



FONDUL SOCIAL EUROPEAN

Investește în oameni

Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară 1 „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție: 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”

Titlu proiect : Cunoaștere, inovare și dezvoltare prin burse doctorale (CID-Doc)

Cod contract: POSDRU/187/1.5/S/155536



UNIVERSITATEA **POLITEHNICA** DIN BUCUREȘTI

Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică

Departamentul Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

*Influența arhitecturii generatoarelor de bule fine asupra creșterii concentrației
de oxigen dizolvat în apă*

*The influence of fine bubbles generators architecture on the dissolved oxygen
concentration in water*

Autor: Drd. Ing. Rasha Mlisan (Cusma)

Conducător de doctorat: Prof. emerit dr. ing. Nicolae Băran

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. dr. ing. Octavian Donțu	de la	UP București
Conducător de doctorat	Prof. emerit dr. ing. Nicolae Băran	de la	UP București
Referent	Prof. dr. ing. Tudora Cristescu	de la	UPG Ploiești
Referent	Prof. dr. ing. Gabriel Ivan	de la	UTC București
Referent	Prof. emerit dr. ing. Valeriu Panaitescu	de la	UP București

București

2017

CUPRINS

PREFAȚĂ

PRINCIPALELE NOTAȚII

INTRODUCERE

CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND PROCESELE DE OXIGENARE A APELOR

- 1.1. Necesitatea aerării apelor cu suprafața liberă
- 1.2. Clasificarea instalațiilor de aerare a apelor
 - 1.2.1. Instalații mecanice de aerare
 - 1.2.2. Instalații pneumatice de aerare
 - 1.2.3. Instalații mixte de aerare
- 1.3. Obiectivele tezei de doctorat
- 1.4. Concluzii
- 1.5. Contribuții originale

CAPITOLUL 2. STUDIUL TEORETIC AL PROCESELOR DE OXIGENARE A APEI

- 2.1. Transferul de masă
- 2.2. Integrarea numerică a ecuația vitezei de transfer a oxigenului către apă
- 2.3. Metode de calcul al coeficientului volumic de transfer de masă
 - 2.3.1. Teoria celor două filme
 - 2.3.2. Teoria penetrației
- 2.4. Analiza parametrilor care intervin în procesul de oxigenare a apelor
- 2.5. Concluzii
- 2.6. Contribuții originale

CAPITOLUL 3. CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE ASUPRA GENERATOARELOR DE BULE FINE

- 3.1. Generatoare de bule fine, de formă circulară, studiate în cadrul Departamentului Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice
- 3.2. Generatoare de bule fine de formă dreptunghiulară, studiate în cadrul Departamentului Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice
- 3.3. Comparație între generatoarele de bule fine de formă circulară și de formă dreptunghiulară
- 3.4. Concluzii
- 3.5. Contribuții originale

CAPITOLUL 4. CERCETĂRI ASUPRA INFLUENȚEI FORMEI ȘI DIMENSIUNILOR UNUI GENERATOR DE BULE FINE ASUPRA CONCENTRAȚIEI DE OXIGEN DIZOLVAT ÎN APĂ

- 4.1. Influența diametrului orificiului de insuflare a aerului în apă asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă
 - 4.1.1. Cercetări teoretice pentru generatorul de bule fine, cu placă perforată cu orificii $\varnothing 0,1\text{mm}$
 - 4.1.2. Cercetări teoretice pentru generatorul de bule fine, cu placă perforată cu orificii $\varnothing 0,3\text{mm}$
 - 4.1.3. Cercetări teoretice pentru generatorul de bule fine, cu placă perforată cu orificii $\varnothing 0,5\text{mm}$
- 4.2. Determinarea randamentului și eficienței procesului de oxigenare
 - 4.2.1. Randamentul procesului de oxigenare
 - 4.2.2. Eficiența procesului de oxigenare
- 4.3. Concluzii
- 4.4. Contribuții originale

CAPITOLUL 5. INFLUENȚA ARHITECTURII REȚELEI DE GENERATOARE DE BULE FINE ASUPRA CONCENTRAȚIEI DE OXIGEN DIZOLVAT ÎN APĂ

- 5.1. Stabilirea distanței dintre două orificii de pe aceeași linie
- 5.2. Stabilirea distanței dintre două linii de orificii
- 5.3. Corelația dintre concentrația de oxigen dizolvat în apă și numărul de generatoare de bule fine
- 5.4. Concluzii
- 5.5. Contribuții originale

CAPITOLUL 6. ANALIZA CONSUMULUI DE ENERGIE PENTRU PROCESELE DE OXIGENARE A APEI

- 6.1. Construcția curbei consumului de energie în funcție de numărul de generatoare de bule fine
- 6.2. Construirea curbei duratei procesului de oxigenare în funcție de numărul de generatoare de bule fine
- 6.3. Concluzii
- 6.4. Contribuții originale

CAPITOLUL 7. CONCEPȚIA ȘI PROIECTAREA INSTALAȚIEI EXPERIMENTAL

- 7.1. Schema instalației experimentale
- 7.2. Lista aparatelor de măsură prevăzute în schema instalației
- 7.3. Mecanismul de acționare a sondei oxigenometrului
- 7.4. Concluzii
- 7.5. Contribuții originale

CAPITOLUL 8. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA INFLUENȚEI ARHITECTURII GENERATOARELOR DE BULE FINE PRIVIND CONCENTRAȚIA DE OXIGEN DIZOLVAT ÎN APĂ

- 8.1. Scopul cercetărilor experimentale
- 8.2. Schița instalației experimentale
- 8.3. Aparatură de măsură utilizată la efectuarea cercetărilor experimentale
- 8.4. Metodica măsurărilor
- 8.5. Influența dimensiunii unui orificiu al generatoarelor de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă
- 8.6. Compararea rezultatelor cercetărilor teoretice cu cele obținute experimentale în cazul studiului influenței arhitecturii unui orificiu al generatoarelor de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă
- 8.7. Influența arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă
- 8.8. Evaluarea rezultatelor cercetărilor teoretice cu rezultatele cercetărilor experimentale obținute în cazul influenței arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă
- 8.9. Concluzii
- 8.10. Contribuții originale

C. CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARE A CERCETĂRILOR

- C.1. Concluzii generale
- C.2. Contribuții originale
- C.3. Perspective de dezvoltare ulterioară a cercetărilor

Bibliografie selectivă

ANEXA A.1. Lista de lucrări publicate de autoarea tezei

PREFAȚĂ

Elaborarea unei teze de doctorat în domeniul „*Inginerie Mecanică*” presupune o pregătire științifică deosebită, cuprinzând o arie largă de cunoștințe din domeniile diverse precum matematică, fizică, chimie, electricitate, rezistența materialelor, mecanică și altele. Însă provocarea, la standardele educaționale ale Universității Politehnica din București, este mai mult decât asimilarea cunoștințelor sau simpla distilare a esențialului din acestea. Provocarea reală constă în a reuși ca la intersecția unor domenii complexe să găsim soluții pentru un viitor mai bun. Aceasta este una dintre valorile fundamentale ale Universității Politehnica din București cu care prezenta lucrare încearcă să se alinieze.

Doresc să mulțumesc, pe această cale, domnului Prof. emerit dr. ing. Nicolae Băran din Departamentul Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice, care a fost conducătorul meu la doctorat și m-a îndrumat, cu bunăvoință și răbdare, pe drumul sinuos al construirii unui corp teoretic și experimental util în contextul lucrării pe care mi-am propus-o. Le mulțumesc și domnului Decan Prof. emerit ing. Alexandru Dobrovicescu și domnului Director al Departamentului Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice Conf.dr.ing. Valentin Apostol pentru bunăvoința cu care și-au acordat sprijinul la realizarea acestei lucrări. Totodată, mulțumesc cadrelor didactice și personalului auxiliar din departamentul menționat mai sus pentru sprijinul acordat în realizarea acestei teze de doctorat.

Mulțumesc membrilor comisiei de doctorat:

- Președinte: Prof. dr. ing. Octavian Donțu din F.I.M.M;
- Referent: Prof. dr. ing. Tudora Cristescu de la I.P.G. din Ploiești;
- Referent: Prof. dr. ing. Gabriel Ivan de la UTC din București;
- Referent: Prof. emerit dr. ing. Valeriu Panaitescu din Facultatea de Energetică.

care au avut răbdarea să citească prezenta lucrare și să elaboreze o serie de aprecieri privind îmbunătățirea acesteia.

La efectuarea cercetărilor experimentale am fost ajutată de as. dr. ing. Mihaela Constantin, as. dr. ing. Beatrice Tănase și ing. Mădălina Zamfir, cărora doresc să le mulțumesc în mod deosebit.

În final aș dori să mulțumesc familiei mele pentru sprijinul moral și material acordat în vederea realizării acestei lucrări.

*Dedic această lucrare iubitei mele familii,
care m-a susținut și încurajat pe tot
parcursul elaborării tezei.*

Drd. ing. Rasha Mlisan (Cusma)

PRINCIPALELE NOTAȚII

* Litere romane

a – aria specifică interfacială [m^2/m^3];

ak_L – coeficient volumic de transfer de masă [s^{-1}];

C – concentrația masică curentă a componentului transferabil în faza lichidă [kg/m^3];

C_s – concentrația masică a componentului transferabil la saturație [kg/m^3];

V – volumul [m^3];

** Prescurtări:

OD – deficitul de oxigen;

EPA – United States Environmental Protection Agency;

G.B.F. – generator de bule fine;

*** Litere grecești:

α_0 – procentul de O_2 din aerul insuflat în bazin [%];

ε – fracția de goluri;

η – viscozitatea dinamică [Ns/m^2];

η_{ox} – randamentul oxigenării [%];

ν – viscozitatea cinematică [m^2/s];

ρ – densitatea [kg/m^3];

τ – timpul de funcționare[s].

INTRODUCERE

Lucrarea, însumând un număr de 147 de pagini, 119 figuri, 15 tabele, este rațional structurată în 8 capitole, la care se adaugă, la început, Prefața, Lista principalelor notații, Lista figurilor, Lista tabelor, Introducerea și, la sfârșit, Concluziile, Bibliografia și Anexe.

În Prefață autoarea face scurte referiri privitoare la cercetările privind influența arhitecturii generatoarelor de bule fine asupra oxigenării apelor uzate și aduce mulțumiri persoanelor care, într-un fel sau altul, au contribuit la susținerea și suportul moral necesar ducerii la bun sfârșit a elaborării tezei de doctorat.

În Introducere se prezintă câteva elemente ale problematicii abordate și se precizează cadrul teoretic și practic al dezvoltărilor tezei de doctorat. Astfel, se justifică alegerea temei cercetării, se prezintă unele generalități privind fenomenul de oxigenare a apelor uzate, se fixează obiectivele de studiu și se face o prezentare generală a lucrării.

Capitolul 1, Stadiul actual al cercetărilor privind procesele de oxigenare a apelor, tratează problema necesității aerării apelor cu suprafață liberă, enumeră principalele proprietăți fizice ale apei și evidențiază drept cel mai important indicator al calității apei conținutul de oxigen dizolvat. Se face o clasificare a instalațiilor de aerare a apelor după mai multe criterii, de exemplu în funcție de procedeul de obținere a unei suprafețe de contact interfazice, de modalitatea de mișcare a organului activ de aerare, de gazul folosit la aerare, de tipul sistemului de introducere a gazului. Se detaliază, succint, instalațiile mecanice de aerare, de suprafață, de medie adâncime și de mare adâncime. Se insistă asupra instalațiilor de aerare

pneumatice, cu privire specială la generatoarele de bule fine. Concluziile capitolului evidențiază că sistemul de aerare cel mai bun este cel pneumatic, remarcându-se, în special, generatoarele de bule fine, cu orificiile realizate prin electroeroziune sau microgăurire.

Capitolul 2, Studiul teoretic al proceselor de oxigenare a apelor, se referă la problematica complexă a cercetărilor asupra fenomenului de aerare. Se examinează, în primul rând, problema transferului de masă, cu prezentarea primei și a celei de a doua legi a lui Fick. O atenție deosebită este acordată integrării numerice a ecuației vitezei de transfer a oxigenului către apă, ecuație diferențială ordinară care poate fi rezolvată prin metode numerice. Autoarea optează pentru metoda Euler, metodă cu pași separați și algoritm explicit, pe care o expune detaliat. Dintre metodele de calcul al coeficientului volumic de transfer de masă, cunoscute din literatura de specialitate, sunt expuse Teoria celor două filme (bazată pe faptul că moleculele de gaz trebuie să traverseze cele două filme existente pe fiecare parte a interfeței gaz-lichid pentru a se dizolva în lichid) și Teoria penetrației (aplicabilă transferului turbulent de masă, pentru gaze puțin solubile în apă). În acest capitol se face o analiză a parametrilor care intervin în procesul de oxigenare a apelor, geometrici și funcționali. Concluziile capitolului se referă la necesitatea analizei factorilor care intervin în ecuația vitezei de transfer a oxigenului în apă și la influența arhitecturii generatoarelor de bule asupra creșterii concentrației de oxigen dizolvat în apă. În final se evidențiază unele contribuții personale ale autoarei.

Capitolul 3, Cercetări teoretice și experimentale asupra generatoarelor de bule fine, prezintă două tipuri de generatoare de bule fine, din placă perforată, proiectate și realizate pentru un studiu comparativ, teoretic și experimental: un generator de bule fine de formă circulară, la care orificiile sunt cuprinse într-un cerc, cu respectarea unor condiții impuse pentru raportul dintre grosimea plăcii perforate și diametrul orificiului și cel dintre distanța dintre două orificii aflate pe aceeași linie și diametrul orificiului; un generator de bule fine cu placa perforată de formă dreptunghiulară, având aceleași caracteristici constructive referitoare la orificii și grosimea plăcii perforate. Scopul cercetărilor este acela de a realiza o comparație între cele două tipuri de generatoare de bule fine, circular și dreptunghiular. Au fost obținute curbele de variație a concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp, teoretic, prin integrarea numerică a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului în apă, pentru cele două tipuri de generatoare de bule fine. Au fost ridicate experimental aceleași curbe de variație a concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp, prin folosirea unei instalații moderne de laborator, dotată cu aparatură de măsură și control performantă și sistem de înregistrare și procesare a datelor, pentru cele două tipuri de generatoare de bule

fine. Cercetările teoretice și experimentale au dus la concluzia că generatorul de bule fine de formă dreptunghiulară este mai eficient față de cel de formă circulară în privința creșterii conținutului de oxigen dizolvat în apă, pentru aceleași condiții de funcționare (debitul de aer insuflat, presiunea aerului comprimat, volumul de apă aerată, timpul de aerare) și aceleași caracteristici constructive (referitoare la orificii și grosimea plăcii perforate). Sunt enumerate o serie de contribuții personale.

Capitolul 4, Cercetări asupra influenței formei și dimensiunilor unui generator de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă, reprezintă o parte importantă a tezei de doctorat. Se studiază influența diametrului de insuflare a aerului în apă asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă. Autoarea propune o nouă generație de generatoare de bule fine la care orificiile de dispersie a aerului în apă, cu diametrele de 0,1 mm, 0,3 mm și 0,5 mm, sunt prelucrate prin microgăurire (cu o mașină specială pentru microprelucrări, de tip KERN Micro care are o precizie de $\pm 0,5 \mu\text{m}$). În urma rulării programului de calcul de integrare numerică a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului în apă se realizează reprezentarea grafică a variației concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp pentru cele trei variante de generatoare de bule fine, corespunzătoare celor trei diametre ale orificiilor. Se determină randamentul și eficiența procesului de oxigenare, pentru cele trei variante de generatoare. Concluziile capitolului evidențiază faptul că toate cele trei variante se încadrează în categoria generatoarelor de bule fine care asigură o oxigenare rapidă și eficientă a apelor uzate, însă, din compararea celor trei variante, în condițiile păstrării secțiunii de ieșire a debitului de aer insuflat în apă și a sarcinii hidrostatice, generatoarele de bule fine cu placa perforată cu orificii de 0,1 mm este cea mai eficientă. Se trec în revistă contribuțiile personale ale capitolului.

Capitolul 5, Influența arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă, stabilește distanța dintre două orificii de pe aceeași linie, din condiția ca această distanță să depășească mărimea diametrului final al bulei de aer, la ieșirea din stratul de apă (pentru evitarea coalescenței bulelor), cu ajutorul unui program de calcul adecvat. Se continuă cercetările prin stabilirea distanței dintre două linii de orificii, studiind arhitectura rețelei de generatoare de bule fine amplasate pe radierul unui bazin de apă în cele două variante cunoscute din literatura de specialitate: generatoare de bule fine alcătuite din difuzori poroși care creează coloane de bule și generatoare de bule fine cu placa cu orificii prelucrate prin microgăurire care creează perdele de bule. Se studiază corelația dintre concentrația de oxigen dizolvat în apă și numărul de generatoare de bule fine. Concluziile capitolului subliniază faptul că distanțele dintre două orificii de pe aceeași linie și dintre două

linii, pentru generatoarele de bule fine cu placa perforată prin microgăurire, se stabilesc ținând seama de diametrul orificiului și sarcina hidrostatică, cu respectarea condiției evitării coalescenței bulelor. Utilizarea unui număr mai mare de generatoare de bule fine scurtează semnificativ timpul necesar procesului de oxigenare a apei. Sunt enumerate contribuțiile personale ale capitolului.

Capitolul 6, Analiza consumului de energie pentru procesele de oxigenare a apei, este necesară în vederea determinării numărului optim de generatoare de bule fine pentru un consum cât mai mic de energie, în corelație cu o durată rezonabilă a oxigenării. Pentru generatorul cu bule fine cu placa perforată prin microgăurire cu orificii de 0,1 mm, cunoscând debitul volumic și presiunea aerului la intrare și estimând randamentul procesului de comprimare, s-a calculat puterea mecanică care trebuie furnizată la cupla compresorului. Considerând duratele procesului de oxigenare pentru funcționarea a 1, 2, 3 și 4 generatoare de bule fine, determinate în capitolul anterior, s-au calculat energiile corespunzătoare și s-a trasat graficul variației energiei mecanice necesare în funcție de numărul de generatoare de bule fine.

Capitolul 7, Concepția și proiectarea instalației experimentale, debutează cu prezentarea schemei, a cărei complexitate este reprezentată de existența a trei părți, mecanică, electrică și electronică. Se menționează principalele calități ale instalației experimentale și se descrie modul de funcționare, subliniindu-se posibilitatea măsurării instantanee a concentrației oxigenului în apă. Sonda polarografică a oxigenometrului execută o mișcare de rotație, transmisă prin intermediul unei curele dințate de la un motor electric. Concluziile capitolului se referă la performanțele instalației experimentale, care permite efectuarea unor măsurători de precizie ridicată, fiind dotată cu aparate de măsură moderne, cu indicație digitală.

Capitolul 8, Cercetări experimentale asupra influenței arhitecturii generatoarelor de bule fine privind concentrația de oxigen dizolvat în apă, definește ca obiectiv al cercetărilor experimentale studiul influenței diametrului unui orificiu și al distanțelor dintre orificii, pentru cele trei variante de generatoare de bule fine cu placa perforată prin microgăurire realizate de doctorandă, precum și studiul influenței arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă. Scopul acestor cercetări este de a compara rezultatele obținute pe cale experimentală cu acelea obținute teoretic, pentru validarea acestora din urmă. Se prezintă aparatele de măsură utilizate la efectuarea cercetărilor experimentale: termometru digital (prevăzut cu un microprocesor care analizează datele primite de la senzorul de temperatură), manometre diferențiale digitale

(compuse dintr-un traductor piezorezistiv și un microprocesor electronic cu afișare digitală), debitmetru (rotametrul), oxigenometru (cu sondă polarografică). Se expune metodică măsurătorilor. Se efectuează cercetări experimentale asupra influenței diametrului unui orificiu și a distanțelor dintre orificii asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă pentru cele trei variante de generatoare de bule fine studiate teoretic în capitolul 4; rezultatele experimentale sunt prezentate tabelar și grafic și sunt comparate cu rezultatele teoretice, remarcându-se o concordanță satisfăcătoare. Se studiază experimental influența arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă, plasând 1, 2, 3 și 4 generatoare de bule fine identice în rezervorul de apă. Concluziile capitolului se referă la confirmarea rezultatelor teoretice obținute anterior. Se evidențiază principalele contribuții personale ale autoarei.

Concluziile, ultima parte a tezei doctorat, sunt sistematizate în trei părți. Sunt evidențiate concluziile generale ale studiului efectuat, subliniind importanța, modernitatea, complexitatea și actualitatea problematicii abordate și efectuând o sinteză a concluziilor fiecărui capitol. Se prezintă **contribuțiile originale** ale lucrării, urmărind, în principiu ordinea apariției acestora în lucrare. Se propun câteva direcții de continuare a cercetărilor în domeniul studiat.

Bibliografia este reprezentativă și modernă, cuprinzând lucrări de referință din domeniu, și conține un număr de 111 titluri. Sunt menționate și lucrări ale autoarei tezei de doctorat, legate de rezolvarea obiectivelor tezei.

Anexa conține ***Lista de lucrări publicate de autoarea tezei de doctorat***, evidențiind articolele publicate în reviste cotate ISI cu factor de impact, articolele publicate în reviste cotate BDI, articolele apărute în volumele unor manifestări științifice naționale și internaționale, o lucrare în Buletinul științific al UPB și o carte, la care doctoranda este prim-autor sau co-autor.

Contribuțiile, elaborările și dezvoltările originale ale autoarei tezei de doctorat sunt importante. În acest context, se pot evidenția, urmărind, în principiu, ordinea apariției în lucrare:

Contribuții teoretice

□ Realizarea unei analize extinse a stadiului actual al cercetărilor teoretice, numerice și experimentale privind influența arhitecturii generatoarelor de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă, pe baza unei documentări extinse, a unei selecții riguroase a bibliografiei de specialitate și a considerării activității proprii în domeniu, desfășurate în ultimii ani.

□ Identificarea și prezentarea într-o manieră științifică coerentă a problemelor legate de analiza parametrilor hidro-dinamici și geometrici care intervin în procesul de aerare a apelor și de integrare numerică a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului către apă.

□ Elaborarea unui studiu teoretic privind compararea a două tipuri de generatoare de bule fine, de formă circulară și dreptunghiulară, cu orificii realizate prin electroeroziune; au fost obținute curbele de variație a concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp, prin integrarea numerică a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului în apă, pentru cele două tipuri de generatoare de bule fine, stabilindu-se că forma dreptunghiulară este mai avantajoasă.

□ Reprezentarea grafică a variației concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp și determinarea randamentului și eficienței procesului de oxigenare pentru trei variante de generatoare de bule fine, de formă dreptunghiulară, cu diametrele orificiilor diferite, în urma rulării programului de calcul de integrare numerică a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului în apă.

□ Studiul influenței arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă în urma căruia se stabilește distanța dintre două orificii de pe aceeași linie și dintre două linii, ținând seama de diametrul orificiului și sarcina hidrostatică, cu respectarea condiției evitării coalescenței bulelor.

□ Analiza consumului de energie mecanică în funcție de numărul de generatoare de bule fine introduse în apă și stabilirea numărului optim de generatoare de bule fine pentru un consum minim de energie.

Contribuții numerice

□ Expunerea detaliată a metodei numerice Euler, metodă cu pași separați și algoritm explicit, pentru integrarea ecuației diferențiale ordinare a vitezei de transfer a oxigenului către apă, cu prezentarea schemei logice de calcul.

□ Stabilirea variației creșterii concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timpul de oxigenare, considerând concentrația inițială și cea de saturație a oxigenului la o temperatură a apei dată, cu alegerea adecvată a pasului de integrare, și elaborarea programului pentru reprezentarea grafică a variației concentrației de oxigen în funcție de timp.

□ Concepția și elaborarea unui program de calcul pentru determinarea diametrului final al unei bule în funcție de sarcina hidrostatică și diametrul orificiului.

□ Construcția curbei reprezentând variația timpului necesar oxigenării apei în funcție de numărul de generatoare de bule fine, pentru studiul influenței arhitecturii generatoarelor de bule fine asupra concentrației de oxigen în apă.

□ Realizarea unor programe de calcul pentru construirea unor curbe ale consumului de energie și ale duratei procesului de oxigenare în funcție de numărul de generatoare de bule fine.

Contribuții experimentale

□ Concepția și punerea la punct a instalației de laborator pentru studiul experimental a două tipuri de generatoare de bule fine, de formă circulară și dreptunghiulară cu orificii realizate prin electroeroziune, dotată cu aparatură de măsură și control performantă (termometru digital, manometre diferențiale digitale, rotametrul, oxigenometru cu sondă polarografică, sistem electronic de înregistrare și procesare a datelor).

□ Precizarea și detalierea scopului și metodicii cercetărilor experimentale, cu indicarea succesiunii etapelor măsurătorilor.

□ Studiul experimental al influenței diametrului unui orificiu și al distanțelor dintre orificii, pentru cele trei variante de generatoare de bule fine cu placa perforată prin microgăurire realizate de doctorandă, precum și studiul influenței arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă.

□ Analiza influenței arhitecturii rețelei de generatoare de bule fine asupra concentrației de oxigen dizolvat în apă prin plasarea a 1, 2, 3 și 4 generatoare de bule fine identice în rezervorul de apă.

□ Prezentarea sugestivă a rezultatelor experimentale obținute, tabelar și grafic, pentru toate cazurile cercetate și compararea rezultatelor determinate experimental cu rezultatele obținute teoretic (constatându-se o bună concordanță) în vederea stabilirii variantei arhitecturale celei mai favorabile privind viteza de creștere a concentrației de oxigen dizolvat.

Autoarea sugerează câteva posibilități de dezvoltare ulterioară a cercetărilor.

Bibliografie selectivă

[1] E. C. Gh. Isbășoiu, *Tratat de mecanica fluidelor*, Editura Agir, București, 2011

[2] F. M. White, *Fluid mechanics*, McGraw Hill inc, ISBN 9780077422417, New York, 2011

[12] S. Stoianovici, D. Robescu, *Procedee și echipamente mecanice pentru tratarea și epurarea apei*, Editura Tehnică, București, 1983

[13] D. Robescu, D. L. Robescu, A. Verestoy, *Fiabilitatea proceselor, instalațiilor și echipamentelor de tratare și epurare a apelor*, Ed. Tehnică, București, 2002

[14] D. L. Robescu, S. Lanyi, A. Verestoy, D. Robescu, *Modelarea și simularea proceselor de epurare*, Editura Tehnică, București, 2004

- [49] *Ionela Mihaela Călușaru, Nicolae Băran and Alexandru Pătulea*, The influence of the constructive solution of fine bubble generators on the concentration of oxygen dissolved in water, *Advanced Materials Research Vols. 538-541* (2012) pp 2304-2310, Trans Tech Publications, Switzerland, ISBN-13:978-3-03785-447-1
- [59] *B. Tănase, M. Constantin, R. Mlisan (Cusma), R. Mechno, N. Băran*, Water oxygenation using gas mixtures, Septième édition du Colloque FRancophone en Energie, Environnement, Economie et Thermodynamique - COFRET'16, CD, Bucarest, UPB - 29 – 30 juin, 2016
- [60] *R. Mlisan (Cusma), M. Constantin, R. Mechno, N. Băran, B. Tănase, D. Besnea*, Researches regarding the placement of fine bubble generators in water tanks, 8th International Conference on Innovations, Recent Trends and Challenges in Mechatronics, Mechanical Engineering and New High-Tech Products Development MECAHITECH'16 International Conference, Bucharest, Romania, September 8th-9th, 2016
- [65] *Beatrice Tănase, Daniel Besnea, Rasha Mlisan (Cusma), Nicolae Băran, Mihaela Constantin*, Researches regarding the pressure losses on fine bubble generators, *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 2015, Issue 48, pp. 155-157
- [66] *Nicolae Băran, Zaid Abulghanam, Alexandru Sorin Patulea*, Researches Regarding The Increase Of The Dissolved Oxygen Concentration In Function Of The Duration Of The Water Oxigenation Proces, *Termotehnica*, anul XIV, nr 2/2010, ISSN 1222-4057, pag. 15-18, Editura AGIR, Bucuresti, 2011
- [67] *Alexandru Pătulea, Ionela Mihaela Călușaru and Nicolae Băran*, Researches regarding the measurements of the dissolved concentration in water, *Advanced Materials Research Vols. 550-553* (*Advances in Chemical Engineering II*)(2012) pp 3388-3394© (2012) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.550-553.3388
- [73] *D. Besnea, N. Băran, I. Călugaru, Al. Pătulea*, Electro-mechanical system for the displacement of a oxygen meter probe *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, No. 4,1 ISSN 1584-5982 2012
- [74] *Nicolae Băran, Gabriela Mateescu, Alexandru Sorin Pătulea*, Instalație experimentală pentru măsurarea concentrației de oxigen dizolvat în apă (rezumat), *Termotehnica*, anul XV, nr 1S/2011, ISSN-L 1222-4057, ISSN(online) 2247-1871 pag. , Editura AGIR, Bucuresti, 2011
- [79] *N. Băran, B. Tănase, M. Rasha, I. M. Călușaru*, Researches regarding the reduction of the water oxygenation time, *Revista Termotehnica*, nr.2, 2013, pp. 100-103
- [93] *Mihaela Călușaru-Constantin, Elena-Beatrice Tănase, Nicolae Băran, Rasha Mlisan-Cusma*, Researches Regarding the Modification of Dissolved Oxygen Concentration in Water, *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 1 Issue 6, pp. 228-231, ISSN 2348 – 7968, 2014
- [94] *Beatrice Tănase, Daniel Besnea, Rasha Mlisan, Mihaela Constantin, Nicolae Băran*, Constructive solutions for the achievement of fine bubble generators based on micro-drilling technologies, *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 2 Issue 2, pp. 46-50, ISSN 2348 – 7968, 2015
- [95] *Nicolae Băran, Ionela Mihaela Constantin, Elena Beatrice Tănase, Rasha Mlisan*, Researches regarding water oxygenation with fine air bubbles, *Buletinul Științific al Universității Politehnica din București, seria D, Inginerie Mecanică*, Editura Politehnica Press, vol. 78, nr. 2, pp. 167-178 2016