



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

Promovarea științei și calității în cercetare prin burse doctorale (PROSCIENCE)

POSDRU/187/1.5/S/155420



UNIVERSITATEA **POLITEHNICA** DIN BUCUREȘTI

Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică

Departamentul Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

The influence of the instilled gas composition in water on the dissolved oxygen content

Autor: Ing. Elena - Beatrice Tănase

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

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. dr. ing. Alexandru Dobrovicescu	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

LISTA PRINCIPALELOR NOTAȚII

PREFAȚĂ

INTRODUCERE

CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND OXIGENAREA APELOR

1.1. Aerarea apelor

1.2. Instalații de aerare, clasificarea lor

1.3. Instalații de aerare pneumatică

1.3.1. Construcția și funcționarea instalațiilor de aerare pneumatică

1.3.2. Performanțele instalațiilor de aerare

1.4. Sisteme de aerare echipate cu generatoare de bule

1.4.1. Elementele privind geometria bulei de aer, forțele care acționează asupra ei

1.4.2. Soluții constructive ale generatoarelor de bule

1.4.3. Generatoare de bule fine obținute prin electroeroziune

1.4.4. Generator de microbule obținut prin microgăurire utilizat în prezenta lucrare

1.5. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 2. STUDIUL PROPRIETĂȚILOR GAZELOR DESTINATE ACCELERĂRII PROCESULUI DE OXIGENARE A APEI

2.1. Proprietăți fizice comune lichidelor și gazelor

2.1.1. Densitatea

2.1.2. Greutatea specifică

2.1.3. Compresibilitatea izotermă

2.1.4. Adeziunea la suprafețele solide

2.1.5. Viscositatea

2.2. Proprietăți fizice specifice gazelor

2.2.1. Legile de variație a densității gazului în funcție de presiune

2.2.2. Căldura specifică

2.2.3. Energia internă specifică

2.2.4. Entalpia specifică

2.3. Proprietăți termofizice ale gazelor destinate creșterii oxigenului dizolvat în apă

2.3.1. Proprietăți ale aerului

2.3.2. Proprietăți ale oxigenului

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

2.3.3. Proprietăți ale ozonului

2.3.4. Proprietăți ale aerului cu conținut redus de azot

2.4. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 3. ANALIZA VARIANTELOR DE OXIGENARE A APEI FOLOSITE ÎN CERCETĂRILE TEZEI

3.1. Surse de aer comprimat

3.2. Surse de oxigen

3.3. Surse de aer cu conținut redus de azot (concentrator de oxigen)

3.3.1. Zeoliții

3.3.2. Instalația de producere a aerului cu conținut redus de azot

3.4. Surse de ozon

3.5. Concluzii și contribuții originale

CAPITOLUL 4. METODE PENTRU MĂSURAREA CONCENTRAȚIEI DE OXIGEN DIZOLVAT ÎN APĂ

4.1. Metode chimice

4.2. Metode electrice

4.3. Metode optice

4.4. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 5. ANALIZA FUNCȚIONĂRII GENERATORULUI DE MICROBULE

5.1. Procese și dispozitive de aerare

5.2. Realizarea generatoarelor de microbule prin microgăurire

5.3. Stabilirea regimului de funcționare a generatorului de microbule

5.4. Analiza pierderilor de presiune la generatorul de microbule

5.5. Calculul debitului de aer livrat către generatorul de microbule

5.6. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 6. STUDIUL INFLUENȚEI COMPOZIȚIEI GAZULUI INSUFLAT ÎN APĂ ASUPRA CONCENTRAȚIEI DE OXIGEN DIZOLVAT

6.1. Integrarea numerică a ecuației vitezei de transfer a oxigenului către apă

6.2. Elaborarea unui program de calcul pentru funcția $C = f(\tau)$ pentru diferite compoziții ale gazului insuflat în apă

6.3. Precizarea compoziției inițiale a amestecului de gaze insuflat în apă

6.3.1. Amestecuri de gaze perfecte, relații de calcul

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

6.3.2. Date privind amestecurile de gaze analizate în lucrare

6.4. Rezultate teoretice de calcul privind insuflarea în apă a amestecurilor de gaze

6.4.1. Insuflarea de aer atmosferic în apă (varianta I)

6.4.2. Insuflarea unui amestec de aer atmosferic și oxigen pur, în apă (varianta II)

6.4.3. Insuflarea de aer cu conținut redus de azot (varianta III)

6.5. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 7. CONCEPȚIA ȘI PROIECTAREA INSTALAȚIILOR PENTRU INSUFLAREA AMESTECURILOR DE GAZE ÎN APĂ

7.1. Instalația pentru insuflarea de aer atmosferic în apă

7.2. Instalația privind insuflarea unui amestec de aer atmosferic și oxigen pur, în apă

7.3. Instalația pentru insuflarea aerului cu conținut redus de azot

7.4. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 8. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

8.1. Instalația experimentală pentru insuflarea de aer atmosferic în apă

8.2. Instalația experimentală pentru insuflarea unui amestec de aer și oxigen în apă

8.3. Instalația experimentală pentru insuflarea de aer cu conținut redus de azot

8.4. Scopul și metodica cercetărilor

8.5. Rezultate experimentale obținute

8.5.1. Insuflarea de aer atmosferic (21 % O₂ + 79 % N₂) în apă

8.5.2. Insuflarea unui amestec de aer atmosferic și oxigen din butelie

8.5.3. Insuflarea în apă a aerului cu conținut redus de azot (varianta III)

8.6. Compararea rezultatelor teoretice cu datele experimentale obținute

8.7. Concluzii și contribuții personale

CAPITOLUL 9. ANALIZA ECONOMICĂ A VARIANTELOR STUDIATE PRIVIND TRANSFERUL OXIGENULUI CĂTRE APĂ

9.1. Formularea problemei

9.2. Calculul volumului de gaz și a timpului de funcționare a instalației pentru introducerea unui metru cub de oxigen în apă

9.2.1. Varianta I

9.2.2. Varianta II

9.2.3. Varianta III

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

9.3. Calculul energiei electrice necesare pentru introducerea unui metru cub de oxigen în apă în vederea oxigenării acesteia

9.3.1. Varianta I

9.3.2. Varianta II

9.3.3. Varianta III

9.4. Analiza comparativă a variantelor studiate

9.5. Concluzii și contribuții personale

CONCLUZII

C.1. Concluzii generale

C.2. Contribuții originale

C.3. Perspective de dezvoltare ulterioară a cercetărilor

Bibliografie selectivă

LISTA PRINCIPALELOR NOTAȚII

*** Litere romane**

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];

**** Prescurtări:**

G.B.F. – generator de bule fine;

G.M.B. – generator de microbule.

***** Litere grecești:**

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

ε – fracția de goluri;

PREFAȚĂ

Prezenta lucrare contribuie la extinderea cercetărilor teoretice și experimentale privind oxigenarea apelor, utilizând generatoarele de microbule. Aceste cercetări s-au desfășurat în Departamentul Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice din cadrul Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică din Universitatea Politehnică din București. La elaborarea cercetărilor au contribuit direct sau indirect cadrele didactice și personalul tehnic din acest departament.

Mulțumesc domnului prof. emerit dr. ing. Nicolae Băran pentru îndrumarea atentă, interesul constant, contribuția hotărâtoare la formarea mea ca specialist și pentru că a acceptat

să mă înscriu la doctorat la domnia sa și, ulterior, m-a îndrumat la realizarea prezentei teze de doctorat. Îi mulțumesc pentru încrederea, sprijinul și atenția pe care mi le-a acordat în toți acești ani. De asemenea, mulțumesc directorului de departament, domnul conf. dr. ing. Valentin Apostol, că m-a încurajat și ajutat la realizarea prezentei lucrări. Îi mulțumesc pentru întreg sprijinul și încurajările oferite în diverse împrejurări. Cu ajutorul unor colegi ca ș.l. dr. ing. Ionela Mihaela Constantin, ș.l. dr. ing. Cătălina Dobre, ing. Mădălina Zamfir și totodată beneficiind de sprijinul familiei am reușit să elaborez această teză de doctorat.

În perioada de cercetare științifică, mai precis la realizarea instalației experimentale, am fost ajutată de cadre didactice de la alte departamente din cadrul Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică, și anume: ș.l. dr. ing. Daniel Besnea de la Departamentul Mecatronică și Mecanică de Precizie și prof. dr. ing. Teodor Sima de la Departamentul Echipamente pentru Procese Industriale. Pe parcursul efectuării cercetărilor experimentale am fost ajutată de domnul ec. Mircea Mirea prin procurarea de butelii de oxigen. O contribuție deosebită la realizarea instalației experimentale au adus-o și personalul tehnic din cadrul Departamentului Termotehnică, Motoare, Echipamente Termice și Frigorifice. Ținând cont de regulamentul Școlii Doctorale am constituit o echipă de cercetare alcătuită din: prof. emerit dr. ing. Nicolae Băran, ș.l. dr. ing. Ionela Mihaela Constantin, cu care am publicat **24 lucrări** științifice în țară și în străinătate. Tuturor celor menționați mai sus le mulțumesc încă odată pentru sprijinul acordat la realizarea prezentei teze de doctorat.

Mulțumesc părinților care mi-au dat viață și m-au crescut în spiritul unor valori etice și morale alese. Întreaga mea recunoștință și considerație se adresează tuturor celor care mi-au fost alături, care m-au susținut și încurajat în toată perioada de doctorat.

Drd. ing. Elena-Beatrice Tănase

Teza de doctorat se încadrează în cercetările actuale pe plan mondial și aduce importante contribuții, teoretice și experimentale, cu implicații în domeniul general al științelor ingineresti, cu aplicabilitate imediată în oxigenarea apelor uzate, în conservarea mediului.

Lucrarea, însumând un număr de 162 de pagini, 86 figuri, 32 tabele, este rațional structurată în 9 capitole, la care se adaugă, la început, Lista principalelor notații, Lista figurilor, Lista tabelelor, Prefața, Introducerea și, la sfârșit, Concluziile, Bibliografia și Anexele.

În **Prefață** autoarea face scurte referiri privitoare la cercetările privind oxigenarea apelor prin utilizarea generatoarelor de microbule 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 generalități privind fenomenul de oxigenare a apelor uzate, unele elemente ale problematicei abordate și se precizează cadrul teoretic și practic al dezvoltărilor tezei de doctorat, Se justifică alegerea temei cercetării, se fixează obiectivele de studiu și se face o prezentare generală a lucrării.

Capitolul 1, Stadiul actual al cercetărilor privind oxigenarea apelor, examinează problema necesității aerării apelor uzate și enumeră și clasifică principalele instalații de aerare după diferite criterii. Se insistă asupra instalațiilor de aerare pneumatică prezentând construcția și funcționarea instalațiilor de aerare cu difuzori poroși, a celor cu conducte perforate cu orificii și a celor cu generatoare cu bule fine. Se analizează sistemele de aerare echipate cu generatoare de bule, detaliind elementele privind geometria bulei de aer și forțele care acționează asupra ei. Se detaliază soluțiile constructive ale generatoarelor de bule și anume generatoarele de bule fine cu plăci ceramice, cu plăci din materiale plastice poroase, cu membrane perforate, cu plăci perforate mecanic sau prin electrocoroziune. Concluziile capitolului apreciază că sistemul de aerare cel mai bun este cel pneumatic, remarcându-se, în special, generatoarele de microbule de formă dreptunghiulară, cu orificiile realizate prin microgăurire.

Capitolul 2, Studiul proprietăților gazelor destinate accelerării proceselor de oxigenare a apelor, prezintă, în primul rând, proprietățile fizice comune lichidelor și gazelor: densitatea și greutatea specifică, compresibilitatea izotermă, adeziunea la suprafețele solide, viscozitatea. Se trec în revistă proprietățile fizice specifice gazelor, detaliind legile de variație a densității gazului în funcție de presiune, căldura specifică, energia internă specifică, entalpia specifică. Se examinează proprietățile termofizice ale gazelor destinate creșterii oxigenului dizolvat în apă: aerul, oxigenul și aerul cu conținut redus de azot. Concluziile capitolului precizează cele trei variante de aerare utilizate în teză, și anume: cu aer atmosferic; cu aer atmosferic îmbogățit cu oxigen dintr-o butelie (cu oxigen lichefiat); cu aer atmosferic cu conținut redus de azot.

Capitolul 3, Analiza variantelor de oxigenare a apei folosite în cercetările tezei, începe cu precizarea primei variante: oxigen preluat din aerul atmosferic, comprimat cu un

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

compresor cu piston, cu o singură treaptă de compresie, echipat corespunzător. A doua variantă de oxigenare este reprezentată prin insuflarea în apă a oxigenului provenit dintr-o butelie cu oxigen lichefiat, prevăzută cu reductoare de presiune. Se introduc unele considerații asupra izotermelor lui Andrews, asupra lichefierii gazelor (producerea oxigenului lichefiat) și asupra detentoarelor cu piston. A treia variantă de oxigenare constă în folosirea aerului atmosferic cu conținut redus de azot obținut cu un concentrator performant de oxigen, cu zeoliți. Se menționează și o a patra sursă de oxigenare a apei, prin folosirea ozonului, care nu se reține, datorită unor neajunsuri tehnice. Concluziile capitolului evidențiază posibilitățile de realizare a unor cercetări experimentale edificatoare, pentru cele trei variante precizate de oxigenare a apei, folosind dotările Laboratorului Departamentului Termotehnică, Motoare, Echipamente termice și frigorifice.

Capitolul 4, Metode pentru măsurarea concentrației de oxigen dizolvat în apă, începe cu expunerea metodelor chimice; dintre metodele chimice, se exemplifică metoda iodometrică. Se continuă cu prezentarea metodelor electrice, cu cele două tehnici de măsurare a concentrației de oxigen dizolvat în apă, galvanică și polarografică; în teză se analizează procedeul polarografic, cu descrierea oxigenometrului care folosește acest procedeu, folosit în cercetările experimentale ale tezei. Sunt menționate și metodele optice bazate pe spectroscopia de reflexie, analiza luminii transmise prin electrozi transparenți și elipsometrie; se descrie aparatul de determinare a oxigenului dizolvat în apă prin metoda măsurării luminescenței oxigenului dizolvat. Concluziile capitolului evidențiază diferențele dintre cele trei metode de măsurare a concentrației de oxigen dizolvat în apă, cu precizarea avantajelor și dezavantajelor. Se subliniază avantajele optării pentru oxigenometrul prevăzut cu sondă polarografică pentru determinarea experimentală a oxigenului dizolvat în apă.

Capitolul 5, Analiza funcționării generatorului de microbule, debutează cu o scurtă analiză a proceselor și dispozitivelor de aerare cu precizarea factorilor care determină eficiența procesului de aerare și a avantajelor sistemelor de aerare cu bule fine. În continuare, doctoranda se ocupă de realizarea generatoarelor de microbule prin microgăurire, precizând condițiile geometrice care trebuie îndeplinite referitoare la corelația dintre grosimea plăcii în care se execută orificiile și diametrul acestor orificii, pe de o parte, și la corelația dintre distanțele dintre orificii și diametrul orificiului, pe de altă parte. Este prezentat generatorul de microbule de concepție originală, realizat special pentru prezenta teză de doctorat. Se stabilește regimul de funcționare a generatorului de microbule. Se analizează pierderile de

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat presiune și se calculează debitul de aer livrat către acest generator. Concluziile capitolului se referă la performanțele generatorului de microbule studiat.

Capitolul 6, Studiul influenței compoziției gazului insuflat în apă asupra concentrației de oxigen dizolvat, tratează, în primul rând, problema integrării numerice a ecuației diferențiale a vitezei de transfer a oxigenului către apă. Se elaborează un program de calcul pentru funcția concentrația oxigenului dizolvat în apă în funcție de timp. Se precizează compoziția inițială a amestecului de gaze insuflat în apă, relațiile de calcul aplicate amestecurilor de gaze perfecte și datele privind amestecurile de gaze analizate în teză. Sunt enumerate rezultatele teoretice de calcul, la insuflarea în apă de aer atmosferic, de amestec de aer atmosferic și oxigen, de aer cu conținut redus de azot, prin reprezentarea tabelară și grafică a variației concentrației oxigenului dizolvat în funcție de timp.

Capitolul 7, Concepția și proiectarea instalațiilor pentru insuflarea amestecurilor de gaze în apă, prezintă succesiv schemele instalațiilor pentru insuflarea în apă a aerului atmosferic, a amestecului de aer atmosferic și oxigen și a aerului atmosferic cu conținut redus de azot. Se urmărește să se aprecieze creșterea concentrației de oxigen dizolvat în apă funcție timp, de compoziția gazului introdus în apă, de concentrația inițială a oxigenului dizolvat în apă. Concluziile capitolului se referă la stabilirea schemei de funcționare cea mai sigură și la consumul de energie aferent.

Capitolul 8, Cercetări experimentale, analizează pe rând instalațiile experimentale pentru insuflarea de aer atmosferic în apă, subliniind diferențele. Se enunță scopul cercetărilor și se detaliază metodică cercetărilor. Rezultatele experimentale obținute sunt prezentate sugestiv tabelar și grafic, pentru toate cazurile cercetate. Se compară rezultatele obținute teoretic cu cele determinate experimental, constatându-se o bună concordanță. Concluziile capitolului se referă la precizarea vitezei de creștere a concentrației de oxigen dizolvat în funcție de varianta experimentată.

Capitolul 9, Analiza economică a variantelor studiate privind transferul oxigenului către apă, pentru cele trei variante principale de studiu. Se efectuează calculul volumului de gaz, al timpului de funcționare a instalației și al energiei electrice necesare (cu un program de calcul adecvat, pentru introducerea unui metru cub de oxigen în apă, pentru cele trei variante de lucru. Se realizează o analiză comparativă a variantelor studiate. Concluziile studiului economic se referă la stabilirea variantei cea mai economică.

Concluziile tezei de 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, prezentată în ordinea citării, este reprezentativă și modernă, cuprinzând lucrări de referință din domeniu, și conține un număr de 114 titluri. Sunt menționate și lucrările autoarei tezei de doctorat.

Anexele sunt reprezentate de Anexa 1, *Lista de lucrări publicate de autoarea tezei*, evidențiind articolele publicate în reviste cotate ISI cu factor de impact, articolele publicate în reviste cotate BDI, inclusiv o lucrare în Buletinul științific al UPB, articolele apărute în volumele unor manifestări științifice naționale și internaționale, la care doctoranda este prim-autor sau co-autor, și Anexa 2, Buletin concentrator de oxigen

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 aprofundate a stadiului actual al problematicii cercetărilor teoretice, numerice și experimentale, privind influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat, pe baza unei ample documentări, a unei selecții riguroase a bibliografiei de specialitate studiate și a considerării activității proprii în domeniu, desfășurate în ultimii ani.

✓ Identificarea și prezentarea într-o manieră științifică coerentă a problemelor legate de proprietățile gazelor destinate accelerării procesului de oxigenare a apelor, de metodele pentru măsurarea concentrației de oxigen dizolvat în apă, de funcționarea generatorului de microbule.

✓ Concepția unei noi generații de generatoare de microbule, în care orificiile de dispersie a aerului în apă, cu diametrul de 0,1 mm, sunt prelucrate prin microgăurire (o tehnologie neconvențională), cu precizarea condițiilor geometrice care trebuie îndeplinite referitoare la corelația dintre grosimea plăcii în care se execută orificiile și diametrul orificiului și la corelația dintre distanțele dintre orificii și diametrul orificiului.

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat

✓ Studiul teoretic al generatorului de microbule realizat special pentru prezenta teză, cu stabilirea regimului de funcționare, analiza pierderilor de presiune și calculul debitului de aer livrat.

✓ Studiarea separată și analiza comparativă a trei variante de gaze destinate oxigenării apelor: aer atmosferic, aer atmosferic îmbogățit (în diferite proporții) cu oxigen (provenind dintr-o butelie de oxigen) și aer atmosferic cu conținut redus de azot (provenit de la un concentrator de oxigen).

Contribuții numerice

✓ Integrarea numerică a ecuației vitezei de transfer a oxigenului către apă, cu folosirea condițiilor la limită adecvate.

✓ Elaborarea unui program de calcul al concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp, pentru cele trei variante de gaze insuflate în apă, în scopul creșterii concentrației de oxigen dizolvat.

✓ Determinarea numerică și reprezentarea grafică a variației concentrației de oxigen dizolvat în apă în funcție de timp pentru cele trei variante examinate.

✓ Elaborarea unui program de calcul pentru stabilirea consumului de energie electrică necesar introducerii unui metru cub de oxigen în rezervorul cu apă al instalației experimentale.

Contribuții experimentale

✓ Concepția, proiectarea, realizarea și echiparea instalației experimentale pentru cercetările experimentale ale celor trei variante studiate, dotată cu aparatură de măsură și control performantă (termometru digital, manometre diferențiale digitale, rotametri, oxigenometru cu sondă polarografică, sistem electronic de înregistrare și procesare a datelor).

✓ Precizarea și detalierea scopului și metodicii cercetărilor experimentale, cu indicarea succesiunii etapelor măsurărilor.

✓ Prezentarea sugestivă a rezultatelor experimentale obținute, tabelar și grafic, pentru toate cazurile cercetate.

✓ Compararea rezultatelor determinate experimental cu rezultatele obținute teoretic (constatându-se o bună concordanță) în vederea stabilirii variantei celei mai favorabile în ceea ce privește viteza de creștere a concentrației de oxigen dizolvat.

În afara acestor contribuții, s-ar mai putea adăuga și analiza economică a variantelor studiate privind transferul oxigenului către apă, pentru cele trei variante principale de studiu,

Influența compoziției gazului insuflat în apă asupra conținutului de oxigen dizolvat efectuându-se calculul volumului de gaz, al timpului de funcționare a instalației și al energiei electrice necesare precum și compararea variantelor studiate.

Autoarea sugerează câteva posibilități de dezvoltare ulterioară a cercetărilor.

Bibliografie selectivă

[1] *S. Stoianovic, D. Robescu, D. Stamatoiu*, Calculul și construcția echipamentelor de oxigenare a apelor, Editura CERES, București, 1985.

[2] *G. Mattock*, New Process of Waste Water Treatment and Recovery, Ellis Horwood Ltd., Publishers, 1978.

[3] *D. L. Robescu, F. Stroe, A. Presura, D. Robescu*, Tehnici de epurare a apelor uzate, Editura Tehnică, București, 2011.

[4] *A. M. Marinov*, Hidrodinamica Apelor subterane, Editura Printech, București, 2000.

[5] *D. Dinu*, Hydraulics and hydraulic machines, Ed. Sigma, 1999.

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

[17] *G.Oprina*, Contribuții la hidro-gazo-dinamica difuzoarelor poroase, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, Facultatea de Energetică, 2007.

[18] *I. Călușaru*, Influența proprietăților fizice ale lichidului asupra eficienței proceselor de oxigenare, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, 2014.

[19] *Al. S. Pătulea*, Influența parametrilor funcționali și a arhitecturii generatoarelor de bule fine asupra eficienței instalațiilor de aerare, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, 2012.

[27] *T. Miyahara, Y.Matsuha, T. Takahashi*, The size of bubbles generated from perforated plates, International Chemical Engineering, **vol. 23**, 1983, pp. 517-523.

[28] *N. Băran, I. M. Călușaru, G. Mateescu*, Influence of the architecture of fine bubble generators on the variation of the concentration of oxygen dissolved in water, Buletinul Stiintific al Universitatii Politehnica din Bucuresti, Ed.Politehnica Press, seria D, Inginerie Mecanică, **vol.75**, nr. 3/2013, pp. 225-236.

[29] *I. Pincovschi*, Hidrodinamica sistemelor disperse gaz-lichid, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, 1999.

[30] *S.G. Georgescu*, Evolution D'une bulle de gase, These, Institut Național Polytechnique De Grenoble, Avril, 1999.

- [40] **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.
- [41] *N. Băran, M. Constantin, E. Tănase, R. 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, 2016, pp. 167-178.
- [46] *M. Constantin, N. Băran, B. Tănase*, A New Solution for Water Oxygenation, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), Vol. 2, Issue 7, 2015, pp. 49-52.
- [62] *M. Marinescu, ș.a.*, Transfer de căldură și masă, Procese Fundamentale, Editura POLITEHNICA PRESS, București, 2009.
- [81] **B. Tănase, D. Besnea, R. Mlisan, M. Constantin and N. 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, 2015, pp. 46-50.
- [82] *N. Băran, I. M. Constantin, E. B. Tănase, R. Mlisan*, Researches regarding water oxygenation with fine air bubbles, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 78, Iss. 2, 2016, pag 167-177.
- [83] *M. Călușaru-Constantin, E. B. Tănase, N. Băran and 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, 2014, pp. 228-231.
- [84] *M. Constantin, N. Băran, B. Tănase*, A New Solution for Water Oxygenation, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), Vol. 2, Issue 7, 2015, pp. 49-52.
- [85] **B. Tănase, N. Băran, M. Constantin, R. Cusma**, Hydrostatic Load Influence on Water Oxygenation Process, Energy Procedia, 2015, pp. 44-50.
- [86] *N. Băran, M. Vlăsceanu, M. Băran, E. B. Tănase*, Increasing the performance of oxygenation installations, Termotehnica, nr.1/2014, pp.16-21.
- [87] **E. B. Tănase, N. Băran, R. Mlisan**, An Efficient Solution for Water Oxygenation, Asian Engineering Review Vol. 1, No. 3, 36-40, 2014.
- [88] *M. Constantin, N. Băran, B. Tănase, R. Mlisan (Cusma)*, Research regarding the free surface water aeration, Termotehnica nr.2/2014, pp. 82-86.
- [89] **B. Tănase, D. Besnea, R. Mlisan (Cusma), N. Băran, M. Constantin**, Researches regarding the pressure losses on fine bubble generators, The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics, 2015, Issue 48, pp. 155-157.
- [112] *N. Băran, B. Tănase, R. Mlisan, I. Călușaru*, Researches regarding the reduction of the water oxygenation time, Termotehnica nr.2/2013, București, pp. 100-103.
- [114] **E. B. Tănase, N. Băran, M. Vlăsceanu (Banu)**, Reduction of energy consumption in water aeration plants, IJISSET - International Journal of Innovative, Engineering & Technology, vol I, Issue 5, 2014, pp. 522-524.