

DECANTORUL SONIC PENTRU TRATAREA APEI BRUTE ÎN VEDEREA POTABILIZĂRII

¹C. Cîrnu, ¹G. Bălan dr.hab., ²P.Dumitraș dr.

¹Universitatea „Dunărea de jos” din Galați,

²Institutul de Fizică Aplicată al Academiei de Științe a Moldovei

INTRODUCERE

În țara noastră sursă cea mai frecvent utilizată apă pentru tratare în vederea potabilizării este apa de suprafață. Apa de suprafață este „tulbură”. Această caracteristică variază funcție de anotimp și de debitul râului. Principala faza tehnologică de tratare a apei este decantarea, un proces de sedimentare în care sunt reținute până la 98% din suspensiile de orice tip, atât gravimetrice (care se depun prin gravitație), cât și coloidale (care se depun după o prealabilă tratare cu coagulant).

Bazinele în care are loc procesul de decantare se numesc decantoare. Ele pot fi: orizontale – longitudinale, radiale sau verticale, în funcție de sensul de circulație al apei. Alegerea tipului de decantor se face pe baza unui studiu tehnico – economic, ținând seama de mărimea stației de tratare, de condițiile locale (mărimea terenului ce poate fi folosit, relieful terenului, natura terenului de fundație, nivelul și calitatea apei brute), de costul de investiție și de exploatare, precum și dificultățile de exploatare. Pentru decantarea apei se recomandă următoarele tipuri constructive [4]:

- decantoarele orizontale (echipate cu module lamelare pentru mărirea eficienței) și verticale de tip tradițional sunt indicate pentru debite mici de apă;
- decantoarele radiale sunt avantajoase pentru debite mari de apă (dar datorită dificultății în exploatare, este recomandabil ca acestea să fie folosite numai ca predecantoare);
- decantoarele suspensionale se pot utiliza în toate cazurile în care trebuie să se obțină o limpezire foarte bună a apei înainte de procesul de filtrare, în stațiile de tratare, pentru debite mijlocii și mari (au avantajul concentrării într-o singură construcție a bazinului de amestec, a celui de reacție și a decantorului ceea ce conduce la o eficiență ridicată a limpezirii apei pe lângă o importantă economie de investiții).

Indiferent de tipul constructiv, schema tehnologică a unui decantor conține: un sistem de introducere și distribuție a apei brute; un sistem de introducere și distribuție a coagulantului; un spațiu de decantare; un spațiu de sedimentare a nămolului decantat; un sistem de colectare a apei decantate și un sistem de colectare și evacuare a nămolului [5].

În lucrarea de față se propune o nouă tehnologie de tratare a apei: utilizarea generatorului sonic în procesul de decantare. Undele sonice emise împreună cu jetul de aer pot conduce la accelerarea procesului de sedimentare a particulelor și la diminuarea dozelor de coagulant utilizat.

2. DECANTORUL SONIC EXPERIMENTAL

Pentru realizarea tehnologiei sonice de decantare a apei brute s-a proiectat un decantor vertical suspensional (fig.1) echipat cu un generator sonic gazodinamic.

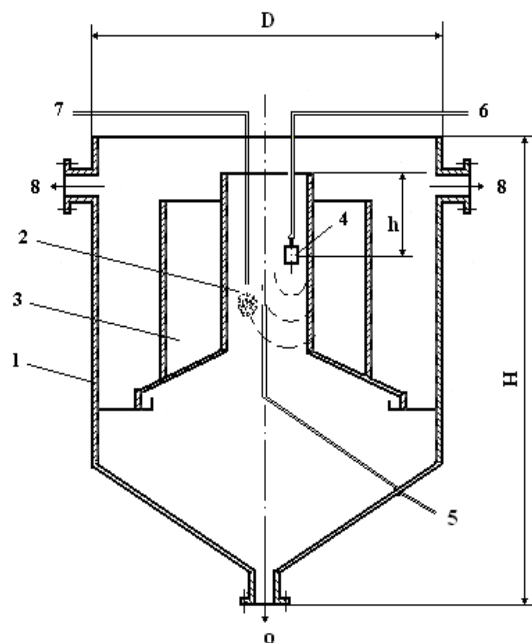


Figura 1. Decantorul sonic experimental: 1- peretele decantorului; 2 – camera de amestec; 3 – camera de reacție; 4 – generatorul sonic; 5 – conductă de apă brută; 6 – conductă de aer de lucru a generatorului; 7 – conductă de coagulant; 8 – colectare apa decantată; 9 – colector de evacuare nămolului; D, H – diametrul, respectiv înălțimea decantorului; h- adâncimea generatorului.

Decantorul sonic funcționează în felul următor. Apa brută (apă de Dunăre) pătrunde în camera de amestec 2 prin conducta de alimentare 5. Tot acolo ajunge prin conducta de alimentare 7 și

coagulantul (soluție de sulfat de aluminiu. Generatorul sonic, alimentat cu aer sub presiune prin conducta 6, este introdus în camera de amestec în poziții și adâncimi diferite (adâncimea variază în domeniul $h = 0 - 1$ m) unde produce concomitent unde sonice și barbotare, datorită aerului de lucru necesar pentru funcționarea generatorului.

Barbotare (aerare) realizează amestecul dintre apa brută și cogulant. Efectele produse de generatorul sonic pătrund și în camera de reacție 3 unde amplifică procesul de coagulare – floculare. Apa decantată este colectată prin ștuțuri de colectare 8. Suspensiile se depun în partea inferioară (conică) a decantorului și la anumite perioade de timp sunt evacuate prin ștuțul de evacuare a "nămolului" 9. Decantorul experimental are următoarele cote de gabarit: $D=1,6m$; $H=2,56m$.

3. GENERATORUL SONIC SI PARAMETRII ACUSTICI

Generatorul sonic experimental are forma plăta dreptunghiulară și conține două rezonatoare cu vârtej. Carcasa 3 constructiv reprezintă o furcă frezată cu un canal dreptunghiular în interiorul căroră sunt amplasate rezonatoarele identice 1 și 2 carcasi (fig. 3). Rezonatoare sunt plate și fiecare are câte o cameră cilindrică transversală cu un anumit diametrul D pentru crearea pulsațiilor de o anumită frecvență. Rezonatorul de sus 2 are partea de jos rotunjită și o deschidere dreptunghiulară spre axă de simetrie a generatorului. Rezonatorul de jos 1, are partea de sus rotunjită cu deschiderea dreptunghiulară în sus. Amplasarea lor cu părțile rotunjite față în față, crează un canal central pentru trecerea fluidului de lucru.

Generatorul funcționează în felul următor. Fluidul (aer sau gaz) sub presiune, patrunde printr-un ștuț din partea dreaptă a carcasi în canalul dreptunghiular format din două rezonatoare și pereții carcasi. În fiecare camera cilindrică a rezonatoarelor fluidul crează câte un vârtej, care produce oscilațiile de o anumită frecvență în funcția de viteza jetului, care depinde de fanta δ , presiunea fluidului și de diametrul interior D a camerei de vârtej. Datorită faptului că diametrele camerelor sunt egale are loc interferența oscilațiilor care asigură creșterea amplitudinii, ceea ce permite generarea undelor puternice cu frecvența înaltă, inclusiv și ultrasonică (fig.3). Pentru determinarea parametrilor acustici ai generatorului sonic experimental s-a utilizat sistemul de măsurare cu două lanțuri al Laboratorului de Zgomot și Vibrații din cadrul Universității POLITEHNICA din București (fig. 3).

Primul lanț de măsurare conține un sonometrul

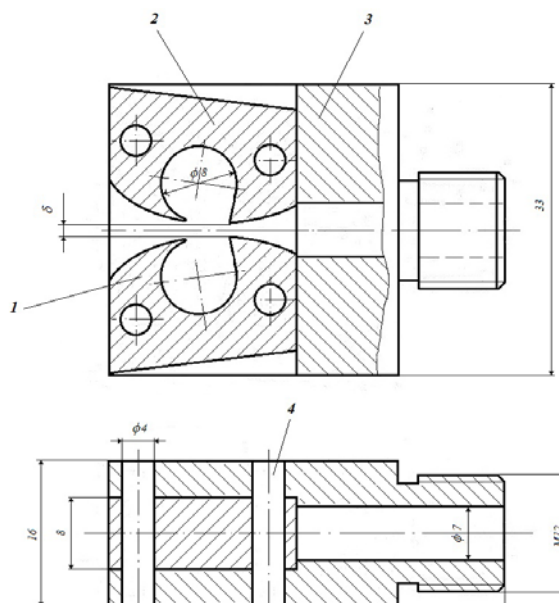


Figura 2. Generatorul sonic experimental cu două camere de vârtej: 1-carcasă; 2-rezonatorul de sus ; 3- rezonatorul de jos ; D - diametrul camerei cilindrice ; d -diametrul canalului de intrare; b, h - lățimea și lungimea ajutorului de ieșire; δ - fanta de reglare a generatorului.

2250 produs de firma „Brüel & Kjaer”, care permite citirea nivelelor de intensitate acustică exprimate în dB pe întreg spectrul de frecvență (valoarea notată cu Z exprimate în dB), valorilor ponderate pe curba de ponderare A (valoare notată cu A exprimate în dB(A)) precum și valorile nivelelor de intensitate acustică în benzi de 1/3 octava cu frecvențele centrale menționate (12,5;16;20) în domeniul frecvențelor audio (10Hz-20kHz). Pentru fiecare măsurătoare este anexată spectrograma respectivă. Al doilea lanț de măsurare conține un sonometru 2209 clasic “Brüel & Kjaer” care a permis înregistrarea semnalului acustic în timp pe un Laptop și analiza spectrală FFT în domeniul de frecvențe 0-25 kHz a acestor semnale cu un program LabView. Spectrogramele obținute pentru fiecare măsurătoare au fost prezentate cu metoda ZOOM pentru a evidenția cu precizie valorile spectrale rezonante [5].

Măsurătorile acustice s-au efectuat în conformitate cu Standardul privind emisiile de zgomot SR EN ISO 3744/2009 “Determinarea nivelurilor de putere acustică ale surselor de zgomot utilizând presiunea acustică. Metodă tehnică în condiții apropiate de cele ale unui câmp liber deasupra unui plan reflectant”. Generatorul experimental a fost situat orizontal la distanță de 2 m de la podea și de 3-6 m față de pereți într-o camera fonoizolată. Zgomotul de fond al camerei în timpul cercetărilor nu depășea nivelul de 48 dB, ceea ce este mult mai mic comparativ cu

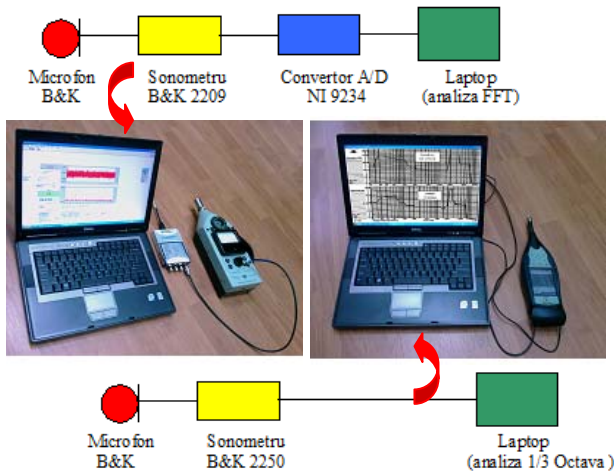


Figura 3. Sistemul acustic cu două lanțuri de măsurare.

intensitatea sonoră produsă de generatorul sonic.

Microfonul se afla în planul orizontal normal la axa generatorului pe o distanță de 1m, astfel ca axa microfonului să treacă prin centrul zonei de lucru a generatorului (fig. 4).

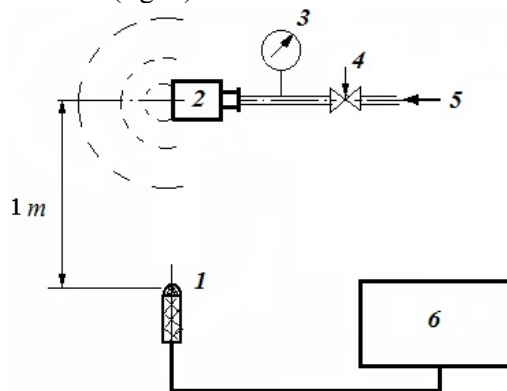


Figura 4. Schema efectuării măsurărilor acustice: 1- microfon; 2- generatorul sonic; 3-manometru, 4-reductor; 5- admisir aer de lucru; 6- sistemul acustic cu două lanțuri de măsurare.

S-a determinat parametrii acustici ai generatorului la presiunea de lucru a generatorului sonic $p = 0,05$ MPa, la care s-au efectuat cercetările decantorului experimental.

Spectrul de emisie acustică a generatorului sonic experimental în benzi de 1/3 octavă (fig. 5) a evidențiat două frecvențe de lucru al generatorului radial: prima frecvență de 10 kHz și a doua frecvență de 20 kHz. Nivelul al intensității acustice la prima frecvență de emisie ($L_{fI} = 109,88$ dB) ce se află în domeniul sonic, este puțin mai mare cu 1,8 dB decât nivelul intensității acustice la a doua frecvență ($L_{fII} = 108,09$ dB), care aparține deja domeniului ultrasunetelor, nivelului global fiind de $L_z = 112,32$ dB.

Mai jos în fig. 6 sunt prezentate pulsațiile de presiunea acustică măsurate în timpul funcționării

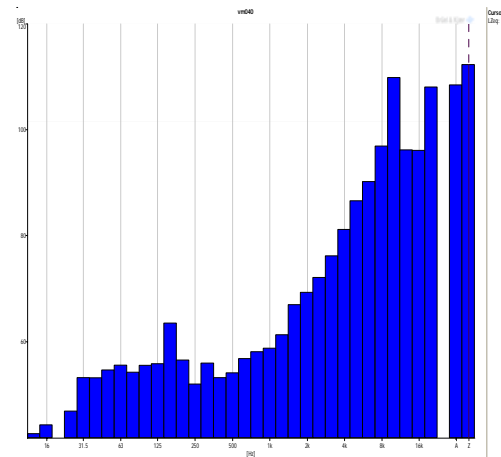


Figura 5. Spectrul de emisie acustică a generatorului sonic cu două vârtejuri în benzi de 1/3 octavă (presiunea de lucru a generatorului $p = 0,05$ MPa).

generatorului sonic experimental, iar în fig. 7 este dată analiza spectrală FFT a acestui semnal cu programul LabView.

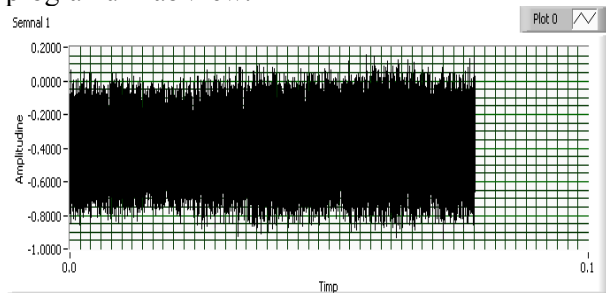


Figura 6. Pulsații de presiunea sonoră în timp real produse de generatorului sonic cu două vârtejuri (presiunea de lucru a generatorului $p = 0,05$ MPa).

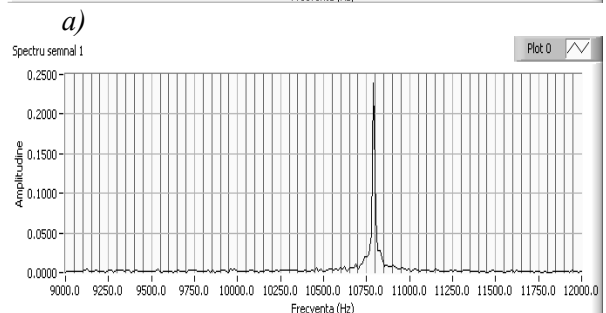
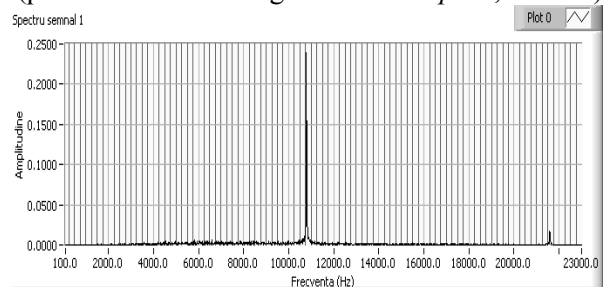


Figura 7. Analiza spectrală FFT cu programul LABwiev (presiunea de lucru a generatorului sonic $p = 0,05$ MPa): a) spectrul pulsațiilor de presiunea acustică în banda îngustă; b) ZOOM-ul spectrului în zona de interes.

Depistarea acestor două frecvențe de lucru: frecvență sonică de $f_I = 10,76$ kHz (fig. 7 a, b) și frecvență ultrasonică de $f_{II} = 21,520$ kHz (fig. 7 a), la fel ca și caracterul asemănător al variației nivelelor de intensitate acustică L_{fI} , L_{fII} (fig. 3.14) arată că generatorul experimental (fig. 2) este bifrecvențial, de tip sonic-ultrasonic.

4. INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE A DECANTORULUI SONIC

Cercetarea tratării sonice (cu ultrasunete și cu aerare concomitentă) a apei brute dintr-o sursă de suprafață impune anumite cerințe tehnice pentru controlul și monitorizarea procesului tehnologic, care sunt prevăzute în instalația experimentală, realizată pe platforma Uzinei de apă din Brăila.

Instalația experimentală în afara de decantorul sonic 1 cuprinde diferite sisteme: sistemul de alimentare cu soluție de coagulant I; sistemul de alimentare cu apă brută II; sistemul de alimentare cu aer comprimat a generatorului III; sistemul de canalizare a suspensiei decantate IV; sistemul de colectare a apei decantate V (fig. 8).

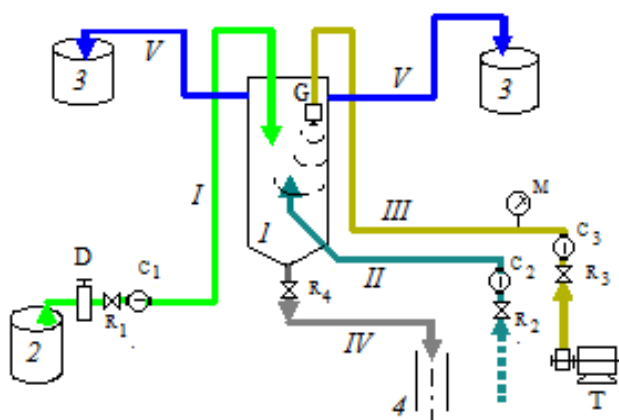


Figura 8. Instalația experimentală pentru cercetarea decantorului sonic: 1-decantor; 2-cuvă de coagulant, 3-cuvă de apă decantată; 4 canalizare; G- generator sonic, D-doзатор coagulant; R_1 - robinet reglare debit coagulant; C_1 -contor monitorizare coagulant; R_2 - robinet reglare apă brută; C_2 -contor monitorizare apă brută; T-turbosuflantă; R_3 -robinet reglare aer sub presiune, M – manometru; R_4 -robinet reglare evacuare nămol

Apa brută din sistemul de pompare a uzinei se refulază în decantorul sonic 1, debitul apei brute este reglat cu ajutorul robinetului R_2 și monitorizat prin contorul de apă C_2 . Soluția de sulfat de aluminiu din cuva 2 ajunge în instalație prin intermediul dozatorului D, iar debitul soluției de

sulfat de aluminiu ce intră în decantorul sonic este reglat cu ajutorul robinetului R_1 și monitorizat prin contorul C_1 .

Aerul de lucru pentru generatorul sonic, produs de la turbosufianta T cu presiunea de refulare de 0,05 MPa și cu debitul maxim de 220 m³/h, este reglat cu ajutorul robinetului R_3 și monitorizat prin manometrul M. Generatorul sonic G, poziționat în interiorul decantorului sonic experimental, produce concomitent unde acustice și aerare, asigurând prin aceasta decantarea sonică a apei.

Metodologia de lucru în cadrul cercetărilor experimentale a fost următoarea:

- stabilirea regimului de lucru al instalației la care debitul apei în decantorul experimental este constant (debitul apei brute de 0,9144 m³/h; viteza ascensională a apei brute de 0,145 mm / s);
- stabilirea debitului soluției agentului de coagulare (sulfatul de aluminiu $Al_2(SO_4)_3$) pentru doză de 40 - 60g/m³;
- stabilirea ciclului de funcționare intermitentă a generatorului sonic în funcție de viteza ascensională a apei și de capacitatea decantorului experimental (perioada de funcționare efectivă a generatorului sonic de 60 minute, alternat cu perioadele de pauză de 5,10,15 sau 20 de minute).

Pentru evaluarea eficacității decantorului sonic s-au măsurat turbiditatea apei brute tratate sonic în decantorul experimental și a apei tratate clasic într-o instalație tehnologică de tratare a apei, în conformitate cu legislația în domeniu[4, 7].

Determinarea turbidității s-a efectuat imediat după recoltarea probei. În turbidimetru "Merck" (fig. 9) s-a introdus fiola de 20 ml ce conține apă de analizat și se așteaptă stabilizarea aparatului.



Figura nr. 9. Turbidimetru "Merck"

Determinarea turbidității cu turbidimetru are la bază efectul Tyndall conform căruia apa tulbură devine strălucitoare dacă este traversată de un fascicul luminos, datorită faptului că particulele în suspensie difuzează lateral o parte din razele

luminoase. Valoarea turbidității este afișată electronic pe ecranul turbidimetrului în unități nefelometrice de turbiditate (NTU). 1 NTU = 0,13 grade de siliciu, unde 1 grad de siliciu (sau 1 grade de turbiditate) reprezintă dispersia razei incidente la trecerea ei printr-o suspensie ce conține un miligram de dioxid de siliciu într-un decimetru cub de apă – 1 grad de turbiditate corespunde la 1 mg SiO₂/litru apă.

5. EFECTUL TRATĂRII SONICE ASUPRA TURBIDITĂȚII APEI BRUTE DECANTATE

Având în vedere faptul că regimul de funcționare al decantorului sonic este discontinuu (cu pauze) pentru a aprecia atât perioada de funcționare efectivă cât și perioada de pauză, dar și adâncimea și poziția generatorului sonic introdus în camera de amestec, experimentele s-au efectuat în funcție de adâncimea scufundării generatorul la diferite regimuri de funcționare în timp ale generatorului.

S-a cercetat variația turbidității în funcție de adâncimea de lucru a generatorului h la diferite valori ale raportului de timp efectiv de funcționare a generatorului t_{rap} , prin care se va descrie regimul de funcționare a generatorului :

$$t_{rap} = \frac{t}{t_0}, \quad (1)$$

unde t este timpul de funcționare, iar t_0 reprezintă timpul de pauză dintrun ciclu de lucru al decantorului.

Pentru a stabili valorile optime pentru adâncimea h și raportul de timp t_{rap} s-au urmărit următoarele regimuri de funcționare a generatorului :

- 0 minute funcționare / 60 minute pauză, $t_{rap} = 0$;
- 5 minute funcționare / 15 minute pauză, $t_{rap} = 0,33$;
- 10 minute funcționare / 10 minute pauză, $t_{rap} = 1,0$;
- 20 minute funcționare / 10 minute pauză, $t_{rap} = 2,0$.

Turbiditatea apei brute (de Dunăre), pentru perioada de timp analizată a variat între 8,7 și 12 grade NTU la temperatura apei de 25,5 - 26,5°C.

În fig. 10-12 sunt prezentate grafic rezultatele privind turbiditatea apei decantate în decantorul experimental în funcție de adâncimea la care este introdus generatorului sonic.

Din graficul din fig. 10 se poate observa că are loc un minim de turbiditate la $h = 0,75$ m, dar valoarea acesteia de $T_x = 17,22$ NTU depășește valoarea maximă a apei brute de 12 NTU.

Din graficul din fig. 11 se poate observa că pentru adâncimea $h = 0,75$ m avem un minim de turbiditate de 6,1 NTU, o valoare mai bună de

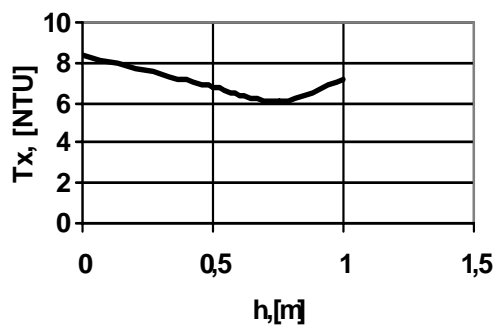


Figura 10. Turbiditatea apei decantate T_x în funcție de adâncimea h (raportul de timp efectiv $t_{rap} = 2,0$)

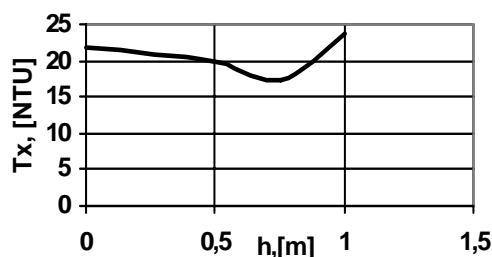


Figura 11. Turbiditatea apei decantate T_x în funcție de adâncimea h (raportul de timp efectiv $t_{rap} = 1,0$).

aproximativ 3 ori față de prima situație analizată.

Avem efect deoarece timpul efectiv de funcționare a generatorului a scăzut la jumătate, de la 20 minute la 10 minute. Analizând rezultatele obținute mai sus, am micșorat timpul de funcționare a generatorului de două ori față de cazul precedent și am mărit timpul de pauză de 1,5 ori.

Din fig. 12 se poate observa că turbiditatea scade odată cu creșterea adâncimii până la valoarea limită de 0,75 m, după care crește din nou. Valoarea minimă a turbidității se observa tot pentru adâncimea la care este scufundat generatorul de 0,75 m și este de 3,2 NTU, valoarea mai mică decât la decantoarele clasice (valoare ce variază între 4,2 și 4,6 grade NTU).

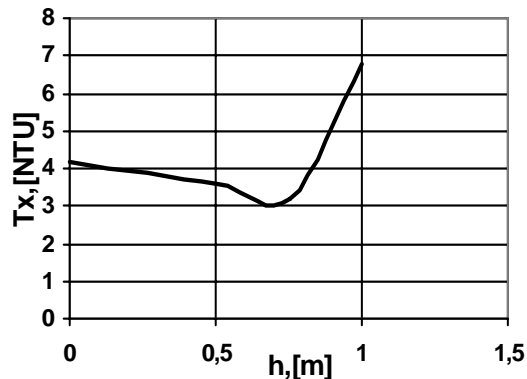


Figura 12. Turbiditatea apei decantate T_x în funcție de adâncimea h (raportul de timp efectiv $t_{rap} = 0,33$).

Din graficul din fig. 10-12 rezultă că la adâncimea de 0,75 m (pe care o vom numi adâncimea critică și o vom nota cu "h*") se obțin valorile cele mai mici a turbidității apei decantate în decantorul experimental. baza determinărilor efectuate rezultă că raportul de timp efectiv este un parametru de care depinde în mod direct turbiditatea apei la funcționarea decantorului sonic.

Variația turbidității în funcție de regimul de lucru la adâncimea $h^* = 0,75$ m este prezentată în fig. 13.

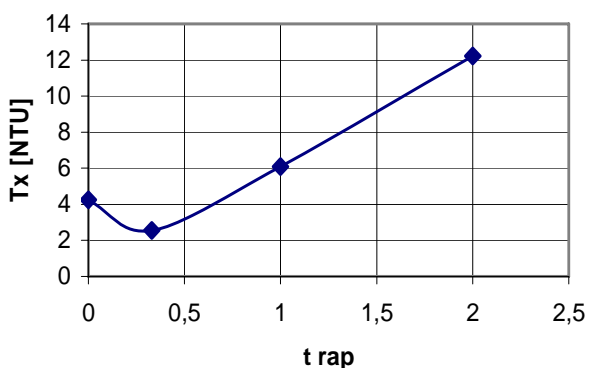


Figura 13. Turbiditatea apei decantate T_x în funcție de raportul timpului efectiv t_{rap} ($h^* = 0,75$ m).

Din graficul din fig. 13 se observa că curba are un minim al valorii medii a turbidității $T_x = 2,56$ NTU pentru $t_{rap} = 0,33 = 5\text{min}/15\text{min}$, mai mică decât cea obținută în decantorul clasic (valoare cuprinsă între 4,2 și 4,8 NTU), ceea ce dovedește că cel mai bun regim este obținut cu cele 3 cicluri de funcționare: 5 minute de funcționare cu 15 minute pauză.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

S-a proiectat și s-a executat un decantor sonic experimental cu un generator gazodinamic cu două vârtejuri.

S-au cercetat parametrii acustici - nivelul global de intensitatea acustică și spectrul de frecvențe produse de generator și s-a constatat ca generatorul gazodinamic cu două vârtejuri este bifrecvențial, având o frecvență în domeniul sonic ($f_I = 10,76$ kHz) și cealaltă în domeniul ultrasonor ($f_{II} = 21,520$ kHz).

S-a executat o instalație experimentală pentru tratarea sonică a apei brute de suprafață în vederea potabilizării, având decantorul sonic experimental și sistemele de alimentare cu fluide tehnologice.

S-a studiat turbiditatea apei tratate prin tehnologia sonică.

La toate experimentele efectuate, efectul "maxim" al tratării sonice se observă atunci când

generatorul sonic este introdus la adâncimea $h^* = 0,75$ m, care face aproximativ jumătate din înălțimea camerei de amestec a decantorului. Regimul optim de lucru a generatorului este cel discontinuu, în varianta ciclică: un timp de funcționare urmat cu un timp de pauză.

S-a stabilit raportul optim între perioada de funcționare a generatorului și perioada de pauza $t_{rap} = 5\text{min}/15$ min, stabilit într-un ciclu de funcționare de o oră, valoarea medie a turbidității fiind de $T_x = 2,56$ NTU și este mai mică decât cea obținută în decantorul clasic (valoare cuprinsă între 4,2 și 4,8 NTU), ceea ce dovedește că decantorul sonic are eficiența de decantare mai bună de 1,6-1,8 ori.

În cercetările efectuate nu s-a utilizat nici un adjuvant de coagulare, pe când în instalațiile tehnologice clasice se utilizează ca adjuvant de coagulare - floclare unui polielectrolit, deci decantare sonică este ecologică - mai puține substanțe chimice ajung în apă.

Bibliografie

- Bălan, G.** *Aerogazodinamică*. Ed. Tehnica-Info, Chișinău, 2003.
- Bălan, G.** *Tehnica și tehnologii sonice*// Conferința națională cu participare internațională "Cercetarea științifică în condițiile integrării europene", 28-29 mai 2004, Brăila, Ed. AGIR, București, 2004.
- Balan, G., Ciurea, A., Balan, V., Bordei, M.** *The sonic technologies*//Quatrieme edition du colloque francophone en energie, environnement, economie et thermodynamique COFRET'08, Nantes-France, pag. 20-29, ISBN 2.6905267.615, 2008.
- Legea 458/2002 (A), privind calitatea apei.**
- Magheți I., Savu M.** *Teoria și practica vibrațiilor*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 2007.
- Pâslaru I., Rotaru N., Teodorescu M.** *Alimentări cu apă*, Ed. Tehnică, București, 1981.
- STAS 6323-88. *APĂ POTABILĂ. Determinarea turbidității*.
- Tudose, C.** *Ultrasunetele*, Ed. Științifică, București, 1997. ISBN 973-8466-50-4.