele de echilibru. Totodată mai sînt prezentate liniile de aceeași densitate ρ , căldura specifică c , conductivitatea termică λ , vîscozitatea cinematică ν .

7.1.2. Măsurarea debitului cu dispozitiv de strangulare

Considerații teoretice :

Se consideră o conductă prin care curge fluidul a cărui debit se măsoară și în care s-a montat un dispozitiv de strangulare cu rolul de a crea o îngustare locală a curentului.

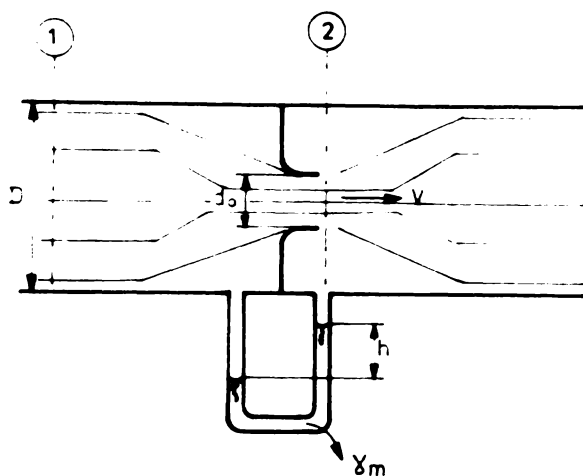


Fig 7.1.2.1

datorită acestui fapt o parte a energiei potențiale se transformă în energie cinetică, viteza medie a curentului se mărește în secțiunea strângută, iar presiune statică în această secțiune devine mai mică decât cea din amontele dispozitivului de strângere.

Se poate demonstra pe cale experimentală - că debitul unui ajutoraj este funcție de următoarele stări și mărimi esențiale (fig. 7.1.2.1) :

- condițiile mișcării în amonte, definite de criteriul

$$R_0 = v_1 D / \nu \quad \text{și} \quad K = k / D$$

- raportul de deschidere :

$$m = A_0 / A = d_0^2 / D^2$$

- secțiunea minimă :

$$A_0 = \pi d_0^2 / 4$$

- viteza teoretică la ieșire :

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$$

- coeficientul de formă

$$\pi_f$$

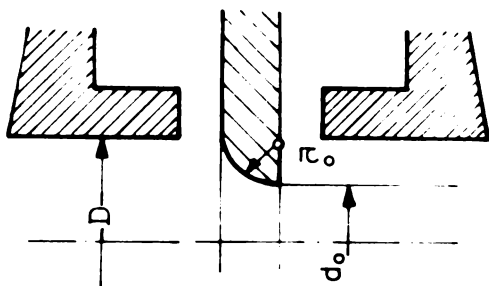


Fig. 7.1.2.2

$$\text{Rezultă : } Q = f(K, m, \overline{\Pi}_F, R_0, A_0, \sqrt{2gh})$$

sau trecînd la ecuația criterială în sistemul $(A_0, \sqrt{2gh})$:

$$\frac{Q}{A_0 \sqrt{2gh}} = F(K, \overline{\Pi}_F, m, R_0)$$

Ultima relație adimensională definește similitudinea Froude pentru ajutaje, în domeniile funcționale de automodelare în raport cu nr. R_0 .

Acastă relație scrisă în formă dimensională

$$Q = \alpha A_0 \sqrt{2gh} = \alpha A_0 \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}$$

reprezintă clasică formulă a debitului la ajutaje, în care coeficientul de debit :

$$\alpha = \alpha(m)$$

este funcție de raportul m , pentru o geometrie dată și în condiții de automodelare R_0 .

În concluzie, o eficientă utilizare a ajutajelor în debitmetrie, implică următoarele condiții :

- Efectuarea determinărilor în intervale de invarianță ale coeficientului de debit .
- Studiul și aplicarea unor geometrii cu intervale R_0 de automodelare , largi și acoperitoare.

În domeniul acestor probleme, debitmetria conductelor sub presiune este standardizată (STAS 3655-61; STAS 6823-63), pe care diagrama și ajutaje de geometrie definită, cu următoarele condiții

de lucru mo

./.

de utilizare :

$$= 0,05 \dots 0,7 \text{ și } R_e > 10^5$$

În cadrul prezentei lucrări, însă, cercetările de laborator se fac pentru $R_e < 10^5$ -și, în acest caz, s-a utilizat evoluția remarcabilă a ajutorajului "în sfert de cerc", concretizată în următorul tabel, după Koenneke :

Ajutoaje în sfert de cerc (fig. 7.1.2.2.) Tab.nr.7.1.2.

nr.	m	r/d _o	α	m α	Interval de automode- lare	
					R _{em}	R _{em}
1.	0,05	0,100	0,771	0,0386	700	560 000
2.	0,16	0,114	0,792	0,1286	650	140 000
3.	0,25	0,139	0,829	0,2073	430	230 000
4.	0,36	0,209	0,902	0,3250	350	250 000
5.	0,39	0,285	0,933	0,3650	330	250 000

După cum se poate observa "Bucla de măsură debit cu dispozitiv de stemulare" proiectată și executată de întreprinderea "Electroprecizia Săcele", utilizează un ajutoraj în sfert de cerc, care se încadrează cu valori foarte apropiate - în tabelul Koenneke, sub nr.3.

Montajul experimental, condițiile de funcționare, precum și precizia determinării coeficientului de debit, pentru ajutorajul livrat de "Electroprecizia Săcele" au fost cercetate pe un stand de încercări, construit în cadrul "Intreprinderii de bere Timișoara".

7.1.2.1. FISA DE CALCUL PENTRU BUCLA DE MASURA DEBIT CU DISPOZITIV DE STRANGULARE

In executie Electroprecizia Săcele - secția Gheorghieni

Elaborată în baza STAS 7347-70(ISO R 541)sînt obligatorii prescripțiile de execuție și montaj conform STAS(pentru tipurile de dispozitiv de strangulare nestandardizate sau necunoscute cf.STAS,măsură sînt informative).

A. Date pentru identificare :

Beneficiar : Intr.de Bere Timișoara Simb.aparat cf.proiect P05.3 75°
 Proiect : (comanda) 515, S : 9056 Faza de proiectare Revizia nr.
 Proiectant Verificat Micu Ion Data : 19..

Realiza și programare calcul dispozitive de strangulare Ing.Petru Corneliu(IPA)

12.0000	1	6.0000	1	5.00	1	-8000	1170.000	2
1.392000.198	1	.0000	.000	.0600000	1	.000000000	.000000000	6
1	.264780	13546.0000	1170.0000	.00	1	.228		1

B. Parametrii mediului care se măsoară :

Parametru	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare
Conținutul maxim(de calcul)al fluidului	sol.CINA	12.0000	MG/h	3.9000	kg/s	Scirene în sistem peritactic
debitul minim		6.0000	mc/h	1.95000	kg/s	
viteza de curgere a fluidului prin conducta în cazul debitului maxim(de calcul)		5.000	ATA	1.51090	m/s	
presiunea absolută a fluidului în amonte de strangulare		5.000	ATA	490332	n/mp.	} 2 N/mm ²
pierderea de presiune pe disp.de strangulare, admisibil la eb.max. 228 ATS				22359.2	n/mp.	
temperatura fluidului în amonte de strangulare				-8.000	gr,C	
densitatea fluidului în condițiile de lucru din amonte de strang.1170.000 kg/mc				1170.000	kg/mc	

./.

Vîscozit. fluid. în cond. de lucru din amonte de strans. 1.392000100 CF .000001100 mp/s
 Nr. Reynolds coresp. deb. max. ref. la st. de lucru din amonte a fl. gi la diam. cond. 67306.94
 Numărul reynolds coresp. debit. min. în aceeași cond. ca mai sus 33653.46
 Factorul de compresibilit. (abatere de la Legea gaz. perfecte) în cond. de lucru 00000
 Exponentul adiabatic (CP/CV) în cond. de lucru 0000

C. DATE REFERITOARE LA CONDUCTA TERMOLOGICA

Material conductă și/sau flange : OMT-35 Rugozitatea conductei. 06000000 MM. 00000000 metri
 Diametrul interior al cond. la 20 gr.C 53.0000 mm 053 0000 metri la temp. de lucru 05300000 metri
 Coef. radia de dil. liniară a mat. conductei (în interv. de la 20 la temp. 1 gr.C) 000000000

D. DATE REFERITOARE LA INSTALATIA DE MASURA

Tipul dispozitivului de strangulare 6 Ajutaj "sfert de cerc" (Nestandardizat în RSR)
 Tipul dispozitivului de strangulare V2A
 Coef. radia de dil. liniară amat. disp. de strangulare (în Interv. de la 20 la temp. 1 gr.C) 00000000
 Tipul manometrului diferențial 1 Cu lichid
 Dens. lich. manometric sau a lich. de calibrare prin care se exprimă pres. diferențială 13546.0000 kg/mc
 Densitate fluidului de separare 1170.0000 kg/m³
 În. sup. a scalei man. diferențial coresp. deb. max. (de calcul) la calibrare uscată 264/80 m.col. lich.
 Presiunea diferențială coresp. domeniului de măsurare dst 32135.582 N/mp.

E. REZULTATE INTERMEDIARE SI FINALE ALE CALCULULUI

Raportul BETA dintre diametrul orificiului și diametrul conductei (valoare finală) .49645430
 Raportul MMIC dintre secțiunea orificiului și secțiunea conductei (valoare finală) .24646699
 Coef. de debit ALFA (val. finală) 82710963 Coe. de difer. EPSILON (val. finală) 1.0000000
 Pierderea de presiune remanenta, calculată la debit max. 21252.20 N/mp. .21671 ATS

Fr.Reynolds minim admis(critic)ref.la st.de lucru din amonte a fl.și la diam.cond. 341.31
Debitul de masă minim admis, în val.absolută : .0196 kg/ în % din limita sup.a scalei . 51 0/0
Diametrul orificiului disp.de strângulare la temp.de lucru 26.31207 mm la 20 gr.C 26.31207 mm
Raportul RMIC/DMIC dintre raza de rotunjire și diametrul orificiului .13529879
Raza RMIC de rotunjire a orificiului discului(pt.ajutaje SP RI cerc) 3.55999 mm

7.1.2.2. Determinarea experimentală a coeficientului de debit

Parametrii de care depinde coeficientul de debit pot fi măsurați cu o precizie care să satisfacă necesitățile etalonării ajutorului " tip sferă de cerc ".

In principal aceștia sînt :

- temperatura soluției de NaCl
- densitatea, greutatea specifică și viscozitatea cinematică a soluției de NaCl.

-temperatura și greutatea specifică a lichidului piezometric (Hg)

- timpul de umplere a vasului etalonat folosit pentru determinarea debitului

- volumul vasului etalonat și implicit cantitatea de soluție de NaCl folosit pentru fiecare determinare.

- dimensiunile geometrice ale ajutorului

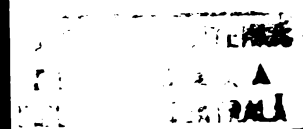
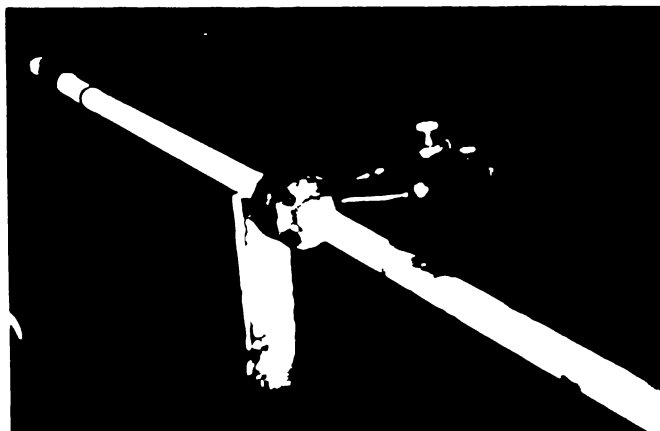
Analiza ponderii pe care o au erorile de măsurare a acestor parametri în determinarea coeficientului de debit s-a făcut în cap.7.1.2.3.3.

7.1.2.2.1. Standul de încercare :

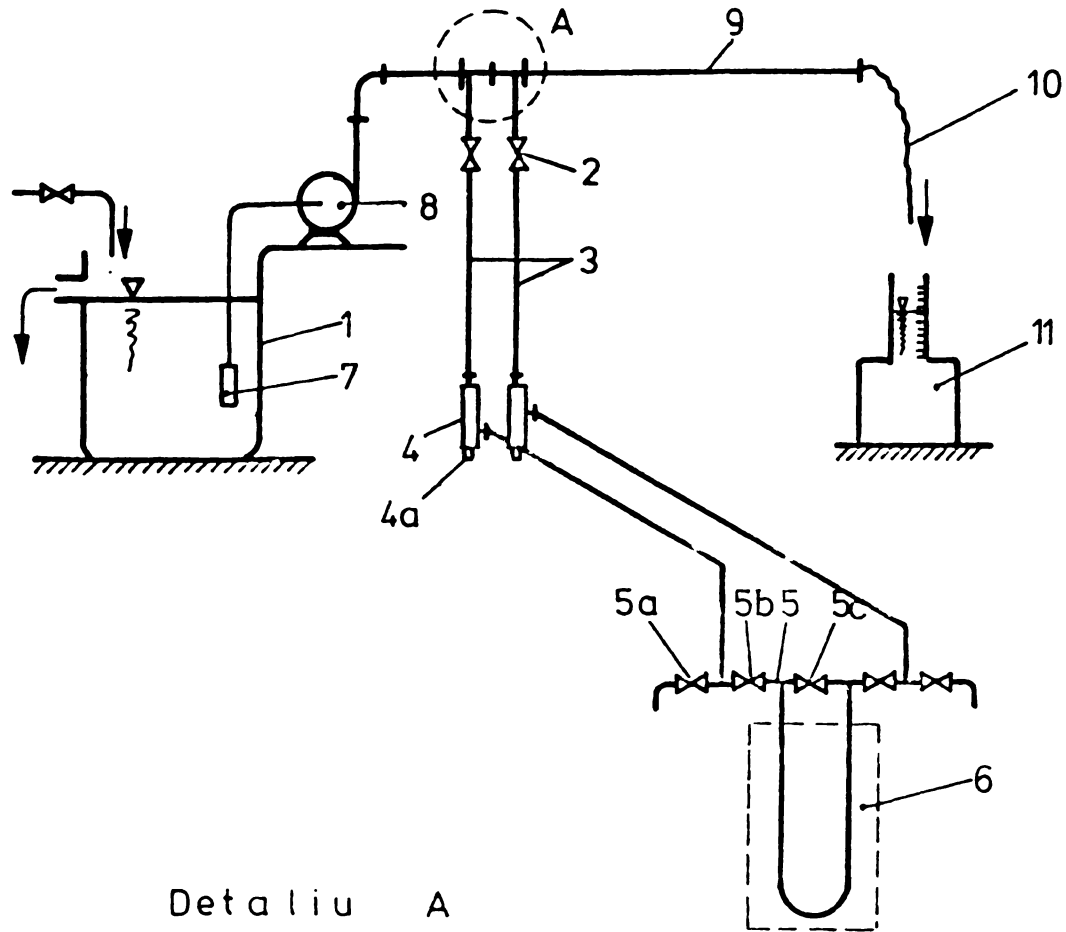
Ajutorul executat de Uzina Electroprecizia Săcele secția Gheorghieni cu seria 9056 și buletin de verificare nr.3248/29.11.1974 a fost încercat în stand cu scopul de a i se controla în ce măsură corespunde coeficientul de debit.

Standul s-a compus dintr-un bazin de saremură de nivel constant, aspirația la o pompă cu $Q=25$ mc/h; $H=15$ m col. H₂O, $n=3000$ tip Cerna 50 A, conducta de refulare de $\varnothing_{\text{interior}}=53$ mm în lungime de 6 m, ajutorul cu prizele de presiune a camerei inelare și un racord de refulare elastic ce se introducea într-un vas etalonat de 60 litri.

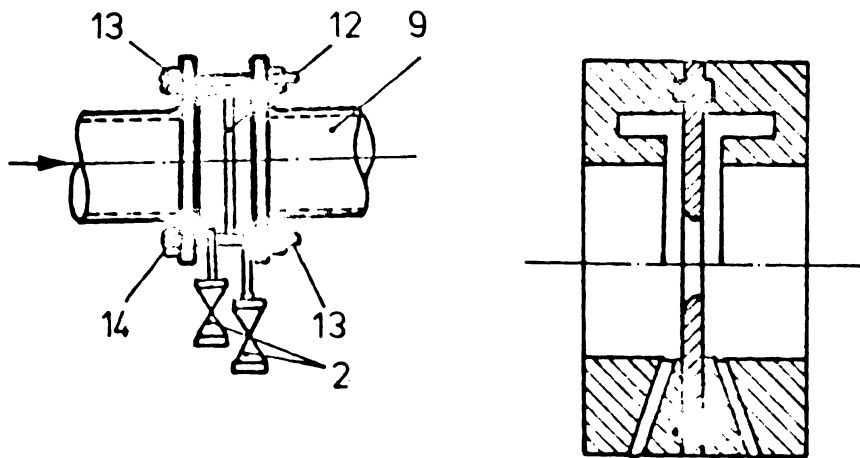
Cronometrarea s-a făcut manual cu un cronometru cu minute centezimale.



Schema instalatiei pentru etalonarea ajutajului



Detaliu A



- 1 - bazin cu solutie NaCl
- A - dispozitiv de strangulare ajutaj
- 2 - robinete
- 3 - conducte de legături
- 4 - vase de decantare
- 4a - buşon de purjare
- 5 - bloc cu cinci robinete
- 5a - robinete de purjare
- 5b - robinete pt. conductele de legături

- 5c - robinet de egalizare
- 6 - piezometru diferential cu Hg
- 7 - sorb
- 8 - pompă
- 9 - conductă refulare 2"
- 10 - racord flexibil
- 11 - vas etalonat
- 12 - ajutaj
- 13 - şuruburi de fixare
- 14 - garnituri



7.1.2.2.2. Rezultate experimentale

În anexa 7.1.2.2.2. se regăsesc toate datele experimentale obținute pe standul de experimentare pentru determinarea coeficientului de debit a ajutorajului.

Relațiile folosite cu ajutorul cărora s-au prelucrat datele, sînt următoarele

$$\alpha_i = \frac{Q_m}{A_0 \sqrt{2g \left(\frac{V_m}{V_t} - 1 \right) h}}$$

$$d_0 = 26,31 \text{ mm}$$

$$A_0 = 5,437 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Pentru luarea în considerare a erorilor întîmplătoare se folosește proprietatea lor comună de a fi variabile. Astfel în practică în cazul măsurărilor apare frecvent o dispersie a valorilor individuale măsurate, prin oscilații întîmplătoare ale mărimilor care se măsoară.

În scopul de a obține o valoare medie am realizat o serie de $n=25$ măsurători.

Valoarea determinată rezultă din valori individuale $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{25}$ prin formarea mediei aritmetice.

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} \alpha_i$$

Abateră medie pătratică : am notat-o cu s și reprezentată una din formulele de calcul cele mai importante pentru abaterile întâmplătoare ale valorilor α_i față de valoarea medie.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2} = \frac{1}{4,899} \sqrt{\sum_{i=1}^{25} (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}$$

Cu valoarea medie am determinat erorile individuale ca diferențe între valorile individuale și media aritmetică.

iar unde: $\Delta\alpha_i = \alpha_i - \bar{\alpha}$ și $i = 1 \dots 25$
 $\sum_{i=1}^{25} \Delta\alpha_i = 0$

Domeniul de încredere rezultă din relația :

$$\bar{\alpha} \pm \frac{t}{\sqrt{n}} s$$

Factorul t a fost luat STAS 7.122 = 71 unde pentru un nivel de încredere $\beta = 0,999$ cu $\beta = 0,001$ și $f=n-1=24$ (n fiind numărul datelor) rezultă :

$$t = 3,745$$

Coeficient debit	Media aritmetică		Abateră medie pătratică		Dom. de încredere	Nivel de încredere
α_i	$\bar{\alpha}$	$\Delta\alpha_i$	s	$\frac{t}{\sqrt{n}} s$	$\bar{\alpha} \pm \frac{t}{\sqrt{n}} s$	$1-\beta$
1	2	3	4	5	6	7
0,8472	0,830216	0,016980	0,011069	0,008291	0,830 ± 0,0083	0,999
0,8328		0,002584				
0,8208		-0,009416				
0,8153		-0,014916				
0,8371		0,006884				
0,8382		0,007984				
0,8439		0,013684				
0,8432		0,012984				
0,8444		0,014184				
0,8421		0,011884				

1	2	3	4	5	6	7
0,8459		0,015684				
0,8284		-0,001816				
0,8208		-0,009416				
0,8288		-0,001416				
0,8393		0,009084				
0,8258		-0,004416				
0,8196		-0,010616				
0,8268	0,830216	-0,003416	0,011069	0,008291	0,830 ± 0,0083	0,999
0,8249		-0,005316				
0,8264		-0,003816				
0,8094		-0,020816				
0,8249		-0,005316				
0,8089		-0,021316				
0,8303		0,000084				
0,8302		-0,000016				

Intervalele admisibile de rotunjire pentru valorile parametrilor statici sînt conform STAS 7122-71.

$$\frac{0,6 \cdot s}{\sqrt{n}} = \frac{0,6 \cdot 0,011069}{\sqrt{25}} = 0,001328 \text{ pentru valoarea medie și}$$

$$\frac{0,4 \cdot s}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,4 \cdot 0,011069}{4,899} = 0,000904 \text{ pentru abaterea medie pătratică}$$

Rezultă prin rotunjire :

$$\alpha = 0,830 \pm 0,0083 \text{ pentru o probabilitate de 99,9\%.}$$

Valoarea lui α cu care se va lucra $\alpha = 0,830$ determinată experimental diferă de cea dată de furnizor cu 0,35%.

7.1.2.3.3. Calculul erorii de măsurare a coeficientului

de debit

La verificarea unui debitmetru diferențial în principiu se urmărește ca valoarea mărimii verificate să se încadreze în limitele erorii determinate.

In vederea stabilirii erorii cu care s-au măsurat debitul și a factorilor de care depind, s-a analizat expresia :

$$Q = \alpha A_0 \sqrt{2g \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1 \right) h}$$

Logaritmând și diferențiind-o

$$\ln Q = \ln \alpha + \ln A_0 + \frac{1}{2} \left[\ln 2 + \ln g + \ln \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1 \right) + \ln h \right]$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{d\alpha}{\alpha} + \frac{dA_0}{A_0} + \frac{\frac{1}{2} d \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1 \right)}{\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dh}{h}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{tdv - vdt}{t^2} = \frac{dV}{V} - \frac{dt}{t} \quad A_0 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\frac{dA_0}{A_0} = \frac{\frac{\pi}{4} 2 d_0 dd_0}{\frac{\pi}{4} d_0^2} = 2 \frac{dd_0}{d_0}$$

$$\frac{d \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1 \right)}{\frac{\gamma_m}{\gamma_t} - 1} = \frac{\gamma_t d\gamma_m - \gamma_m d\gamma_t}{\gamma_t^2} \cdot \frac{\gamma_t}{\gamma_m - \gamma_t} = \frac{\gamma_m d\gamma_t}{(\gamma_m - \gamma_t)\gamma_t}$$

cu $d\gamma_m = 0$ | se poate măsura cu două metode

constantă, nu este un parametru ce se măsoară.

Eroarea maximă a coeficientului de debit a cărei verificare s-a făcut experimental va rezulta prin însumarea erorilor maxime a celorlalți factori.

$$\frac{d\alpha}{\alpha} = \frac{dV}{V} + \frac{dt}{t} + 2 \frac{dd_0}{d_0} + \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_m - \gamma_t} \cdot \frac{d\gamma_t}{\gamma_t} + \frac{d\gamma_m}{\gamma_m - \gamma_t} + \frac{dh}{h} \right)$$

$$\left(\frac{dh}{h} \right)_{\max.} = \frac{0,25}{31} = 0,00676 \rightarrow 0,676\%$$

eroarea de citire a cotei piezometrice poate fi max. $\pm 0,25$ mm

idem

$$\left(\frac{d\gamma_t}{\gamma_t} \right)_{\max.} = \frac{0,005}{1,100} = 0,00454 \rightarrow 0,454\%$$

$$\frac{2 d d_0}{d_0} = \frac{0,001}{26,31} = 0,000076 \rightarrow 0,0076\%$$

$$\left(\frac{\delta t}{t_{\min.}} \right)_{\max.} = \frac{0,15}{30} = 0,005 \quad \longrightarrow \quad 0,500\%$$

$$\frac{\delta V}{V} = \frac{0,25}{60} = 0,00417 \quad \longrightarrow \quad 0,417\%$$

unde 60 reprezintă în litri capacitatea vasului etalonat.

și cu

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_m - \gamma_t} = \frac{1}{2 \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_m} \right)} = \frac{1}{2 \left(1 - \frac{1,110}{13,528} \right)} = 0,545$$

obținem eroarea maximă cu care influențează măsurarea densității soluției de NaCl coeficientului de debit.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_m - \gamma_t} \cdot \frac{\delta \gamma_t}{\gamma_t} = 0,545 \cdot 0,00454 = 0,00247 \longrightarrow 0,2479 \%$$

Eroarea maximă a coeficientului de debit rezultă prin însumarea erorilor maxime a termenilor mai sus analizați.

Rezultă :

$$\left(\frac{\delta \alpha}{\alpha} \right)_{\max.} = 0,0185 \quad \longrightarrow \quad 1,85\%$$

cu care concordă foarte bine rezultatele experimentale.

Anexa 1 - Rezultate

7.2. Geometria rugozității

Considerăm că rugozitatea unei conducte este formată de ansamblul micilor neregularități (asperități) ca urmare a coroziunii și depunerilor.

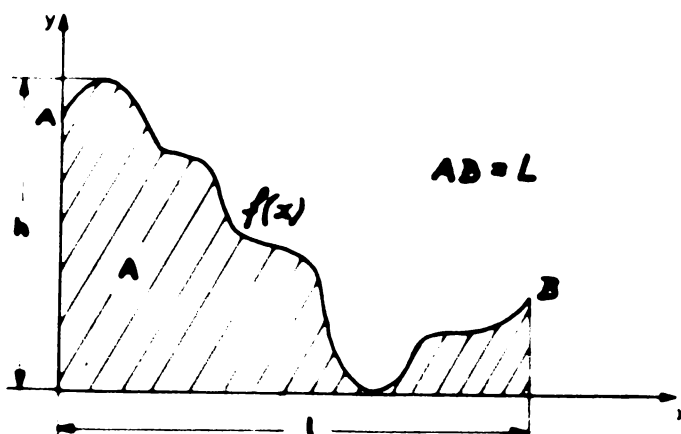
Aceste neregularități pot fi măsurate ca abateri ale profilului față de linia de referință în limitele lungimii de referință stabilite. Se pot propune mai multe criterii de apreciere a rugozității, noțiuni preluate din tehnica calității suprafețelor prelucrate. Aceste criterii din care enumerăm abaterea medie aritmetică R_a , a neregularităților, înălțimea medie a asperităților R_z , înălțimea maximă R_{max} a neregularităților, abaterea medie patratică R_{mp} a neregularităților și altele care din punct de vedere hidraulic s-au dovedit insuficiente.

Pentru caracterizarea rugozității s-a adaptat un criteriu original, simplu, cu care s-a definit statistic parametrul geometric al rugozității.

7.2.1. Definiția rugozității

La conductele ce transportă soluție de NaCl forma și repartiția asperităților sînt foarte neregulate, ceea ce îngreunează evident un studiu sistematic. Admitem însă implicit că această rugozitate are un caracter isotrop (fiind aceeași în orice secțiune longitudinală a conductei) și totodată are o anumită periodicitate fără de care este lipsit de sens de a defini caracteristica geometrică acestei rugozități.

Prin explorarea sistematică a unor esantioane de 10 cm lungime din conductele respective s-au definit statistic parametrii geometrici ai profilogramii longitudinale a rugozității de acest tip.



$$A = \int_0^l f(x) dx \quad 7.2.1.1.$$

$$y_m = A/l \quad 7.2.1.2$$

$$\theta = \frac{L}{l} \quad 7.2.1.3$$

$$L = \int_0^L dL$$

Se subliniază alegerea sistemului de referință pentru profilograme. Profilul se înscrie într-un sistem de axe rectangulare cu axe " x " paralelă cu axa conductei și tangentă la minimumul funcției (fig. 7.2.1.1.)

Menționăm că parametrul $\sqrt{\quad}$ nu i s-a putut găsi o semnificație hidraulică, parametrul y_m fiind suficient din acest punct de vedere.

7.2.2. Metoda și instrumentul de măsură pentru caracterizarea geometriei (Microscopul Linnik - Schmaltz)

Dezvoltarea multilaterală a industriei constructoare de mașini precum și cerințele din ce în ce mai exigente în ceea ce privește calitatea suprafețelor active ale pieselor a dus în ultimul deceniu la crearea unei serii de aparate complete de mare precizie din care unele permit măsurarea mai multor parametri.

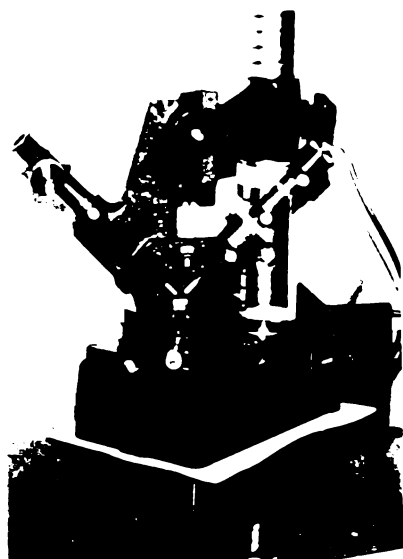
În ceea ce privește posibilitățile existente pentru controlul rugozității, acestea se pot rezuma astfel :

1. Controlul rugozității suprafeței prin comparare cu rugozitatea unei suprafețe etalon.
2. Măsurarea micronegularităților suprafeței prelucrate, respectiv aprecierea rugozității suprafeței pe baza unui criteriu anume ales, prin intermediul aparatelor de măsurat corespunzătoare.

Pentru stabilirea caracteristicii dimensionale a rugozității consider potrivită cea de-a doua cale și folosirea metodei optice de control a așa-zisei secțiuni luminoase. Aparatul ce corespunde acestei metode este microscopul Linnik - Schmaltz.

Microscopul Linnik - Schmaltz

Aparatul este format din două sisteme optice similare : colimetrul de proiecție și microscopul de măsurare ale căror axe optice fac între ele un unghi de 90° . Principiul secționării optice constă în observarea cu microscopul a secțiunii luminoase determinate de un fascicol de raze luminoase ce cade oblic pe suprafață.



Suprafața de control nefiind absolut netedă, prezentând denivelări, înseamnă că linia de intersecție a planului fascicolului de lumină cu suprafața de controlat va fi curbă și va reproduce toate asperitățile suprafeței cuprinse în zona câmpului vizual. Măsurând abaterile de la linia dreaptă a benzii luminoase ce se observă în ocular, abateri datorită asperităților, se pot determina valorile rugozității.

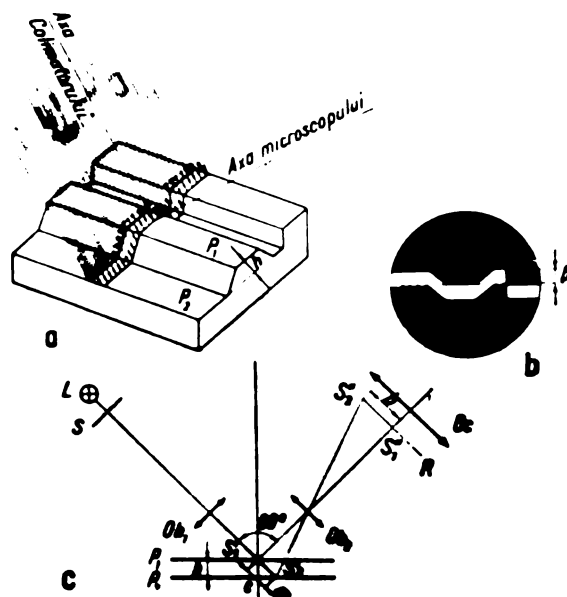


Fig. 2.11. Microscopul Linnik-Schmaltz:
a - secțiunea luminoasă a unei suprafețe plane; b - imaginea ce se observă în ocular; c - schema optică a microscopului

Fig. 7.2.2.2.

Principiul de lucru al aparatului se explică cu ajutorul schemei optice din figură. Colimatorul proiector emite datorită pantei reglabile S un fascicol îngust de lumină ce cade sub un unghi de 45° pe cele două suprafețe plane P_1 și P_2

decalate cu distanța h . Fasciculele de lumină vor proiecta mărirea pantei pe ambele suprafețe P_1 și P_2 . Cele două imagini ale pantei S_1 și S_2 sînt decalate între ele, fiind observate în ocularul OC al microscopului.

Lungimea segmentului b este dat de relația :

$$b = \beta h \sqrt{2}$$

în care β reprezintă mărirea obiectivului (înălțimea h este întîi mărită la valoarea $h\sqrt{2}$, deoarece banda de lumină este înclinată cu 45° față de suprafață, apoi este mărită de obiectiv la valoarea

$$\beta h \sqrt{2}$$

În planul focal al ocularului se găsesc două lame reticulare, una fixă cu o scară gradată de la 0...8 și alta mobilă, pe care sînt trasate două fire reticulare perpendiculare (una orizontal, alta vertical) paralele, mai lungi decît reperele scării și care se suprapun pe scara gradată. Pe scara gradată se citește numărul întreg de rotații complete parcurse de gurașul micrometric al ocularului (care are 100 de diviziuni) adică pe scara gradată se citesc sutele.

Aparatul este prevăzut cu posibilități pentru racordarea unui aparat de fotografiat și obținerea profilogramei.

Profilograma poate fi desenată și pe baza determinării vizuale măsurînd succesiv înălțimile profilurilor.

În fig.7.2.2.3. este prezentat un exemplu de profilogramă caracteristică pentru o conductă zincată de 2" cu o durată de exploatare de 3 ani.



Fig. 7.2.2.3

1.3. DATELE EXPERIMENTALE

Prin măsurarea directă în rețea a pierderilor liniare de presiune, s-a determinat pe categorii de conducte coeficientul λ de rezistență longitudinală. S-a acordat o atenție deosebită amplasării prizelor de presiune cu cameră inelară pentru respectarea condiției de stabilizare a curentului, precum și lungimii tronsonului de conductă care a fost ales suficient de mic pentru a exclude o eventuală influență de variație de temperatură a soluției de NaCl.

Temperaturile soluției de NaCl la intrare și ieșire din tronsoanele de conductă alese au fost practic aceleași în limitele posibilităților de măsurare a temperaturii cu termometrul ce a permis citirea secunilor de grad (eroare de citire sub $0,05^{\circ}\text{C}$).

Determinarea diametrelor interioare medii s-a făcut volumetric (prin umplerea cu apă a tronsonului de conductă și măsurarea volumului acestuia), eroarea maximă fiind $\leq 0,5 \cdot 10^{-4}\text{m}$.

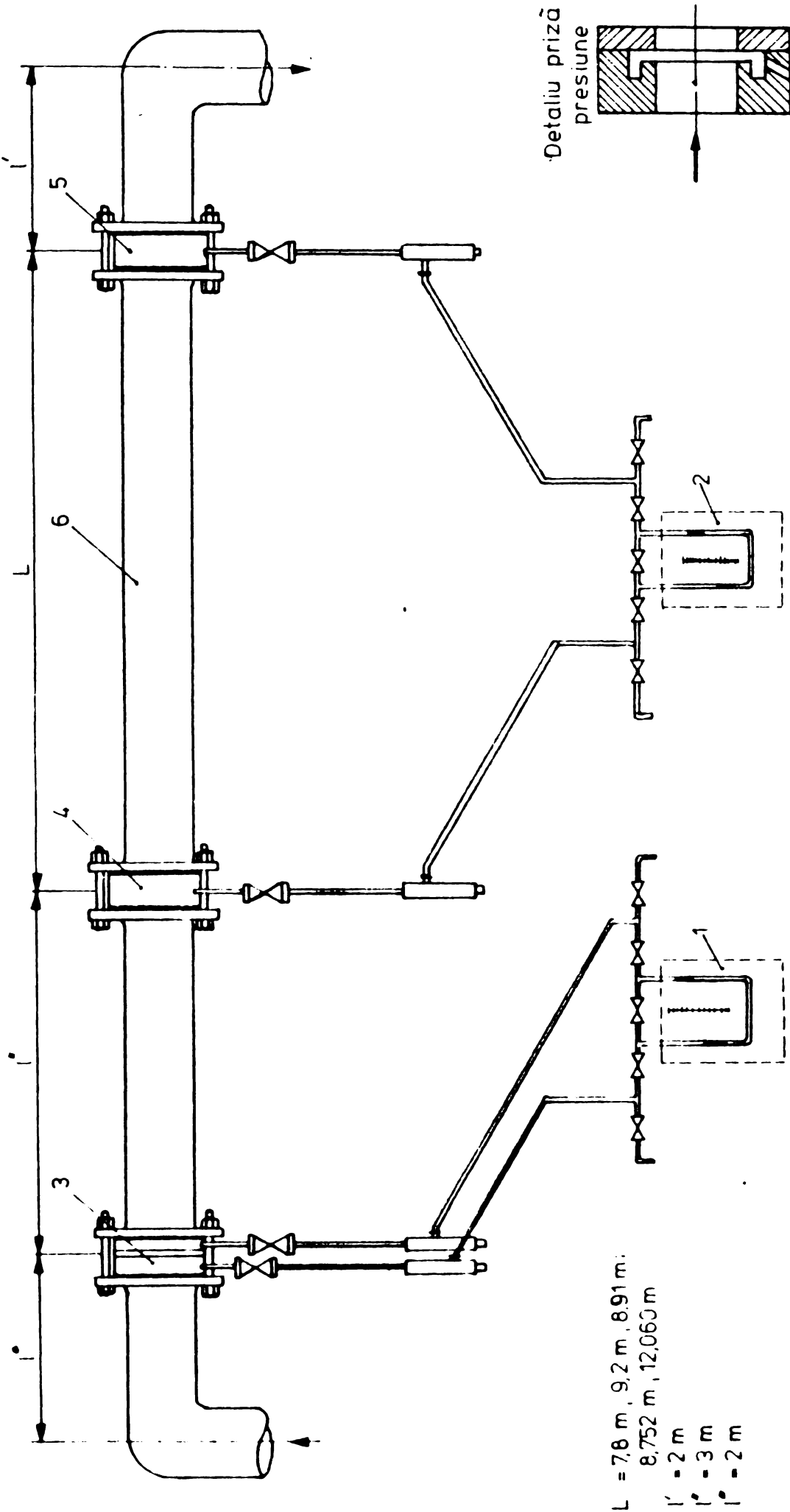
În tabelul (8.1) sunt prezentate caracteristicile geometrice și de calitate a tronșoanelor de conductă pe care s-au făcut măsurătorile hidraulice.

Căderile de presiune s-au măsurat cu piezometre diferențiale cu mercur.

Tabel 8.1

Calitate	Vechime	Lungime tronson	Diametrul interior mediu	Obs.
-	N	L_t	D	
-	ani	m	m	
2" neagră	7,62	7,800	0,0505	<i>Denomirea camerelor a fost pt instalati STAS 7656-66</i>
2" neagră	7,00	9,200	0,0510	
2" neagră	4,3	8,910	0,0500	
2" neagră	4,0	8,752	0,0496	
2" zincată	3,00	12,000	0,0527	

SCHITA MONTAJULUI INSTALATIEI PENTRU DETERMINAREA PIERDERILOR DE SARCINA LONGITUDINALA



În anexele 8.1.1. - 8.1.5 sînt prezentate datele experimentale, prelucrarea acestora făcîndu-se cu relațiile din tabela 8.2.

Calculul rugozității echivalente s-a făcut în regimul turbulenței pătrase folosind relația Colebrook - White.

Tabela 8.2

Parametrul măsurat	Formula	Obs.	
Debitul (măsurat cu ajutorul tip sferic de cerc)	$Q = \alpha A_0 \sqrt{2g \left(\frac{\rho_{Hg}}{\rho_{NaCl}} - 1 \right) h_{Hg}}$	$4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	(8.1)
Viteza soluției de NaCl în conductă	$v = \frac{Q}{S}$	$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	(8.2)
Pierdere liniară de presiune	$\Delta P = \lambda \frac{l}{D} \rho_{NaCl} \frac{v^2}{2}$		(8.3)
	$\Delta P = H_{Hg} \gamma_{NaCl} \left(\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_{NaCl}} - 1 \right)$		(8.4)
Coeeficientul de rezistență longitudinală	$\lambda = \frac{H_{Hg}}{v^2} \frac{2gD \left(\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_{NaCl}} - 1 \right)}{l}$		(8.5)
Numărul Reynolds	$R_e = \frac{vD}{\nu}$		(8.6)
Relația Colebrook-White	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{K}{3,72} \right)$		(8.7)
Rugozitatea relativă	$K = \frac{k_e}{D}$		(8.8)

8.1. Curbele $\lambda = \lambda (R_e, k_e)$ pentru conductele de 2"

industriale de diverse vechimi

Rezultatele experimentale privind variația coeficientului de rezistență longitudinală s-au concretizat într-o diagramă de tip Nikuradse în reprezentare logaritmică.

Din această diagramă rezultă următoarele valori ale rugozității echivalente (stabilite în regimul turbulenței patratice și folosind relația Colebrook - White) :

Tabela 8.1.1.

Nr. crt.	Calitatea conductei de 2"	N	k_e	$\frac{D}{k_e}$	OBS.
-	-	ani vechime	mm	-	-
0	1	2	3	4	5
1	neagră	7,62	1,50	33,67	
2	neagră	7,00	1,38	36,96	
3	zincată	3,00	0,88	59,88	
4	neagră	4,30	0,40	125,00	
5	neagră	4,00	0,34	145,88	

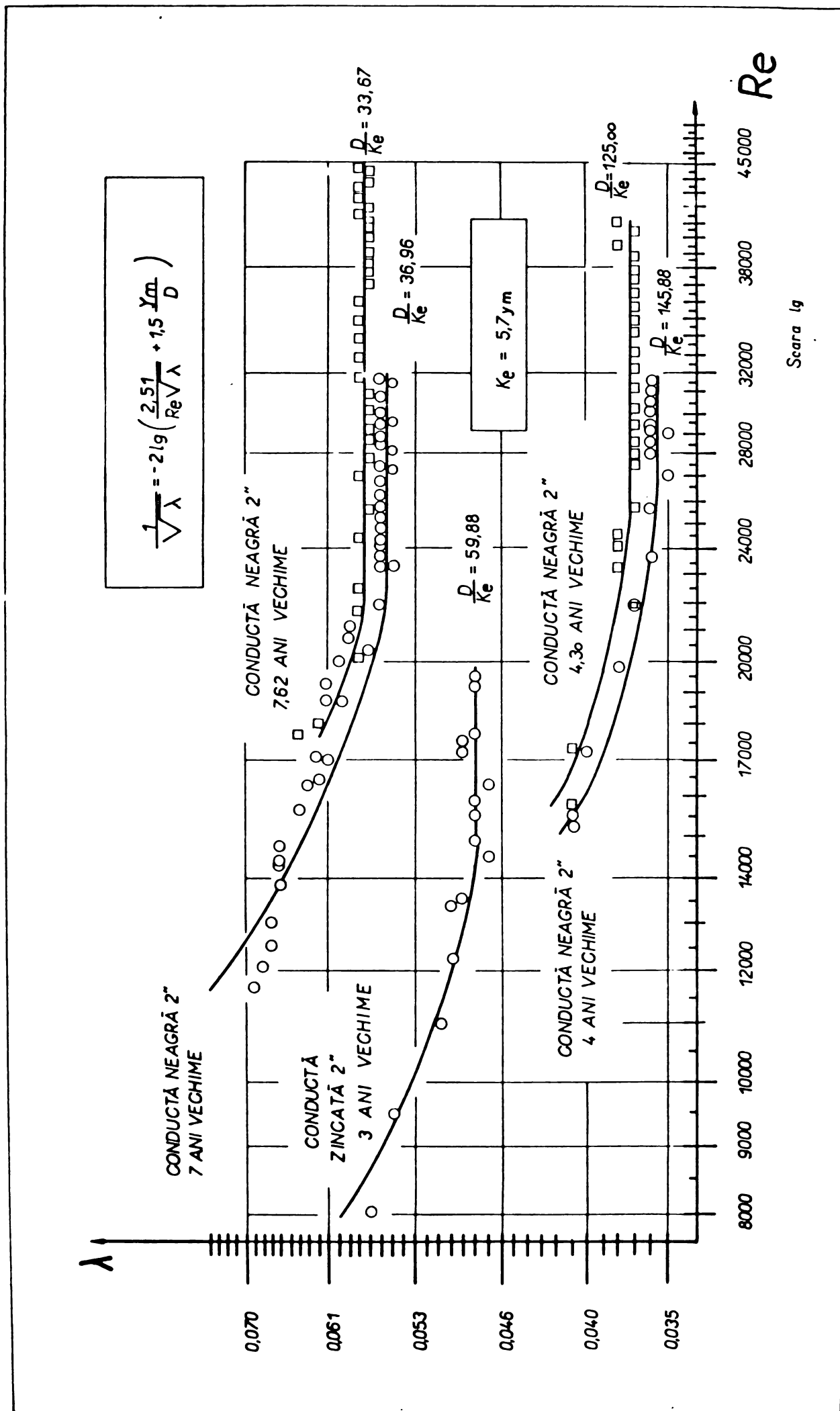
Datele experimentale se regăsesc în anexele 8.1.1. ÷

8.1.5.

8.2. Profilogramele rugozităților

Folosind principiul secționării optice cu microscopul Linnik - Schmalz și vizualizând rugozitatea specifică instalată prin fotografiere cu un aparat Zenit E s-au obținut profilogramele caracteristice. Aceste profilograme longitudinale rezultate prin explorarea sistematică a unor eșantioane de 10 cm lungime din conductele respective au permis definirea statistică a parametrilor geometrici ai rugozității din acest tip (rugozitatea instalată la conductele tehnice de 2" ce vehiculează soluții de NaCl).

Profilele rugozităților astfel obținute s-au înscris fiecare într-un sistem de axe rectangular cu axa "x" paralelă la axa conductei și tangentă la minimumul profilului (conform fig. 7.2.1.1.)



Rezultatele măsurătorilor se regăsesc în anexele

8.2.1. ÷ 8.2.5.

În tabele 8.2.1. sînt evidențiați parametrii geometrici ai rugozității pentru fiecare categorie de conductă. Parametrii y_m, σ, h (definiți în cap.7.2.1) caracteristici unui tip de rugozitate sînt o medie aritmetică a parametrilor respectivi măsurați pe fiecare profilogramă.

Astfel :

$$y_m = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i} \quad (8.2.1.)$$

$$\sigma = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_{i1}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i} \quad (8.2.2.)$$

$$h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (8.2.3.)$$

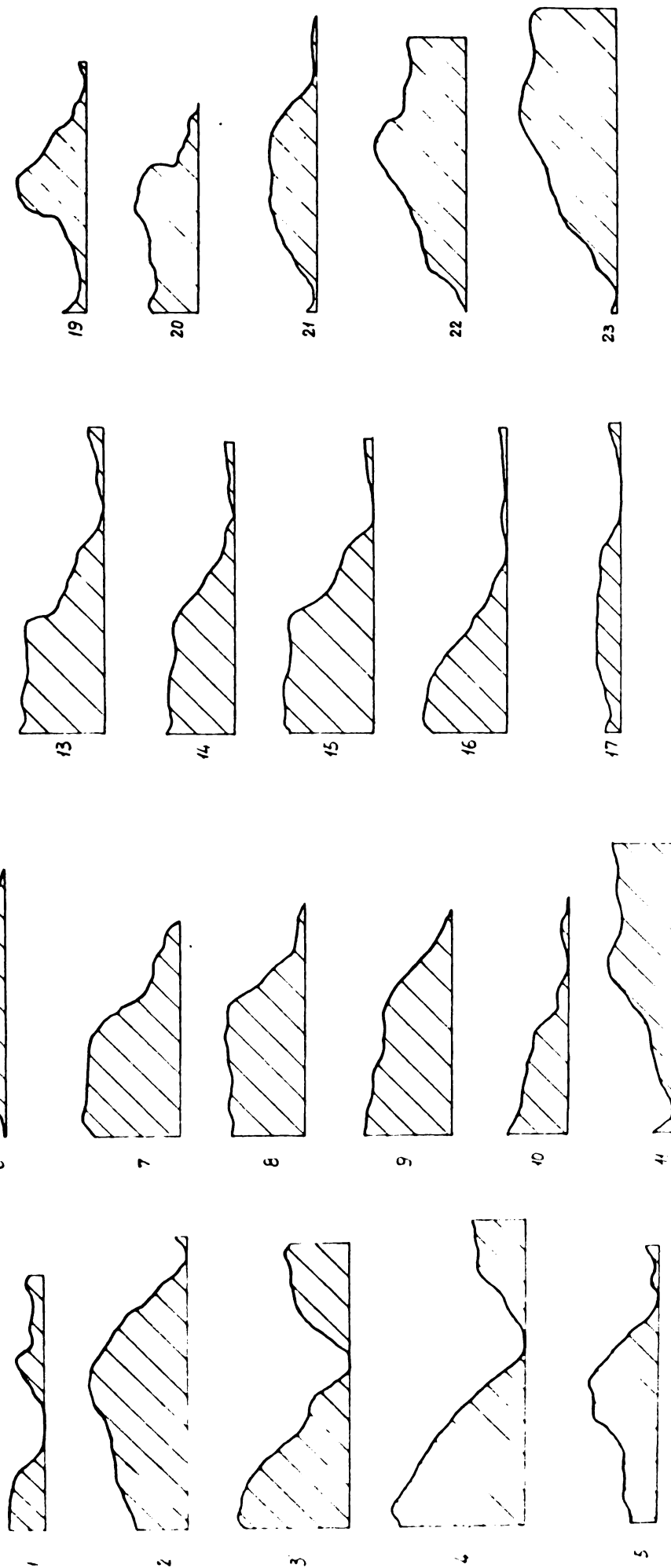
unde n = numărul profilogramelor

Tabela 8.2.1

Nr. crt.	Calitatea conductei	N	y_m	σ	h	Obs.
-	-	ani vechime	mm	-	mm	-
0	1	2	3	4	5	6
1	neagră	7,62	0,269	1,306	0,513	-
2	neagră	7,00	0,239	1,436	0,508	-
3	zincată	3,00	0,153	1,237	0,351	-
4	neagră	4,30	0,069	1,217	0,144	-
5	neagră	4,00	0,060	1,189	0,112	-

În continuare se va cerceta în ce măsură acești parametri au și o semnificație hidrolică.

RUGOZITATEA LA O CONDUCTĂ NEAGRĂ 2"
7,62 ANI VECHIME



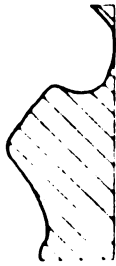
RUGOZITATEA LA CONDUCTĂ NEAGRĂ 2"
7 ANI VECHIME



1



2



3



4



5



6



7



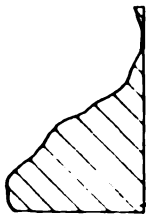
8



9



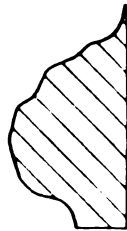
10



11



12



13



14



15

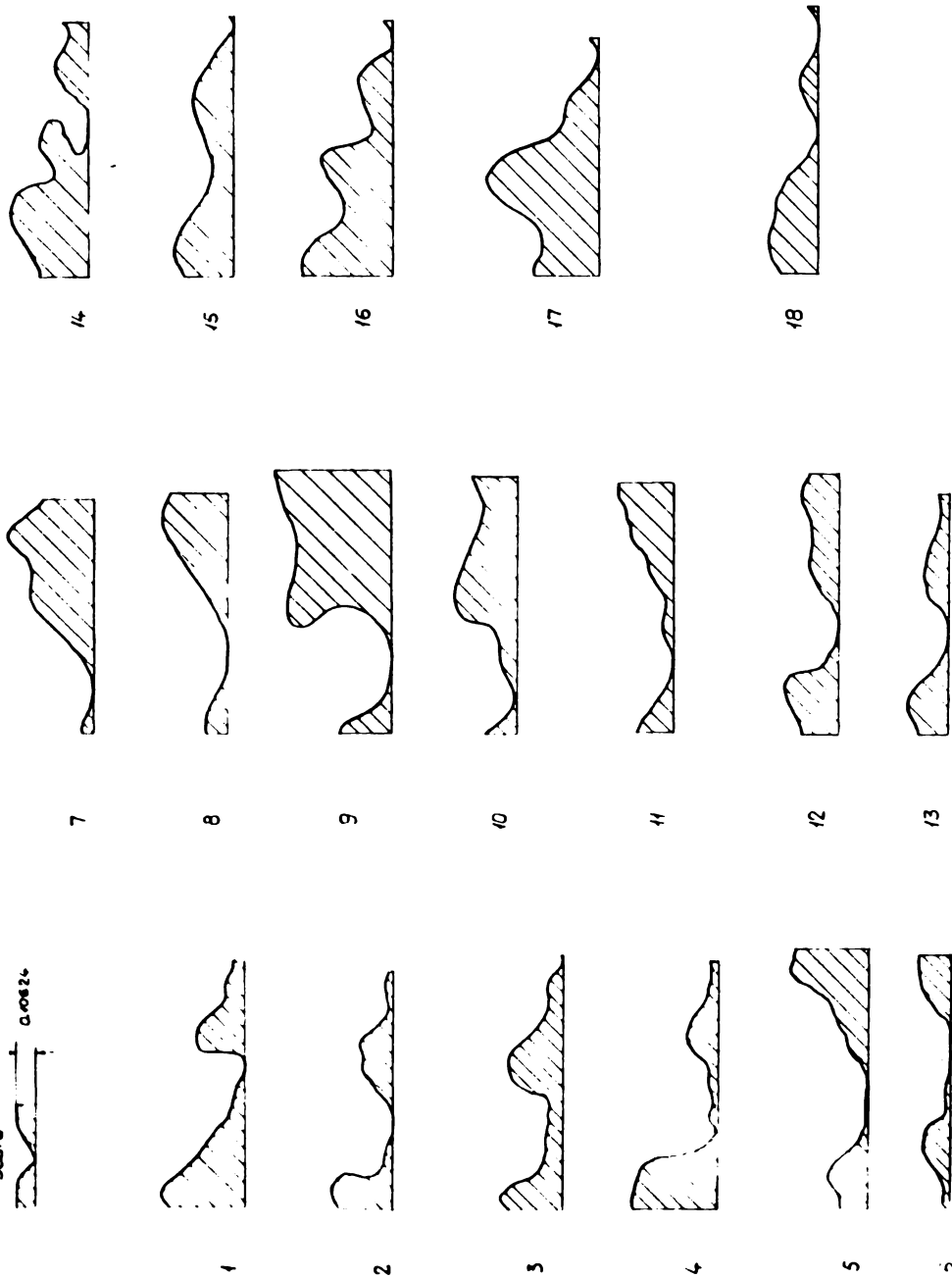
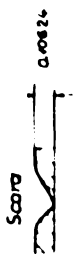


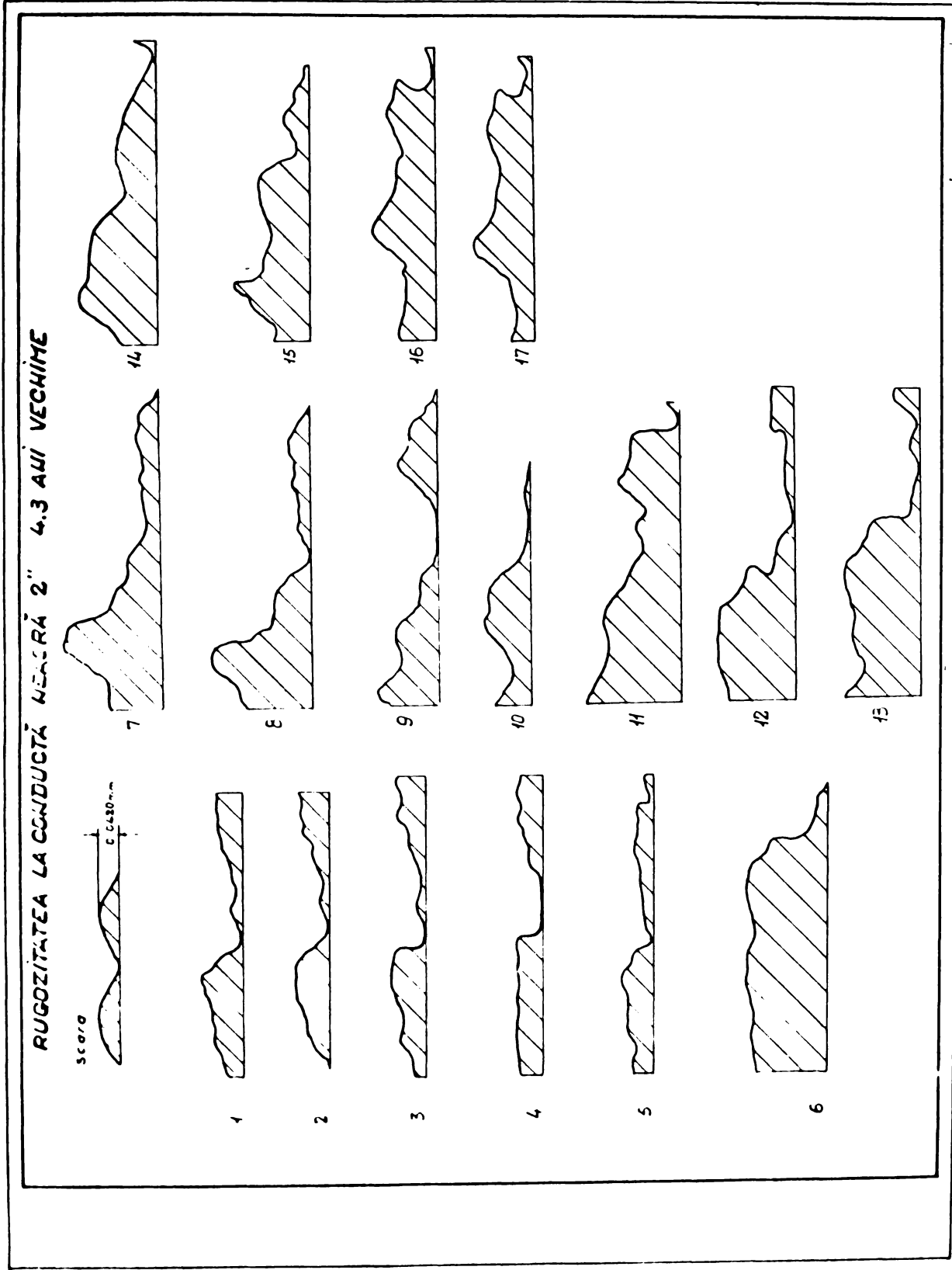
16



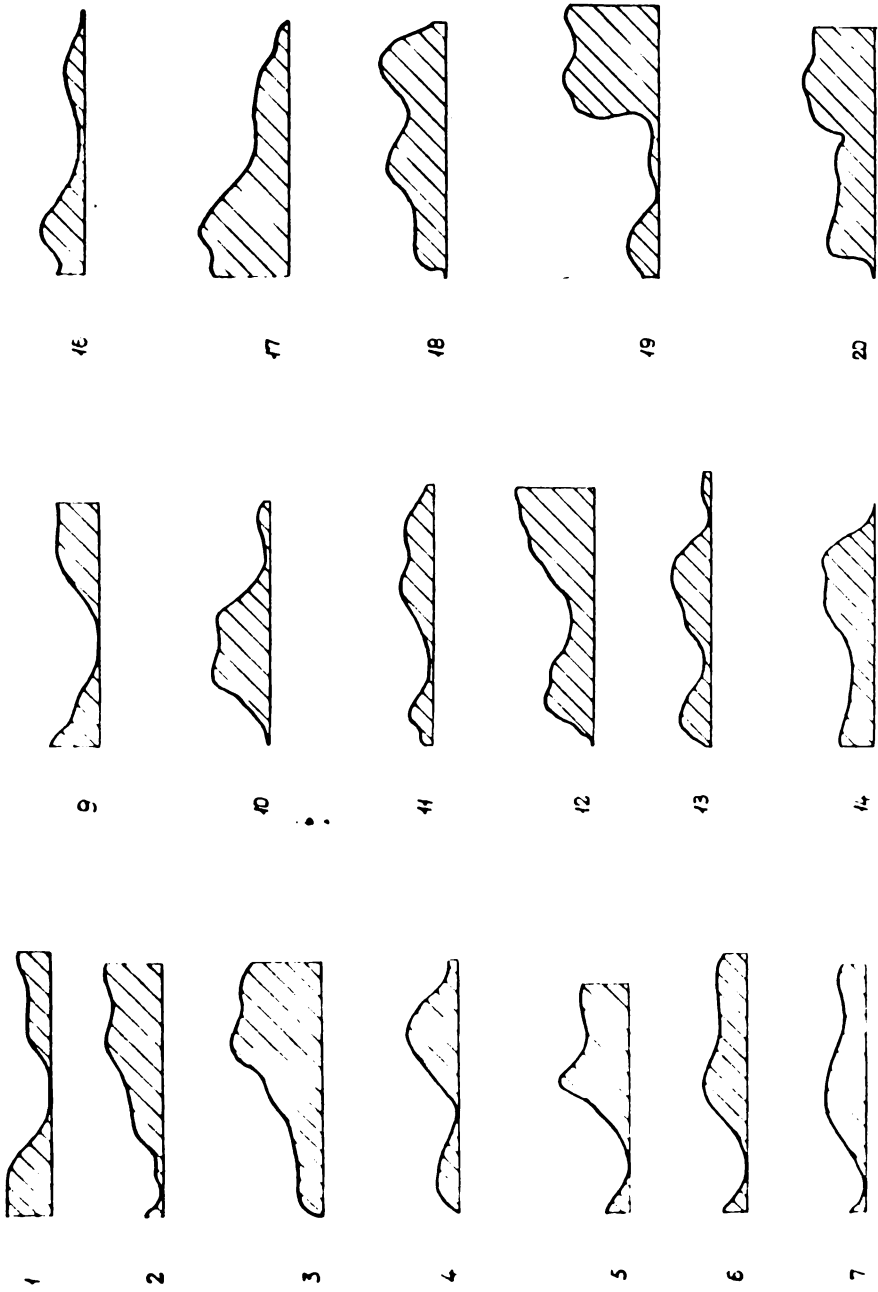
17

**RUGOZITATEA LA O CONDUCTĂ ZINCATĂ 2"
3 ANI VECHIME**





RUGOZITATE LA O CONDUCTĂ NEAGRĂ 2"
4 ANI VECHIME



9 Modelul matematic la conductele tehnice

ce transportă soluții de NaCl

Experiențele cu conducte tehnice (ce au rugozitatea naturală) au arătat că formula lui Colebrook - White

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(R_e \frac{2.51}{\sqrt{\lambda}} + \frac{k_e}{3.72 D} \right) \quad (9.1)$$

coincide foarte bine cu datele experimentale în întreaga zonă turbulentă.

Graficul acestei funcții cu excepția dreptei I. a lui Poiseuille reprezintă diagrama lui Moody (fig. 5.1).

Utilizarea acestei diagrame este evidentă. Cunoșcând natura materialului conductei și timpul ei de funcționare, se apreciază rugozitatea echivalentă k_e , deci și rugozitatea echivalentă relativă k_e/D . Aceasta precizează în diagramă o anumită curbă care dă pe λ în funcție de R_e .

Determinarea rugozității echivalente k_e este într-o anumită măsură subiectivă, deoarece trebuie apreciată intensitatea depunerilor sau a coroziunii, modul de montaj etc.

Luând ca referință modelul matematic concretizat prin formula Colebrook - White se vor cerceta relațiile cu privire la rugozitatea echivalentă. Aceasta se va defini cu parametrii prin care s-a descris geometria rugozității la conductele tehnice de 2", îmbinate prin sudură ce transportă soluții de NaCl.

9.1. Funcția de corelație :

Aplicarea metodei de analiză a corelației permite a studia dependența dintre două variabile, fiecare dintre ele fiind supusă la o împrăștiere aleatoare.

Atașând fiecărei valori a uneia dintre variabile media valorilor corespunzătoare ale celeilalte variabile, se obține funcții de regresie. În funcție de cum se ia valoarea medie teoretică sau valoarea medie empirică, se obține regresia teoretică sau regresia empirică. Măsura dependenței dintre mărimi este caracterizată prin coeficientul de corelație sau prin raportul de corelație. Corelația se numește liniară dacă ambele funcții de regresie sînt liniare și în acest caz curbele de regresie sînt drepte de regresie. Pantele acestor drepte se exprimă prin coeficientul de corelație.

Folosind datele experimentale obținute (cap.9) s-a studiat corelația dintre valorile rugozității echivalente k_e și a valorii lui y_m prin care s-a definit geometric rugozitatea propriu-zisă.

Cu aceste valori s-a calculat coeficientul empiric de corelație.

$$r = \frac{1}{S_{y_m} S_{k_e}} \cdot \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{m_i} - \bar{y}_m) (k_{e_i} - \bar{k}_e) \quad (9.1.1)$$

în care :

estimațiile nedepășate și consistente ale valorilor medii teoretice \bar{y}_m și \bar{k}_e sînt valorile medii empirice :

$$\bar{y}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{m_i} \quad (9.1.2)$$

$$\bar{k}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{e_i} \quad (9.1.3)$$

$i=1,2,3,4,5$

și estimațiile nedepășate și consistente ale dispersiilor sînt dispersiile empirice S_{y_m} și S_{k_e}

$$S_{y_m}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{m_i} - \bar{y}_m)^2 \quad (9.1.4)$$

$$S_{k_e}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_{e_i} - \bar{k}_e)^2 \quad (9.1.4')$$

$i=1,2,3,4,5$

obțin :

$$\bar{y}_m = 0,158 \quad (9.1.5)$$

$$\bar{k}_e = 0,9 \quad (9.1.6)$$

$$S_{y_m} = 0,096 \quad (9.1.7)$$

$$S_{k_e} = 0,537 \quad (9.1.8)$$

și

$$r = 0,994 \quad (9.1.9)$$

Cu cât coeficientul de corelație se apropie mai mult de 1 cu atât este mai strînsă dependența liniară între variabile, adică este cu atât mai mică (relativ) abaterea medie pătratică a reprezentării funcționale dintre variabile cu ajutorul unei funcții liniare de ceaaltă variabilă.

$$9.2. \quad k_e = k_e(y_m)$$

Dependența funcțională liniară a rugozității echivalente k_e față de parametrul y_m se reprezintă grafic printr-o dreaptă. Pentru determinarea parametrilor ei prin metoda celor mai mici pătrate se folosește proprietatea că dreapta trece prin punctul (\bar{k}_e, \bar{y}_m) de coordonate a mediilor aritmetice ale coordonatelor punctelor date.

Ecuatia dreptei fiind scrisă sub forma

$$k_e - \bar{k}_e = a(y_m - \bar{y}_m) \quad (9.2.1)$$

parametrul a se determină cu ajutorul relației

$$a = \frac{\overline{y_m \cdot k_e} - \bar{y}_m \cdot \bar{k}_e}{\overline{y_m^2} - (\bar{y}_m)^2} \quad (9.2.2)$$

Intrucît toate măsurătorile s-au făcut cu aceeași precizie formulele pentru obținerea parametrilor sînt :

$$\overline{y_m^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{m_i}^2 \quad (9.2.3)$$

$$\overline{y_m \cdot k_e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{m_i} \cdot k_{e_i} \quad (9.2.4)$$

$$i=1, 2, 3, 4, 5$$

Cu $\bar{y}_m = 0,158, \bar{k}_e = 0,9$ calculate anterior (cap. 9.1) și

y_m, k_e din tabela 8.1.1. și 8.2.1 rezultă :

$$\overline{y_m^2} = 0,032 \quad (9.2.5)$$

$$\overline{y_m \cdot k_e} = 0,183 \quad (9.2.6)$$

și

$$a = 5,7 \quad (9.2.7)$$

Inlocuind aceste valori în (9.2.1) obținem

$$k_e - 0,9 = 5,7(y_m - 0,158) \quad (9.2.8)$$

sau

$$k_e = 5,7 \cdot y_m \quad (9.2.9)$$

Tabelele rezultate se prezintă astfel :

Tabela 9.2.1

Nr. crt.	Calitatea conductei	an vechime	k_e mm	y_m mm	$k_x = \frac{k_e}{y_m}$	$k_{xM} = \frac{\sum k_{xi}}{5}$	$\frac{k_{xM} - k_x}{k_{xM}}$ %	OBS
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	neagră	7,62	1,50	0,269	5,6		1,75	
2	neagră	7,00	1,38	0,239	5,8	5,7	-1,75	
3	zincată	3,00	0,88	0,153	5,8		1,75	
4	neagră	4,30	0,40	0,069	5,8		-1,75	
5	neagră	4,00	0,34	0,060	5,7		0	

Prin cercetarea fizică și matematică a rugozității s-a reușit să se pună în evidență dependența liniară dintre rugozitatea echivalentă k_e și parametrul geometric al rugozității y_m .

În tabela 9.2.1 aceasta s-a concretizat prin punerea în evidență a constantei k_x .

Această constantă devine o caracteristică a rugozității specifice ce se instalează în conductele de 2" industriale îmbinate prin sudură, ce transportă soluții de NaCl.

Determinînd direct, în conductă parametrul geometric y_m se poate cunoaște imediat, fără măsurători hidraulice în laborator, efectul hidraulic pe care îl are acest fel de rugozitate.

În felul acesta k_x devine o constantă remarcabilă prin semnificația sa fiind puntea de legătură dintre "cauză" și "efect".

9.3. Ecuația rezistenței hidraulice

Relația criterială a pierderii de presiune în conducte :

$$Eu = \frac{1}{d} \lambda (R_e, K) \quad (9.3.1)$$

are valabilitate practică în funcție de cunoașterea ecuației coeficientului de rezistență.

$$\lambda = \lambda (R_e, K) \quad (9.3.2)$$

Prin eliminarea trecerii de la cazul particular al rugozității nisipului la rugozitatea tehnică a conductelor ce vehiculează soluții de NaCl, formula lui Colebrook și White valabilă în întreaga zonă turbulentă se transformă folosind relația (9.2.9).

$$k_e = 5,7 y_m$$

Înlocuind în relația C. V

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k_e}{3,72 \cdot D} \right) \quad (9.3.3)$$

se obține :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + 1,5 \frac{y_m}{D} \right) \quad (9.3.4)$$

$$\underline{9.4. k_e = k_e(N)}$$

Dependența liniară a rugozității echivalente de vechimea în exploatare a conductei este unanim acceptată. Pentru determinarea parametrilor acestei funcții,

$$k_e - \bar{k}_e = b(N - \bar{N}) \quad (9.4.1)$$

prin metoda celor mai mici pătrate se calculează coordonatele mediilor aritmetice,

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (9.4.2)$$

$$\bar{k}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{e_i} \quad (9.4.3)$$

$$i=1,2,3,4$$

Parametrul b se determină cu ajutorul relației

$$b = \frac{\overline{N \cdot k_e} - \bar{N} \cdot \bar{k}_e}{\overline{N^2} - (\bar{N})^2} \quad (9.4.4)$$

unde :

$$\overline{N \cdot k_e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \cdot k_{e_i} \quad (9.4.5)$$

$$\overline{N^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^2 \quad (9.4.6)$$

$$i=1,2,3,4$$

Cu valorile din tb.9.4.1

k_e (mm)	1,50	1,38	0,40	0,34
N (ani)	7,62	7,00	4,30	4,00

Tb.9.4.1

se obțin :

$$\bar{N} = 5,73$$

$$\bar{k}_e = 0,905$$

$$\bar{N}^2 = 35,389$$

$$\overline{N \cdot k_e} = 6,043$$

$$b = 0,335$$

rezultă :

$$k_e = 0,335 N - 1,015$$

relația funcțională dintre rugozitatea echivalentă și vechimea conductelor de 2" negre, ce transportă soluții de NaCl.

$$\text{Inlocuind pe } k_e \text{ cu relația echivalentă} \quad (9.2.9)$$

se obține :

$$y_m = 0,059 \cdot N - 0,178 \quad (9.4.8)$$

10. C O N C L U Z I I

Lucrarea reprezintă prima abordare sistematică a geometriei și hidraulice rugozității în conductele tehnice ce transportă soluții de NaCl .

Conductele de 2" îmbinate prin sudură sînt folosite în industria fermentativă a berei pentru transportul agentului secundar de răcire soluția de NaCl . Proiectarea și exploatarea acestor conducte componente a unei rețele frigorifice impun cunoașterea unor aspecte neelucidate în prezent în literatura de specialitate: rugozitatea echivalentă și variația în timp a acesteia .

Intreaga valabilitate aplicativă a teoriei rezistenței hidraulice longitudinale în conducte este dependentă de parametrul echivalent al rugozității nisipului . Parametrul de echivalență determinat deocamdată numai în laborator , pe cale hidraulică , pentru o rugozitate tehnică , se prezintă ca o deficiență a teoriei rezistenței hidraulice . Din acest punct de vedere pe linia cercetării fundamentale se necesită studierea relației între geometria rugozității și rezistența hidraulică a conductelor tehnice ce transportă soluții de NaCl .

Acestor probleme lucrarea de față la dă o rezolvare prin rezultatele experimentale și teoretice obținute .

Sistematizînd rezultatele obținute în cadrul lucrării se desprind următoarele contribuții :

A.) Determinarea pe cale experimentală a rugozității echivalente (k_e) la conductele tehnice ce transportă soluții de NaCl .

Prin măsurători hidraulice , folosind piezometre diferențiale cu Hg și prize de presiune cu cameră inelară, în rețeaua frigorifică a întreprinderii de bere Timișoara s-au determinat căderile longitudinale de presiune .

Rugozitatea echivalentă calculată în regimul turbulenței patrice cu relația Colebrook - White este următoarea :

Tb. 10 .1.

Calitatea x conduotei	neagră	neagră	zincată	neagră	neagră
k_e (mm)	1,5	1,38	0,88	0,40	0,34
$\frac{D}{k_e}$	33,67	36,96	59,88	125,00	145,88
N (ani)	7,62	7,00	3,00	4,30	4,00

x) Conductă neagră = țeavă din oțel carbon, nezincată.
Determinarea diametrelor interioare s-a făcut volumetric, prin umplerea cu apă a tronsonului de conductă, eroarea $\leq 0,5 \cdot 10^{-4} m$.

Pentru măsurarea debitului s-a folosit un ajutor "sfert de cerc" în execuția Uzinei Electropreciziei Săcele-secție Gheorgheni.

Etalonarea ajutorului s-a făcut pe un stand anume construit în Intreprinderea de bere Timișoara. Coeficientul de debit a fost determinat cu trei zecimale exacte ($\alpha = 0,830 \pm 0,0083$ pentru o probabilitate de 99,9 %).

Eroarea unei singure determinări a coeficientului de debit din girul de determinări nu a depășit 1,85 %.

B.) Elucidarea variației în timp a rugozității echivalente la conductele tehnice, îmbinate prin sudură, ce transportă soluții de NaCl.

Prin relație

$$k_e = 0,335 N + 1,015 \quad (10.1)$$

s-a concretizat dependența dintre rugozitatea echivalentă și durata de serviciu a conductei.

Coeficienții relației liniare (10.1) s-au determinat prin metoda celor mai mici pătrate.

C.) Elaborarea unei metode originale de obținere a profilogramei longitudinale a rugozității.

Folosind principiul secționării optice a microscopului Linnik-Schmeltz s-a conceput și pus la punct o metodă ce permite obținerea prin fotografiere a profilului longitudinal a rugozității într-o conductă. Prin mărirea la o scară convenabilă a acestei profilograme se pot măsura parametrii geometrici și rugozității.

D.) Elaborarea unui model matematic ce permite calculul coeficientului de rezistență longitudinală și cunoașterea directă a rugozității echivalente prin măsurarea geometriei rugozității.

Profilogramele obținute, pe conducte diferite din rețeaua frigorifică cu soluție de NaCl a întreprinderii de bere Timișoreana au permis investigarea geometriei rugozității.

S-a pus astfel în evidență un parametru y_m care, determinat statistic, devine caracteristica geometrică a rugozității.

Aplicând metoda de analiză a corelației și metoda celor mai mici pătrate s-a studiat dependența dintre k_e și y_m sub forma relației :

$$k_e = k_{\times} y_m \quad (10.2)$$

unde :

$$k_{\times} = 5,7 \quad (10.3)$$

În felul acesta prin cercetarea fizică și matematică a rugozității conductelor ce transportă soluții de NaCl s-a reușit reliefa dependenței liniare dintre rugozitatea echivalentă și parametrul geometric al rugozității y_m .

Constanta k_{\times} , ce nu a avut o abatere mai mare de 1,75% la 5 tipuri de conducte pe care s-au făcut măsurătorile, este o caracteristică a rugozității specifice studiate.

Determinînd direct în conductă parametrul geometric y_m se poate cunoaște imediat, fără măsurători hidraulice în laborator, efectul hidraulic pe care îl are acest fel de rugozitate.

Relația Colebrook-White a rezistenței hidraulice valabilă în toate fazele curgerii turbulente devine prin intermediul relației (10.2)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \left(\lg \frac{2,51}{R_e} + 1,5 \frac{y_m}{D} \right) \quad (10.4)$$

Acest model matematic permite calculul coeficientului de rezistență longitudinală prin măsurarea directă a geometriei rugozității.

Cercetările din prezenta lucrare pot constitui premisele pentru studiul în continuare a rugozității tehnice și a relației directe ce există între geometria acestora și efectul hidraulic ce-l determină. Se pot îmbunătăți, de asemenea, modelul matematic și experimental, prin perfecționarea metodelor de investigație, a aparatului și metodei de prelucrare .-

11. A n e x e

Anexa 7.1.2.2.2. Rezultate experimentale privind etalonarea ajutorului pentru măsurarea debitului.

Calculul coeficientului de debit s-a făcut cu relația :

$$\alpha_1 = \frac{Q_m}{A \cdot \sqrt{2g \left(\frac{\delta_m}{\delta_t} - 1 \right) h}} \quad d_0 = 26,31 \text{ mm} \quad A_0 = 5,437 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad V_{\text{vas etalonat}} = 0,06 \text{ l}$$

Mr. crt.	Parametrii soluție NaCl	Templere vas etalon	Cota piezometrică	Greutate spec. lichid manometric (Hg)	Debit măsurat	Coeficient debit	Ol
t	$\delta_{20^\circ\text{C}}$	T	h	δ_m	Q_m	α_1	
oC	gf/cm ³	sec	m col.Hg	gf/cm ³	10 ³ m ³ /s	-	
0	2	4	6	7	8	9	10
1.	1,106	30,0	0,240	13,574	3,333	0,8472	
2.	1,105	31,5	0,223	13,583	3,175	0,8328	
3.	1,105	34,0	0,197	13,583	2,941	0,8208	
4.	1,105	36,0	0,178	13,583	2,777	0,8153	
5.	1,124	36,5	0,153	13,528	2,597	0,8377	δ_m corect
6.	1,105	39,5	0,140	13,583	2,538	0,8382	toare te
7.	1,124	39,5	0,143	13,528	2,531	0,8439	raturii
8.	1,124	41,0	0,133	13,528	2,439	0,8432	
9.	1,105	42,0	0,122	13,583	2,361	0,8444	
10.	1,124	42,5	0,124	13,528	2,352	0,8421	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.	-1,9	1,105	1,110	43,0	25,8	0,116	13,583	2,326	0,8459	
12.	-8	1,122	1,140	45,0	27,0	0,114	13,546	2,222	0,8284	
13.	-11	1,124	1,142	45,5	27,3	0,114	13,528	2,198	0,8208	
14.	-8	1,122	1,140	46,0	27,6	0,109	13,546	2,174	0,8288	
15.	-11	1,124	1,142	47,5	28,5	0,100	13,528	2,105	0,8393	
16.	-1,9	1,105	1,110	50,0	30,0	0,090	13,583	2,000	0,8258	
17.	-11	1,124	1,142	51,0	30,6	0,091	13,528	1,961	0,8196	
18.	-11	1,124	1,142	51,0	31,2	0,086	13,528	1,923	0,8268	
19.	-7,4	1,125	1,142	54,0	32,4	0,080	13,549	1,852	0,8249	
20.	-7	1,131	1,145	56,5	33,9	0,073	13,552	1,770	0,8264	
21.	-7,4	1,125	1,142	58,0	34,8	0,072	13,549	1,724	0,8094	
22.	-7,4	1,125	1,142	59,0	35,4	0,067	13,549	1,695	0,8249	
23.	-1,9	1,105	1,110	61,5	36,9	0,062	13,583	1,626	0,8089	
24.	-7	1,131	1,145	61,0	36,6	0,062	13,552	1,639	0,8303	
25.	-7	1,131	1,145	79,0	74,4	0,037	13,552	1,266	0,8302	

anexa C.1.1.a. rezultate experimentale privind
determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență
longitudinală la conducte negre de 2" cu o vechime în
exploatare de 7,62 ani. Valori măsurate direct.

Nr. crt.	D a t a	Temperaturi		Cote piezometrice		Densi- tate sol. sare NaCl la 20°C g/cm ³	(T)
		t _{aer} °C	t _{sol} NaCl °C	h _{ajutaj} mm col Hg	H _{conductă} mm col Hg		
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	2.07.1977	5,5	-0,4	284	128	1,100	
2.	2.07.1977	5,5	-0,4	278	124	1,100	
3.	2.07.1977	5,5	-0,4	269	120	1,100	
4.	2.07.1977	5,5	-0,4	262	118	1,100	
5.	2.07.1977	5,5	-0,4	256	116	1,100	
6.	2.07.1977	5,5	-0,4	247	110	1,100	
7.	2.07.1977	5,5	-0,4	241	108	1,100	L=7,8 m t
8.	2.07.1977	5,5	-0,4	235	104	1,000	
9.	2.07.1977	5,5	-0,4	230	102	1,100	
10.	2.07.1977	5,5	-0,4	224	100	1,100	D =
11.	2.07.1977	5,5	-0,4	211	94	1,100	0,01 m
12.	2.07.1977	5,5	-0,4	206	92	1,100	m.
13.	2.07.1977	5,5	-0,4	200	90	1,100	
14.	2.07.1977	5,5	-0,4	192	86	1,100	
15.	2.07.1977	5,5	-0,4	181	82	1,100	
16.	2.07.1977	5,5	-0,4	170	77	1,100	
17.	2.07.1977	5,5	-0,4	161	72	1,100	
18.	2.07.1977	5,5	-0,4	151	68	1,100	
19.	2.07.1977	5,5	-0,4	141	64	1,100	
20.	2.07.1977	5,5	-0,4	134	60	1,100	
21.	2.07.1977	5,5	-0,4	126	56	1,100	
22.	2.07.1977	5,5	-0,4	119	53	1,100	
23.	2.07.1977	5,5	-0,4	115	50	1,100	
24.	2.07.1977	5,5	-0,4	108	48	1,100	
25.	2.07.1977	5,5	-0,4	102	46	1,100	
26.	2.07.1977	5,5	-0,4	92	41	1,100	

- 2 -

0	1	2	3	4	5	6	7
27.	2.07.1977	5,5	-0,4	84	38	1,100	
28.	2.07.1977	5,5	-0,4	71	32	1,100	
29.	2.07.1977	5,5	-0,4	66	30	1,100	
30.	2.07.1977	5,5	-0,4	57	26	1,100	
31.	2.07.1977	5,5	-0,4	46	22	1,100	
32.	2.07.1977	5,5	-0,4	40	22	1,100	

Anexa 8.1.1.1.b. Rezultate experimentale calculate pe baza anexei 8.1.1.1.a.

Nr. crt.	Parametrii soluție sare NaCl		γt	Densit. lichid piezom.	Cotă piez. ajut.	Debit sol. NaCl	Viteză solut. NaCl	Număr Reynolds	Cotă piez. cond.	Coef. pierd.	Rug. echiv.	OI
	t	$\rho_{20^\circ C}$										
$^\circ C$	g/cm^3	g/cm^3	m^2/s	ρ_{Hg}	h_{Hg}	Q	v	Re	H_{Hg}	λ	k_e	
0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,284	35,483	1,772	44968	0,128	0,058	1,5	
2.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,278	35,084	1,752	44460	0,124	0,057	1,5	
3.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,269	34,551	1,726	43800	0,120	0,057	1,5	
4.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,262	34,085	1,703	43217	0,118	0,058	1,5	
5.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,256	33,686	1,683	42709	0,116	0,058	1,5	$N=7,62$ ani
6.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,247	33,087	1,653	41948	0,110	0,057	1,5	$L_t=7,8$ m
7.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,241	32,687	1,633	41440	0,108	0,058	1,5	$D=0,0505$ r
8.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,235	32,288	1,613	40933	0,104	0,057	1,5	ρ_{Hg} coresp
9.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,230	31,955	1,596	40501	0,102	0,057	1,5	toare tem
0.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,224	31,556	1,576	39994	0,100	0,057	1,5	turii de
1.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,211	30,624	1,530	38927	0,094	0,057	1,5	
2.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,206	30,224	1,510	38319	0,092	0,057	1,5	
3.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,200	29,958	1,496	37964	0,090	0,057	1,5	
4.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,192	29,226	1,460	37050	0,086	0,057	1,5	
5.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,181	28,360	1,417	35959	0,082	0,058	1,5	
6.	-0,4	1,100	1,114	$1,99 \cdot 10^{-6}$	0,170	27,495	1,373	34842	0,077	0,058	1,5	

./.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,161	26,695	1,333	33827	0,072	0,058	1,5	
18.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,151	29,897	1,294	32838	0,068	0,058	1,5	
19.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,141	25,031	1,250	31,721	0,064	0,058	1,5	
20.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,134	24,432	1,220	30960	0,060	0,057	1,5	
21.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,126	23,700	1,184	30046	0,056	0,057	1,5	
22.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,119	22,968	1,147	29107	0,053	0,057	1,4	
23.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,115	22,635	1,131	28701	0,056	0,057	1,4	
24.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,108	21,969	1,097	27836	0,048	0,057	1,4	
25.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,102	21,303	1,064	27001	0,046	0,058	1,5	
26.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,092	20,172	1,008	25580	0,041	0,057	1,4	
27.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,084	19,306	0,964	24472	0,038	0,058	1,5	
28.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,071	17,703	0,885	22458	0,032	0,058	1,5	
29.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,066	17,109	0,855	21697	0,030	0,058	1,5	
30.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,057	15,911	0,795	20175	0,026	0,058	1,5	
31.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,046	14,247	0,712	18063	0,022	0,052		
32.	-0,4	1,100	1,114	1,99.10 ⁻⁶	13,5951	0,040	13,980	0,698	17713	0,022	0,054		

Anexa 8.1.2.a. Rezultate experimentale privind
determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență lon-
gitudinală la conducte negre de 2" cu o vechime în exploatare de
7 ani. Valori măsurate direct.

Nr. crt.	D a t a	Temperaturi		Coto piezometrice		Densit. soluție sare la 20°C g/cm ³	OBS.
		t _{aer} °C	t _{sare} °C	h _{ajutaj} mmcolHg	H _{conductă} mmcolHg		
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	16.12.1976	+4	-3	25	15	1,100	
2.	16.12.1976	+4	-3	27	16	1,100	
3.	16.12.1976	+4	-3	31	18	1,100	
4.	16.12.1976	+4	-3	35	20	1,100	
5.	16.12.1976	+4	-3	38	22	1,100	
6.	16.12.1976	+4	-3	40	23	1,100	
7.	16.12.1976	+4	-3	45	25	1,100	
8.	16.12.1976	+4	-3	49	27	1,100	L _t = 9,200 m
9.	16.12.1976	+4	-3	53	28	1,100	
10.	16.12.1976	+4	-3	64	34	1,100	D = 0,0510 m
11.	16.12.1976	+4	-3	68	36	1,100	
12.	16.12.1976	+4	-3	73	38	1,100	
13.	16.12.1976	+4	-3	79	40	1,100	
14.	16.12.1976	+4	-3	82	42	1,100	
15.	16.12.1976	+4	-3	88	43	1,100	
16.	16.12.1976	+4	-3	100	48	1,100	
17.	16.12.1976	+4	-3	103	50	1,100	
18.	16.12.1976	+4	-3	107	52	1,100	
19.	16.12.1976	+4	-3	112	55	1,100	
20.	16.12.1976	+4	-3	116	57	1,100	
21.	16.12.1976	+4	-3	121	59	1,100	

0	1	2	3	4	5	6	7
22.	16.12.1976	+4	-3	125	61	1,100	
23.	16.12.1976	+4	-3	132	64	1,100	
24.	16.12.1976	+4	-3	138	67	1,100	
25.	16.12.1976	+4	-3	145	70	1,100	
26.	16.12.1976	+4	-3	153	74	1,100	
27.	16.12.1976	+4	-3	159	77	1,100	
28.	16.12.1976	+4	-3	164	80	1,100	
29.	25.12.1976	+5	-2,4	194	94	1,115	
30.	25.12.1976	+5	-2,4	183	88	1,115	
31.	25.12.1976	+5	-2,4	176	85	1,115	
32.	25.12.1976	+5	-2,4	162	78	1,115	
33.	25.12.1976	+5	-2,4	152	73	1,115	
34.	25.12.1976	+5	-2,4	138	66	1,115	
35.	25.12.1976	+5	-2,4	109	53	1,115	
36.	25.12.1976	+5	-2,4	101	49	1,115	
37.	25.12.1976	+5	-2,4	76	38	1,115	
38.	25.12.1976	+5	-2,4	65	34	1,115	
39.	25.12.1976	+5	-2,4	54	29	1,115	
40.	25.12.1976	+5	-2,4	50	27	1,115	
41.	25.12.1976	+5	-2,4	38	22	1,115	
42.	25.12.1976	+5	-2,4	29	17	1,115	

Anexa 8.1.1.2.b. Rezultate experimentale calculate pe baza anexei 8.1.1.2.a.

Nr. crt.	Parametrii soluție sare NaCl		Densit. lichid piezom. (Hg)	Cotă piez. ajut.	Debit sol. sare NaCl	Viteză sol. sare NaCl	Numărul Reynolds	Cotă piez. cond.	Coef. pierd. long.	Rug. echiv.
	t°	ρ								
0	$^{\circ}\text{C}$	g/cm^3	ρ_{Hg}	h_{Hg}	Q	V	Re	H_{Hg}	λ	k_e
	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12
			g/cm^3	mcolHg	$10^4 \text{ m}^3/\text{s}$	m/s		mcolHg		mm
1.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,025	10,507	0,515	11673	0,015	0,069	
2.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,027	10,906	0,534	12104	0,016	0,068	
3.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,031	11,704	0,573	12988	0,018	0,067	
4.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,035	12,436	0,609	13804	0,020	0,066	
5.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,038	12,968	0,635	14393	0,022	0,066	N=7 ar
6.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,040	13,300	0,651	14756	0,023	0,066	$L_t=9,2$
7.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,045	14,098	0,690	15640	0,025	0,064	D=0,05
8.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,049	14,697	0,720	16320	0,027	0,063	
9.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,053	15,295	0,749	16977	0,028	0,061	
0.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,064	16,825	0,824	18677	0,034	0,061	cor
1.	-3	1,100	$1,115 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6}$	0,068	17,357	0,850	19267	0,036	0,061	zătoare perat

./.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
2. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,073	17,955	0,879	19924	0,038	0,060		
3. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,079	18,687	0,915	20740	0,040	0,059		
4. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,082	19,019	0,931	21103	0,042	0,059		
5. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,088	19,761	0,967	21919	0,043	0,056	1,4	
6. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,100	21,014	1,029	23324	0,048	0,055	1,3	
7. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,103	21,347	1,046	23709	0,050	0,056	1,4	
8. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,107	21,746	1,055	24140	0,052	0,056	1,4	
9. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,112	22,278	1,091	24729	0,055	0,056	1,4	
10. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,116	22,677	1,111	25183	0,057	0,056	1,4	
11. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,121	23,142	1,133	25681	0,059	0,056	1,4	
12. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,125	23,541	1,153	26135	0,061	0,056	1,4	
13. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,132	24,140	1,182	26792	0,064	0,056	1,4	
14. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,145	25,337	1,241	28129	0,070	0,055	1,3	
15. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,138	24,672	1,208	27381	0,067	0,056	1,4	
16. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,153	25,935	1,270	28787	0,074	0,056	1,4	
17. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,159	26,467	1,296	29376	0,077	0,056	1,4	
18. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,164	26,933	1,319	29897	0,080	0,056	1,4	
19. -3	1,100	1,115	2,25.10 ⁻⁶	13,5951	0,194	29,150	1,428	32368	0,094	0,056	1,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,183	28,289	1,386	31416	0,088	0,055	1,3	
1.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,176	27,759	1,360	30827	0,085	0,056	1,4	
2.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,162	26,632	1,304	29557	0,078	0,055	1,3	
3.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,152	25,771	1,262	28605	0,073	0,056	1,4	
4.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,130	24,579	1,204	27291	0,066	0,055	1,3	
5.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,109	21,052	1,071	24276	0,053	0,056	1,4	
6.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,101	21,057	1,032	23392	0,049	0,056	1,4	
7.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,076	16,205	0,895	20309	0,030	0,057		
8.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,065	16,594	0,827	18745	0,034	0,060		
9.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,054	15,370	0,753	17068	0,029	0,062		
0.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,050	14,840	0,727	16479	0,027	0,062		
1.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,038	12,919	0,633	14348	0,022	0,066		
2.	-2,4	1,115	1,124	13,5951	0,029	11,262	0,552	12512	0,017	0,067		

Anexa 8.1.3.a. Rezultate experimentale privind
determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență
longitudinală la conducte zincate de 2" cu o vechime în
exploatare de 3 ani
Valori măsurate direct.

Nr. crt.	D a t a	Temperaturi		Cote piezometrice		Densit. soluție sare 20°C $\rho_{20^\circ\text{C}}$ g/cm ³	OBS.
		t _{aer} °C	t _{saramură} °C	h _{ajut.} mmcol Hg.	H _{cond.} mmcol Hg.		
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	9.10.1976	+2,8	-6,4	117	55	1,125	
2.	9.10.1976	+2,8	-6,4	115	53	1,125	
3.	9.10.1976	+2,8	-6,4	105	49	1,125	
4.	9.10.1976	+2,8	-6,4	98	46	1,125	
5.	9.10.1976	+2,8	-6,4	95	45	1,125	
6.	9.10.1976	+2,8	-6,4	93	44	1,125	L _t =12,060 m
7.	9.10.1976	+2,8	-6,4	87	40	1,125	
8.	9.10.1976	+2,8	-6,4	79	37	1,125	D =
9.	9.10.1976	+2,8	-6,4	75	35	1,125	0,0527 m
10.	9.10.1976	+2,8	-6,4	69	32	1,125	
11.	9.10.1976	+2,8	-6,4	65	30	1,125	
12.	9.10.1976	+2,8	-6,4	57	27	1,125	
13.	9.10.1976	+2,8	-6,4	56	27	1,125	
14.	9.10.1976	+2,8	-6,4	47	23	1,125	
15.	9.10.1976	+2,8	-6,4	38	19	1,125	
16.	9.10.1976	+2,8	-6,4	29	15	1,125	
17.	9.10.1976	+2,8	-6,4	20	11	1,125	

Anexa 6.1.3.b. Rezultate experimentale calculate pe baza anexei 8.1.3.a.

Ort.	Mr.	Parametrii soluție sare NaCl		temperatura	Densitate lichid piezom. (Hg)	Cotă piez. ajutor.	Debit sol. sare NaCl	Vit. sol. sare NaCl	Numărul Reynolds	Cotă piez. cond.	Coef. pierd. long.	Rugozit. echiv.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
t°	ρ_{20°	$\rho_{t^\circ C}$	γ_t	ρ_{Hg}	h_{Hg}	Q	V	Re	$\frac{h_{Hg}}{\rho_{CO_2}}$	λ	k	e
°C	g/cm ³	g/cm ³	m ² /s	g/cm ³	mcolHg	10 ³ m ³ /s	m/s		Hg		mm	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	
1.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,117	22,505	1,032	19507	0,055	0,048	0,9
2.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,115	22,308	1,023	19337	0,053	0,048	0,9
3.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,105	21,321	0,978	18486	0,049	0,048	0,9
4.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,098	20,597	0,945	17863	0,046	0,048	0,9
5.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,095	20,268	0,930	17579	0,045	0,049	0,9
6.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,093	20,071	0,921	17409	0,044	0,049	0,9
7.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,087	19,413	0,891	16842	0,040	0,047	0,8
8.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,079	18,491	0,848	16029	0,037	0,048	0,9
9.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,075	18,031	0,827	15632	0,035	0,048	0,9
10.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,069	17,307	0,794	15008	0,032	0,048	0,9
11.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,065	16,780	0,770	14555	0,030	0,047	0,8
12.	-6,4	1,125	11138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,057	15,727	0,721	13629	0,027	0,049	0,9

./.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,056	15,596	0,715	13515	0,027	0,050	
14.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,047	14,280	0,655	12381	0,023	0,050	
15.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,038	12,832	0,589	11134	0,019	0,051	
16.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,029	11,187	0,505	9546	0,015	0,055	
17.	-6,4	1,125	1,138	2,788.10 ⁻⁶	13,5951	0,020	9,279	0,426	8052	0,011	0,057	

Anexa 8.1.4.a. Rezultate experimentale privind determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență longitudinală la conducte negre de 2" cu o vechime în exploatare de 4,3 ani.

Valori măsurate direct.

Nr. crt.	Data	Temperaturi		Cote piezometrice		Densitate soluție sare NaCl la 20°C	OBS.
		t_{aer} °C	$t_{\text{sol NaCl}}$ °C	$h_{\text{ajut.}}$ mmcol Hg.	$H_{\text{cond.}}$ mmcol Hg.	$\rho_{20^\circ\text{C}}$ g/cm ³	
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	12.07.1977	+3,5	-2	264	95	1,100	
2.	12.07.1977	+3,5	-2	258	90	1,100	
3.	12.07.1977	+3,5	-2	245	86	1,100	
4.	12.07.1977	+3,5	-2	237	81	1,100	
5.	12.07.1977	+3,5	-2	225	78	1,100	
6.	12.07.1977	+3,5	-2	218	75	1,100	$L_t =$
7.	12.07.1977	+3,5	-2	210	72	1,100	8,91 m
8.	12.07.1977	+3,5	-2	200	69	1,100	$D =$
9.	12.07.1977	+3,5	-2	192	66	1,100	0,050 m
10.	12.07.1977	+3,5	-2	184	63	1,100	
11.	12.07.1977	+3,5	-2	172	60	1,100	
12.	12.07.1977	+3,5	-2	164	56	1,100	
13.	12.07.1977	+3,5	-2	153	53	1,100	
14.	12.07.1977	+3,5	-2	144	49	1,100	
15.	12.07.1977	+3,5	-2	136	46	1,100	
16.	12.07.1977	+3,5	-2	128	44	1,100	
17.	12.07.1977	+3,5	-2	123	42	1,100	
18.	12.07.1977	+3,5	-2	119	41	1,100	
19.	12.07.1977	+3,5	-2	104	36	1,100	
20.	12.07.1977	+3,5	-2	95	34	1,100	
21.	12.07.1977	+3,5	-2	91	32	1,100	
22.	12.07.1977	+3,5	-2	85	30	1,100	
23.	12.07.1977	+3,5	-2	75	26	1,100	
24.	12.07.1977	+3,5	-2	65	24	1,100	
25.	12.07.1977	+3,5	-2	47	18	1,100	
26.	12.07.1977	+3,5	-2	39	15	1,100	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,153	26,004	1,325	31176	0,053	0,037	0,39	
14.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,144	25,206	1,284	30212	0,049	0,037	0,39	
15.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,136	24,541	1,250	29412	0,047	0,037	0,38	
16.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,128	23,809	1,213	28541	0,044	0,037	0,38	
17.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,123	23,343	1,189	27976	0,042	0,037	0,38	
18.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,119	22,944	1,169	27506	0,041	0,037	0,37	
19.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,104	21,415	1,091	25671	0,036	0,037	0,37	
20.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,095	20,484	1,044	24565	0,034	0,038	0,41	
21.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,091	20,085	1,023	24071	0,032	0,038	0,41	
22.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,085	19,353	0,956	23200	0,030	0,038	0,41	
23.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,075	18,223	0,929	21859	0,026	0,037		
24.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,065	16,959	0,864	20329	0,024	0,039		
25.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,027	14,432	0,735	17294	0,018	0,041		
26.	-2,0	1,100	1,116	$2,125 \cdot 10^{-6}$	13,5951	0,039	13,102	0,668	15718	0,015	0,041		

Anexa 8.1.5.a. Rezultate experimentale privind determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență longitudinală la conducte negre de 2" cu o vechime în exploatare de 4 ani.

Valori măsurate direct.

Nr. crt.	D a t a	Temperaturi		Cote piezometrice		Densit. soluție sare 20°C	OBS.
		t _{aer} °C	t _{saram.} °C	h _{ajut.} mmcolHg	H _{cond.} mmcolHg	$\rho_{20^\circ\text{C}}$ g/cm ³	
0	1	2	3	4	5	6	7
1.	26.03.1977	+2,2	-3,6	171	59	1,095	
2.	26.03.1977	+2,2	-3,6	168	58	1,095	
3.	26.03.1977	+2,2	-3,6	165	56	1,095	
4.	26.03.1977	+2,2	-3,6	161	55	1,095	
5.	26.03.1977	+2,2	-3,6	155	53	1,095	
6.	26.03.1977	+2,2	-3,6	151	52	1,095	L _t =8,752 m
7.	26.03.1977	+2,2	-3,6	149	50	1,095	D=0,0496 m
8.	26.03.1977	+2,2	-3,6	146	50	1,095	
9.	26.03.1977	+2,2	-3,6	141	48	1,095	
10.	26.03.1977	+2,2	-3,6	130	43	1,095	
11.	26.03.1977	+2,2	-3,6	117	40	1,095	
12.	26.03.1977	+2,2	-3,6	99	34	1,095	
13.	26.03.1977	+2,2	-3,6	85	30	1,095	
14.	26.03.1977	+2,2	-3,6	70	25	1,095	
15.	26.03.1977	+2,2	-3,6	53	20	1,095	
16.	26.03.1977	+2,2	-3,6	43	17	1,095	
17.	26.03.1977	+2,2	-3,6	41	16	1,095	

Anexa 8.1.5.b. Rezultate experimentale calculate pe baza anexei 8.1.5.a.

Mr. crt.	Parametrii soluție sare NaCl		Densitate lichid piezom. (Hg)		Cotă piezom. ajutoraj	Debit sol. sare NaCl	Viteză sol. sare NaCl	Numărul Reynolds	Cotă piez. cond.	Coef. pierd. longit.	Rug. echiv.	O
t°	$\rho_{20^{\circ}}$	ρ_t	γ_t	ρ_{Hg}	h_{Hg}	Q	V	Re	H_{Hg}	λ	k_e	
$^{\circ}C$	g/cm^3	g/cm^3	$m^2/3$	g/cm^3	$mmolHg$	$10^{-3} m^3/s$	m/s	-	$mmolHg$	-	mm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	27,495	1,424	30968	0,059	0,036	0,35	
2.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	27,220	1,410	30673	0,059	0,036	0,35	
3.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	27,029	1,399	30434	0,056	0,036	0,35	
4.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	26,696	1,382	30064	0,055	0,036	0,35	
5.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	26,163	1,355	29477	0,053	0,036	0,35	
6.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	25,830	1,337	29085	0,052	0,036	0,35	
7.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	25,697	1,331	28955	0,050	0,035	0,31	N=4 a.
8.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	25,431	1,317	28650	0,050	0,036	0,35	$L_t = 0,3$
9.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	24,965	1,293	28128	0,048	0,036	0,34	
10.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	23,966	1,241	26997	0,043	0,035	0,30	D=0,0
11.	-3,6	1,095	1,114	$2,28 \cdot 10^{-6}$	13,5951	22,768	1,179	25648	0,040	0,036	0,34	

./.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,099	20,971	1,086	23625	0,034	0,036	0,33	cores
3.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,085	19,373	1,003	21819	0,030	0,037	0,35	zătoare
4.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,070	17,575	0,910	19796	0,025	0,038		peratur
5.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,053	15,312	0,793	17251	0,020	0,040		de 0°C.
6.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,043	13,781	0,714	15532	0,017	0,041		
7.	-3,6	1,114	2,28.10 ⁻⁶	13,5951	0,041	13,514	0,700	15228	0,016	0,041		

Anexa 8.2.1. Parametrii geometrici ai rugozității
conductei negre 2" de 7,62 ani vechime. Dimensiunile
se măsoară direct pe planșa de la cap.8.2.

Nr. crt.	l mm	L mm	σ —	A mm ²	y_m mm	h mm
0	1	2	3	4	5	6
1.	1,714	2,097	1,223	0,205	0,120	0,242
2.	1,976	2,460	1,245	0,775	0,392	0,645
3.	1,916	2,581	1,347	0,718	0,375	0,746
4.	2,057	2,823	1,372	0,826	0,402	0,907
5.	1,875	2,622	1,398	0,469	0,250	0,464
6.	1,775	2,420	1,363	0,389	0,219	0,464
7.	1,412	1,976	1,399	0,625	0,443	0,645
8.	1,533	2,057	1,342	0,591	0,386	0,524
9.	1,472	1,896	1,238	0,566	0,384	0,585
10.	1,512	1,855	1,227	0,250	0,165	0,585
11.	1,916	2,460	1,284	0,505	0,264	0,444
12.	2,117	2,622	1,238	0,328	0,155	0,363
13.	1,996	2,460	1,232	0,527	0,264	0,544
14.	1,916	2,259	1,179	0,457	0,238	0,464
15.	1,916	2,380	1,242	0,584	0,305	0,585
16.	1,996	2,420	1,212	0,426	0,213	0,585
17.	2,017	2,259	1,120	0,184	0,091	0,161
18.	1,492	1,734	1,162	0,327	0,219	0,383
19.	1,633	2,380	1,457	0,257	0,157	0,464
20.	1,371	1,936	1,412	0,366	0,267	0,423
21.	1,916	2,702	1,410	0,357	0,186	0,323
22.	1,815	2,662	1,467	0,628	0,346	0,605
23.	2,017	2,944	1,460	0,772	0,383	0,645
Σ	41,360	54,005		11,132		11,796
\bar{x}	1,798	2,348		0,484		0,514
$y_m = \bar{A}/\bar{l} = 0,484/1,798 = 0,269$						
$\sigma = \bar{L}/\bar{l} = 2,348/1,798 = 1,306$						

Anexa 8.2.2. Parametrii geometrici ai rugozității conductei negre 2" de 7 ani vechime. Dimensiunile se măsoară direct pe planșa de la cap.8.2.

Nr. crt.	l mm	L mm	\checkmark -	A mm ²	y_m mm	λ mm
0	1	2	3	4	5	6
1.	1,180	1,810	1,534	0,210	0,178	0,531
2.	1,200	1,613	1,344	0,251	0,209	0,511
3.	1,239	1,653	1,334	0,337	0,272	0,531
4.	1,200	2,125	1,771	0,265	0,221	0,393
5.	1,161	1,653	1,424	0,339	0,292	0,472
6.	1,220	1,574	1,290	0,217	0,178	0,315
7.	1,200	1,613	1,344	0,270	0,225	0,354
8.	1,141	1,771	1,552	0,291	0,255	0,452
9.	1,239	1,653	1,334	0,233	0,188	0,511
10.	0,984	1,298	1,319	0,230	0,234	0,413
11.	0,984	1,259	1,279	0,315	0,320	0,669
12.	1,220	1,456	1,193	0,149	0,122	0,315
13.	1,062	1,456	1,352	0,380	0,353	0,551
14.	1,180	2,636	2,234	0,392	0,332	0,787
15.	1,121	1,653	1,475	0,318	0,284	0,787
16.	1,259	1,672	1,328	0,236	0,187	0,531
17.	1,239	1,594	1,286	0,307	0,248	0,511
Σ	19,829	28,469		4,740		8,634
\bar{x}	1,166	1,675		0,279		0,508

$$\checkmark = \bar{L}/\bar{l} = 1,675/1,166 = 1,436$$

$$y_m = \bar{A}/\bar{l} = 0,279/1,166 = 0,239$$

Anexa 8.2.3. Parametrii geometrici ai rugozității conductei zincate 2" de 3 ani vechime. Dimensiunile se măsoară direct pe planșa de la cap.8.2.

Nr. crt.	l mm	L mm	σ -	A mm ²	y_m mm	h mm
0	1	2	3	4	5	6
1.	1,220	1,613	1,322	0,192	0,157	0,413
2.	1,180	1,515	1,284	0,123	0,104	0,315
3.	1,259	1,613	1,281	0,178	0,141	0,315
4.	1,200	1,554	1,295	0,154	0,128	0,413
5.	1,279	1,554	1,215	0,182	0,142	0,393
6.	1,239	1,397	1,127	0,079	0,064	0,157
7.	1,141	1,416	1,241	0,219	0,192	0,413
8.	1,180	1,298	1,100	0,166	0,141	0,315
9.	1,279	1,928	1,507	0,363	0,284	0,571
10.	1,259	1,479	1,172	0,209	0,166	0,315
11.	1,220	1,338	1,097	0,131	0,107	0,275
12.	1,279	1,495	1,169	0,168	0,131	0,275
13.	1,180	1,318	1,117	0,098	0,083	0,197
14.	1,239	1,928	1,556	0,270	0,218	0,393
15.	1,279	1,377	1,077	0,156	0,200	0,295
16.	1,239	1,574	1,270	0,277	0,224	0,452
17.	1,161	1,495	1,288	0,312	0,269	0,551
18.	1,298	1,377	1,061	0,112	0,086	0,256
Σ	22,131	27,266		3,389		6,314
\bar{x}	1,229	1,515		0,188		0,351
$\sigma = I/l = 1,515/1,229 = 1,237$ $y_m = A/l = 0,188/1,229 = 0,153$						

VERIFICAT
 11.11.2011
 INGINERUL

Anexa 8.2.4. Parametrii geometrici ai rugozității conductei negre 2" de 4,3 ani vechime. Dimensiunile se măsoară direct pe planșa de la cap.8.2.

Nr. crt.	l mm	L mm	σ -	A mm ²	y _m mm	h mm
0	1	2	3	4	5	6
1.	0,630	0,714	1,133	0,025	0,040	0,091
2.	0,609	0,700	1,149	0,025	0,041	0,077
3.	0,665	0,770	1,158	0,026	0,039	0,077
4.	0,658	0,742	1,128	0,025	0,038	0,070
5.	0,658	0,756	1,149	0,024	0,036	0,070
6.	0,637	0,770	1,209	0,090	0,141	0,175
7.	0,700	0,882	1,260	0,054	0,077	0,217
8.	0,665	0,882	1,326	0,046	0,069	0,217
9.	0,693	0,714	1,030	0,030	0,043	0,140
10.	0,511	0,616	1,205	0,023	0,045	0,105
11.	0,504	0,714	1,417	0,076	0,151	0,210
12.	0,686	0,784	1,143	0,054	0,079	0,238
13.	0,686	0,895	1,305	0,063	0,092	0,168
14.	0,658	0,854	1,298	0,061	0,093	0,160
15.	0,602	0,784	1,302	0,044	0,073	0,161
16.	0,637	0,812	1,275	0,048	0,075	0,140
17.	0,616	0,770	1,250	0,039	0,063	0,126
Σ	10,815	13,159		0,753		2,451
\bar{x}	0,636	0,774		0,044		0,144
$\sigma = \bar{l}/\bar{l} = 0,774/0,636 = 1,217$						
$\gamma = \bar{A}/\bar{l} = 0,044/0,636 = 0,069$						

Anexa 8.2.5. Parametrii geometrici ai rugozității conductei de 2" neagră, de 4 ani vechime. Dimensiunile se măsoară direct pe planșa de la cap.8.2.

Nr. crt.	l mm	L mm	$\sqrt{}$ -	A mm ²	y_m mm	h mm
0	1	2	3	4	5	6
1.	0,494	0,561	1,136	0,0204	0,0413	0,083
2.	0,470	0,530	1,128	0,0341	0,0725	0,106
3.	0,470	0,530	1,128	0,0471	0,1002	0,167
4.	0,470	0,576	1,225	0,0219	0,0466	0,098
5.	0,432	0,530	1,227	0,0240	0,0556	0,129
6.	0,477	0,545	1,143	0,0274	0,0574	0,083
7.	0,462	0,530	1,147	0,0239	0,0517	0,083
8.	0,447	0,530	1,186	0,0265	0,1156	0,091
9.	0,454	0,523	1,152	0,0180	0,0396	0,091
10.	0,454	0,561	1,236	0,0211	0,0465	0,106
11.	0,477	0,545	1,143	0,0153	0,0321	0,061
12.	0,477	0,576	1,207	0,0368	0,0771	0,152
13.	0,477	0,621	1,302	0,0190	0,0398	0,076
14.	0,454	0,530	1,167	0,0315	0,0694	0,098
15.	0,492	0,561	1,140	0,0329	0,0669	0,121
16.	0,485	0,530	1,093	0,0125	0,0258	0,083
17.	0,470	0,530	1,127	0,0395	0,0840	0,167
18.	0,470	0,606	1,289	0,0358	0,0762	0,129
19.	0,492	0,667	1,356	0,0385	0,0782	0,182
20.	0,462	0,583	1,262	0,0361	0,0781	0,136
Σ	9,386	11,165		0,5623		2,242
\bar{x}	0,469	0,558		0,0281		
$\sqrt{}$	$= 1/1 = 1,109$					
y_m	$= \frac{A}{l} = 0,0281/0,462 = 0,060$					

12 C U P R I N S

1. Introducere
2. Notatii și simboluri
3. Oportunitatea abordării cercetărilor
 - 3.1. Instalații frigorifice cu circuit secundar de răcire și agent intermediar soluția ClNa.
 - 3.2. Descriere,funcționalitate.
 - 3.3. Problemele hidraulice ale rețelei cu soluție de NaCl.
4. Problematika conductelor hidraulice ce transportă soluții de NaCl.
5. Studiul problemei în literatura de specialitate
 - 5.1. Relații cunoscute pentru determinarea coeficientului λ de rezistență longitudinală.
 - 5.2. Considerații critice.
6. Modelul fizic
7. Programul experimental
 - 7.1. Determinarea hidraulică a coeficientului λ de rezistență longitudinală,la conducte ce transportă soluții de NaCl.
 - 7.1.1. Proprietățile fizico-chimice ale soluției de NaCl.
 - 7.1.2. Măsurarea debitului cu dispozitiv de strângulare
 - 7.1.2.1. Fișa de calcul pentru bucla de măsurat debitul cu dispozitiv de strângulare în execuție Electroprecizia Săcole - secția Gheorghieni.

7.1.2.2. Determinarea experimentală a coeficientului de debit.

7.1.2.2.1. Standul de încercare.

7.1.2.2.2. Rezultatele experimentale.

7.1.2.3.3. Calculul erorii de măsurare a coeficientului de debit.

7.2. Geometria rugozității

7.2.1. Definiția rugozității

7.2.2. Metoda și instrumentul de măsură pentru caracterizarea geometriei (Microscopul, Linnik - Schmaltz).

8. Rezultate experimentale.

8.1. Curbele $\lambda = \lambda(R_e, k_e)$ pentru conducte de 2" industriale de diverse vechimi.

8.2. Profilogramele rugozităților.

9. Modelul matematic la conductele tehnice ce transportă soluții de NaCl.

9.1. Funcția de corelație.

9.2. $k_e = k_e(y_m)$

9.3. Ecuația rezistenței hidraulice

9.4. $k_e = k_e(N)$

10. Concluzii

11. Anexe

12. Cuprins

13. Bibliografie selectivă

13. Bibliografie selectivă

1. Abramov N.N. Teoria i metodika rasciotsa sistem podaci i raspredeleniia vodi .
Izdatelstvo literaturî po stroitelstvu
Moskva 1972 .
2. Altgul A.D. "O turbulentom dvijenii jidkosti v gladkih trubah "
DAH - SSSR 1950 tom 75 no. 5
3. Altgul A.D. "Ghidravlicheskie poteri na trenie v truboprovoda "
Gosudarstvonce Enegeticeskoe izdatelstvo
Moskva Leningrad 1963.
4. Anton I. Influența parametrilor geometrici și cinematici asupra caracteristicilor energetice și gravitaționale ale turbinelor axiale I + II .
Studii și cercetări de mecanică aplicată .
Tom 3o nr 3,4 1971
5. V.Anton, M.Popovici "Hidraulica și mașini hidraulice "
I.P.T. 1968
6. Bäckström Emblik " KULTETECHNIK "
Verlag GBraun . Karlsruhe - 1965
7. Betterman E. "Contribution a l'etude de la convection force turbulente le long des plaques rugueuses "
International journ of Heat and Mass Transfer
vol .9 no. 3 - 1966 .
8. Böbler E. "Zum Rauhigkeitverhalten von Wasserleitungsrohren im Betrieb "
Wasser Wirtschaft Technik H 6 - 1963
9. Bogomolov A.I. , Mihailov K.A. "Ghidravlika "
Stroiizdat Moskva 1972 .
10. Brădeanu P. "Mecanica fluidelor "
Ed. Tehnică București - 1973
11. Burducea C. , Irca A. " Conducte și rețele termice "
Ed. Tehnică București - 1974 .

12. Carabogdan I.Gh., A. Bădea , L. Ionescu , A. Leca , V. Ghis ,
I. Nistor , I. Cosarveng .
"Instalații termice industriale "
Ed. tehnică București 1978
13. Carlie M " Hydraulique generale et appliquees "
Eyrolles , Paris 1972 .
14. Chireleu I. , F. Romoșcanu , C. Zaharia ."Instalații frigorifice"
Ed. tehnică București 1962 .
15. Ciuprin I.A. s.a.
"Sprovocinik ghidrotehnica "
Moskva ed. Kolos 1967
16. Cîrlig A. "Rugozitatea tuburilor din material plastic "
Analele ICIFP. Seria hidrotehnica vol. I. 1957
17. Cîrlig A. "Studiul rugozității conductelor de fontă "
Memoriu ISCH - 1963
18. Cîrlig A. "Studiul rugozității conductelor de azbociment și
beton precomprimat tip Premo "
19. Crețu I. "Hidraulica generală și subterană "
Ed. did. și ped. - București 1971
20. Crețu I. , Soare A. , David V. , Osnea A. , "Probleme de hidraulică"
Ed. Tehnică București - 1973
21. Certousov M.D. "Hidraulica "
Ed. Tehnică București - 1975
22. Cioc D. "Hidraulica fluidelor "
Ed. did. și ped. București - 1967
23. Cioc D., Trofin E., Tomandă C., Tatu G., Mănescu M., Damien R.
Sandu L., Gall B., "Hidraulica, culegere de probleme"
Ed. did. și ped. București - 1973 .
24. D.G.M.S.I. "Instrucțiuni 185-63 pentru verificarea micros-
cospelor duble (tip Linnik-Schmeltz) "
Ed. de Stat pentru imprimare și publicații
București - 1964 .
25. Drăghici N. "Conducte pentru transportul fluidelor "
Ed. Tehnică - 1971

26. Dumitrescu D., Răzvan E. "Disiparea energiei și disipator de energie "
Ed. Tehnică București - 1973
27. Fedisevski C., I.Voitkounski , Y.Faddeev "Mecanique des fluides"
Editions Mir , Moscou - 1974 .
28. Florea.J, Gh.Zidaru , V. Panaitescu "Mecanica fluidelor și hidraulice "
Institutul politehnic București 1975 .
29. Florea J. , Gh.Zidaru , V.Panaitescu " Mecanica fluidelor " Probleme .
Ed.didactică și pedagogică București
1976 .-
30. Gheorghiu V. "Funcții de rugozitate pentru sistematizarea calculului rezistenței hidraulice a conductelor tehnice "
Studii de cercetări de mecanică aplicată nr.2
Tomul 35 Ed.Academiei R S R 1976
31. Gheorghiu V. "Problemes concernant l'hydraulique des conduites noncirculaires "
Convegno de idraulica a costruzione idrauliche - Trieste - 1965 .
32. Gheorghiu V. , Rusănescu N. "Geometria și hidraulica rugozității în conducte tehnice cu transport de soluții de NaCl "
Sesiunea de comunicări științifice a Institutului Politehnic Timișoara mai 1977 .
33. Giurconiu M. "Hidraulica, lucrări edilitare și instalații sanitare "
Ed. did. și ped.București - 1972
34. Giurconiu M., "Construirea diagramelor pentru calculul conductelor și canalelor cu regim turbulent"
Standardizare nr.2/1969 .
35. Giurconiu M., I.Mirel , M. Păcurariu , Gh.Popa .
" Diagrame, nomograme și tabele pentru calculul lucrărilor hidroedilitare "
Ed. Facla 1977
36. Hâncu S. "Curs de hidraulică "
Institutul Agronomic "N.Bălcescu"București 1976 .

37. **Idelcik I.E.** "Spravocinik po gidravliceskim soprotivleniam "
(ed II)
Maginostroenie , Moskva 1975 și 1960
38. "Kältetechnik - Klimatisierung " Zeitschrift für das Gesamte
Gebiet der Kälteerzeugung ,Kältanwendung und
Klimatisierung Verlag C.F. Müller Karlsruhe an
1972 .
40. **Kirschmer O.** "Tabellen zur Berechnung von Rohrleitungen nach
Prandtl - Colebrook "
Strassenbau ,Chemie und Technik , Heidelberg
1954 .
41. **Loișteaneki** "Mehanika jidkosti i gaze "
Izdatelstvo "Nauka" Moskva - 1973
42. "Manualul inginerului " vol II.
Ed. Tehnică 1966 .
43. **Monzavi M.T.** "Widerstandsgesetz auf statischer Basis für ex-
treme natürliche Rauigkeiten in Druckrohren"
Technischer bericht nr.8
aus dem Institut für Hydraulik und Hydrologie
der technischen Hochschulr Darmstadt 1972 .
44. **Manualul inginerului hidrotehnician vol II .**
Ed. Tehnică București 1969 .
45. **Mateescu C.,** "Hidraulica"
Ed. did. și ped. București - 1964 .
46. **Oroveanu I.** "Mecanica fluidelor vîscoase "
Ed. Academiei R.S.R. - 1967 .
47. **Pavel D.** "Stații de pompare și rețele de transport
hidraulic "
Ed. did. și ped. București 1964 .
48. **Pîslăreșu I., Roteru N., Teodorescu M.,** "Alimentări cu apă "
Ed. Tehnică București - 1973 .
49. **Popescu P.P., P. Mîhărdău** "Măsurarea debitului în tehnică "
Ed. Tehnică București 1969 .
50. **Popov V.N.** "Calculul hidraulic al conductelor forțate ale
centrelor hidroelectrice "(Trad.limba rusă)
Ed. Energetică de Stat București 1953.

51. Prandtl L. "Führer durch die Strömungslehre " Veinag
Braunschwei 1965 .
52. Press H., R.Schröder "Hydromechanik im Wasserbau "
W.Ernst - Berlin - München 1966 .
53. Richter H. "Rohrhydraulik "
Berlin - 1934 .
54. Richter H. "Rohrhydraulik " Springer - Berlin (göttingen)
Heidelberg 1958 .
55. Sedov L. "Mecanique des milieux continus "
Editions Mir. Moscou 1975 .
56. Sistemul internațional de unități (S I) .
Ed. Tehnică București 1965 .
57. Sokolovski S.V., Ligcenko S.I. "Ghidravlika i ghidrotehnika "
Kiev - 1974 .
58. Stematescu C. "Tehnica frigului "
Ed. Tehnică București 1972 .
59. Teodorescu M. Calculul diametrului economic al conductelor de
pompare .
Revista construcțiilor nr.6 1954 .
60. Todicescu A. "Mecanica fluidelor și mașini hidropneumatice "
Ed.did. și ped. București 1974 .
61. Teodorescu I., Filotti A., Chiriac V., Ceașescu V., Florescu A.,
"Gospodărirea apelor "
Ed. Ceres - 1973 .
62. Trofin P. " Alimentări cu apă "
Ed. did. și ped. București - 1972 .

Anexa 9.1.

Calculul coeficientului empiric de corelație.

y_m	$y_m - \bar{y}_m$	$(y_m - \bar{y}_m)^2$	k_e	$k_e - \bar{k}_e$	$(k_e - \bar{k}_e)^2$	$(y_m - \bar{y}_m)(k_e - \bar{k}_e)$
0,269	0,111	0,012	1,50	0,60	0,36	0,067
0,239	0,081	0,007	1,38	0,48	0,23	0,039
0,059	-0,089	0,008	0,40	-0,50	0,25	0,044
0,060	-0,098	0,010	0,34	-0,56	0,31	0,055
0,153	-0,005	0,000	0,88	-0,02	0,00	0,000
Σ 0,789	-	0,037	4,50	-	1,15	0,205

$$\bar{y}_m = \frac{1}{5} \sum_1^5 y_{m_i} = 0,158$$

$$\bar{y}_m = 0,158$$

$$\bar{k}_e = \frac{1}{5} \sum_1^5 k_{e_i} = 0,900$$

$$\bar{k}_e = 0,9$$

$$s_{y_m}^2 = \frac{1}{4} \sum_1^5 (y_{m_i} - \bar{y}_m)^2 = 9,618 \cdot 10^{-3}$$

$$s_{y_m} = 0,098$$

$$s_{k_e}^2 = \frac{1}{4} \sum_1^5 (k_{e_i} - \bar{k}_e)^2 = 2,875 \cdot 10^{-1}$$

$$s_{k_e} = 0,537$$

$$r = \frac{1}{s_{y_m} \cdot s_{k_e}} \cdot \frac{1}{4} \sum_1^5 (y_{m_i} - \bar{y}_m)(k_{e_i} - \bar{k}_e) = 0,994$$

Valoarea coeficientului de corelație se verifică comparând valoarea produsului $|r| \sqrt{n-1} = H$ cu valoarea lui critică pentru un nivel de încredere P dat (I.Z.Rungtoci "Prelucrarea matematică a datelor experimentale" pg.129 și Anexa pg.213.)

Dacă pentru coeficientul empiric de corelație r produsul $|r| \sqrt{n-1}$ depășește valoarea critică H pentru un anumit P atunci cu nivelul de încredere P urmează să se respingă ipoteza necorelației variabilelor considerate.

$$H = |r| \sqrt{n-1} = 0,994 \sqrt{5-1} = 1,988$$

$$H > H_{\text{critic}} \text{ pt. } P=0,999$$

Anexa 9.2

Calculul parametrilor funcției liniare

$$k_e = k_e(y_m)$$

O funcție liniară se reprezintă grafic printr-o dreaptă. Ecuația dreptei este scrisă sub forma :

$$k_e - \bar{k}_e = a(y_m - \bar{y}_m)$$

folosind metoda celor mai mici patrate parametrul a se determină cu ajutorul relației :

$$a = \frac{\overline{y_m \cdot k_e} - \bar{y}_m \cdot \bar{k}_e}{\bar{y}_m^2 - (\bar{y}_m)^2}$$

unde

$$\bar{y}_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{m_i}^2$$

$$\overline{y_m k_e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{m_i} k_{e_i}$$

și

$$\bar{y}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_m \quad i=1,2,3,4,5$$

$$\bar{k}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{e_i}$$

Rezultatele calculelor intermediare se pot urmări din tabelul următor :

y_m	y_m^2	k_e	$y_m \cdot k_e$
0,269	0,072	1,50	0,403
0,239	0,057	1,38	0,330
0,153	0,023	0,88	0,135
0,069	0,005	0,40	0,028
0,060	0,004	0,34	0,020
Σ 0,789	0,161	4,50	0,916

./.

Rezultă :

$$\begin{aligned} \bar{y}_m &= \frac{1}{5} \sum_1^5 y_{m_1} = 0,158 & \bar{y}_m &= 0,158 \\ \bar{k}_e &= \frac{1}{5} \sum_1^5 k_{e_1} = 0,9 & \bar{k}_e &= 0,9 \\ \bar{y}_m^2 &= \frac{1}{5} \sum_1^5 y_{m_1}^2 = 0,032 & \bar{y}_m^2 &= 0,032 \\ \overline{y_m \cdot k_e} &= \frac{1}{5} \sum_1^5 y_{m_1} k_{e_1} = 0,183 & \overline{y_m k_e} &= 0,183 \\ a &= \frac{\overline{y_m k_e} - \bar{y}_m \bar{k}_e}{\bar{y}_m^2 - (\bar{y}_m)^2} = 5,7 & a &= 5,7 \end{aligned}$$

Se obține :

$$k_e = 0,9 = 5,7(y_m = 0,158)$$

sau

$$k_e = 5,7 y_m$$

Prelucrarea datelor experimentale permite determinarea limitelor intervalului de încredere și a nivelului de încredere pentru media aritmetică (k_{y_M}), ce se identifică cu parametrul a al funcției liniare $k_e = k_e(y_m)$ și care a fost stabilit prin metoda celor mai mici pătrate.

./.

			Media aritmetică		Abatere med.pătr.		Domeniu de încred.	Nivel de încred.
k_{e_i}	y_{m_i}	k_{*i}	k_{*M}	Δk_{*i}	s	$\frac{t}{\sqrt{n}} s$	$k_{*M} \pm \frac{t}{\sqrt{n}} s$	$1 - \beta$
1,50	0,269	5,6		-0,1				
1,38	0,239	5,8		+0,1				
0,88	0,153	5,8		+0,1	0,1	0,09		
0,40	0,069	5,8	5,70	+0,1				
0,34	0,060	5,7		0			5,70 ± 0,09	0,9

unde,

$$k_{*i} = \frac{k_{e_i}}{y_{m_i}}$$

$$k_{*M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{*i} \quad i = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$\Delta k_{*i} = k_{*i} - k_{*M}$$

$$s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_{*i} - k_{*M})^2}$$

Ou $f=n-1=5-1=4$ din STAS 7122-65 rezultă $t=2,132$ pentru nivel de încredere de 0,9.

În stabilirea valorilor din tabelul precedent s-au respectat intervalele admisibile de rotunjire pentru valorile parametrilor statistici :

$$\frac{0,6s}{\sqrt{n}} \quad \text{pentru media aritmetică}$$

$$\frac{0,4s}{\sqrt{n-1}} \quad \text{pentru abaterea medie patratică}$$

Anexa 9.4

Calculul parametrilor funcției liniare

$$k_e = k_e(N)$$

Dependența liniară a rugozității echivalente de vechimea în exploatare a conductei, unanim acceptată, permite scrierea funcției sub forma

$$k_e - \bar{k}_e = b(N - \bar{N})$$

Folosind metoda celor mai mici pătrate pentru determinarea parametrului b se calculează :

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i$$

$$\bar{k}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_e$$

$$b = \frac{\overline{Nk_e} - \bar{N}\bar{k}_e}{\overline{N^2} - (\bar{N})^2} \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$\overline{N.k_e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N.k_e$$

$$\overline{N^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N^2$$

Rezultatele calculelor intermediare sînt trecute tabelar.

N	N ²	k _e	N.k _e
7,62	58,06	1,50	11,43
7,00	49,00	1,38	9,66
4,30	18,49	0,40	1,72
4,00	16,00	0,34	1,36
Σ 22,92	141,55	3,62	24,17

./.

$$\begin{aligned} \bar{N} &= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 N_i = 5,73 & \bar{N} &= 5,73 \\ \bar{k}_e &= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 k_{e_i} = 0,905 & \bar{k}_e &= 0,905 \\ \bar{N}^2 &= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 N_i^2 = 35,388 & \bar{N}^2 &= 35,388 \\ \overline{N \cdot k_e} &= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 N_i k_{e_i} = 6,043 & \overline{N k_e} &= 6,043 \\ b &= \frac{\overline{N k_e} - \bar{N} \bar{k}_e}{\bar{N}^2 - (\bar{N})^2} = 0,335 & b &= 0,335 \end{aligned}$$

Rezultă :

$$k_{e_i} - 0,905 = 0,335(N - 5,73)$$

sau

$$k_{e_i} = 0,335 N - 1,015$$

Inlocuind pe k_{e_i} cu relația echivalentă

$$y_m = 0,059 N - 0,178$$

Pentru estimarea prin interval de încredere a parametrului b se utilizează abaterea standard empirică s .

În acest caz intervalul de încredere capătă forma :

$$|b - \bar{b}| < t(P, n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}$$

unde factorul $t(P, n-1)$ depinde de nivelul de încredere P și de numărul n al determinărilor.

Pentru nivel de încredere $1 - \beta = 0,9$ și $n=4$ rezultă $t=2,353$ (STAS 7122-65).

$$b_i = \frac{k_{e_i} + 1,015}{N_i}$$

$$\bar{b} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 b_i$$

./.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^4 (b_1 - \bar{b})^2}$$

Rezultatele intermediare ale calculelor sînt trecute în tabelul următor :

k_e	N	b_1	\bar{b}	$b_1 - \bar{b}$	s	$\sqrt{\frac{1}{n}} s$	Domeniu de încred.	Nivel de încredere
1,50	7,62	0,330		-0,005			0,335 ± 0,013	0,9
1,38	7,00	0,342		+0,007				
0,40	4,30	0,329		-0,006	0,011	0,013		
0,34	4,00	0,339		+0,004				

Cu aceste valori intervalul de încredere devine :

$$|b - 0,335| < 0,013 \text{ cu o siguranță de } 0,9.$$