

2. Бочковський А.П. «Людський фактор» та ризик виникнення небезпек: випадковість чи закономірність: монографія / А.П. Бочковський. Одеса: Юрид. Літ. 20015. – 132с.
3. Бондаренко Є.А. Сучасний стан електротравматизму у енергетичній галузі/ Є.А. Бондаренко, С.Я. Вишневецький, А.Є. Бондаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця. 2021.- №3.- С. 18 – 23.
4. Таїрова Т. М., Малихін О. В. Закордонний досвід державного нагляду з промислової безпеки та охорони праці/ Інформаційний бюлетень з охорони праці, Київ: ДУ "ННДПБООП".- 2015.- № 2 (73).- С. 59-68.
5. Таїрова Т. М. Методологічні засади моніторингу виробничого травматизму, моногр. / Київ, Україна: Основ.- 2014.- 201 с.
6. Офіційна веб-сторінка Міністерства енергетики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?catid=245293124>.
7. Статистичний бюлетень «Травматизм на виробництві» [Електронний ресурс]. - 2015. - Режим доступу до ресурсу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publzdorov_u.htm.
8. Пироженко А.В. Мінімізація електричного потенціалу корпусу кар'єрного екскаватора при позаштатному торканні його ковшем контактного дроту / А.В. Пироженко, Е.О. Модло, Ю.В. Шерстньов // Вісник Криворізького національного університету.- Кривий Ріг.: КНУ.- 2023.- №56.- С.95 – 100, ISSN 2306 – 5451.
9. Бегун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки). К.: МОНУ, МНС, 2004. 328с.
10. Р. І. Пахомов, Г. М. Гасій, І. О. Білоус, і Т. В. Лаврут, «Аналіз, прогнозування та профілактика травматизму з важкими наслідками.» Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, вип. 2, с. 139-144, 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2015_2_33.
11. К. Н. Ткачук, і О. Є. Кружилко, Прогнозування виробничого травматизму, моногр. Київ, Україна: Основа, 2014, 345 с.

Рукопис подано до редакції 04.03.24

УДК 622.1

М.М. КОНДРАТЕНКО, ст. викладач,
С.Г. САВЕЛЬЄВ, Г.В. ГУБІН доктори техн. наук, професори
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КАЛОРИМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ З ВИЗНАЧЕННЯМ ПАРАМЕТРІВ ХВИЛЬ

Відмічено, що покращення міцнісних та термостійких властивостей згрудкованої сировини для металургійного переділу значною мірою може бути досягнуто шляхом механічної активації домішок в шихті огрудування. Зокрема, з цією метою можна застосовувати ультразвукову обробку бентонітів, які широко використовують в шихті огрудування при виробництві залізородних окатишів. Найбільша ефективність впливу ультразвукових хвиль досягається при їх передачі до об'єкту, що піддається обробці, через рідинне середовище. А серед рідин найбільш економічним і доступним є саме водне середовище, яке використовується у більшості технологічних процесів, що потребують застосування рідини.

Виконано досліді з обробки ультразвуковими хвилями двох частот – 20 і 40 кГц – водного середовища, яке можна вважати найбільш придатним для ультразвукової активації бентонітів. При цьому потужність генератора ультразвукових хвиль змінювалася в діапазоні від 15 до 150 Вт. Побудовано залежності температури водного середовища від частоти ультразвуку та потужності випромінювача. Обраховано інтенсивність ультразвукових хвиль, їх амплітуду і довжину в залежності від потужності генератора та частоти коливань.

Метою роботи є дослідження параметрів ультразвукових коливань в результаті зміни температури при обробці водного середовища, як одного з можливих рідинних середовищ для ультразвукової обробки сипких матеріалів ультразвуковими хвилями різної частоти та потужності.

Методи наукового дослідження. В роботі використані експериментальні лабораторні та теоретичні загальнологічні методи наукового дослідження – аналіз і синтез, аналогія, узагальнення.

Наукова новизна роботи. На основі проведених дослідів ультразвукової обробки води встановлено інтенсивність, амплітуду і довжину ультразвукових хвиль для різних частот і потужностей генераторів випромінювачів.

Практична значимість роботи полягає у можливості використання на практиці результатів розрахунків інтенсивності та амплітуди ультразвукових коливань, встановленні їх залежності від потужності джерела випромінювання та частоти коливань.

Результати роботи свідчать про те, що ультразвукові хвилі вводять всередину середовища певну кількість енергії, яка викликає підвищення температури, пов'язане зі зміною потужності джерела випромінювання прямою залежністю.

Ключові слова: калориметрія, ультразвук, частота, амплітуда, інтенсивність, потужність, температура, вода.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Питання покращення міцнісних та термостійких властивостей сировини для металургійного переділу стоїть з початку промислового виробництва згрудкованих матеріалів. Найважливішою характеристикою якості металургійної сировини є холодна міцність [1, 2]. Як було зазначено в [3], ультразвукова обробка домішок в шихту огрудкування може значно поліпшувати їх властивості.

Розповсюдження ультразвуку можливе у будь-яких матеріальних середовищах не залежно від прозорості, щільності, електропровідності, магнітних властивостей, тощо [4]. Сучасні технології як раз і реалізують гетерогенні процеси між двома чи більшою кількістю неоднорідних середовищ (рідина – газ, рідина – рідина, рідина – тверде тіло тощо) найбільш часто. Але саме в рідких середовищах вплив ультразвукових технологій має найбільш високу ефективність через значно більший, ніж у газів, питомий хвильовий опір (для води в 3500 разів більше, ніж для газів). Тому за однакових параметрів (амплітуда коливань) ультразвукової системи найбільша акустична потужність випромінюється саме у рідину. А серед рідин найбільш економічно доступним є саме водне середовище, яке використовується у більшості технологічних процесів, що потребують присутності рідини.

В основу застосування ультразвуку покладено можливість введення всередину речовини величезних енергій, що дозволяє створювати нові матеріали, отримувати нові речовини, вирішувати багато питань технологічного контролю і вимірів, підвищувати ефективність безлічі різних технологічних процесів [5].

Виміряти цю енергію можливо різними методами. Одним з них є калориметрія – сукупність методів вимірювання кількості теплоти, що виділяється або поглинається при протіканні різних фізичних або хімічних процесів [6]. Кількість теплоти Q , яка передається тілу (системі) або забирається від нього, пропорційна зміні температури тіла Δt та його масі m

$$Q_i = c \cdot m \cdot \Delta t_i. \quad (1)$$

Тобто, вимірюючи зміну температури, за формулою (1) можна розрахувати кількість енергії, що була передана речовині, а через останню – такі параметри ультразвукових хвиль, як їх інтенсивність та амплітуду.

Аналіз досліджень і публікацій. У більшості досліджень, пов'язаних з використанням ультразвуку в рідинах, дуже зрідка досліджувався фактор збільшення температури під дією ультразвукового опромінення. Частіше зустрічаються дослідження впливу температури на середовище, в якому розповсюджується звук. Також у джерелах, що стосуються області медицини, харчової, хімічної, нафтопереробної, фармацевтичної та ін. галузей людської діяльності, досліджують органічні рідини та поміщені в них різноманітні речовини.

В [7] було визначено потужність, як одну з двох найбільш характерних властивостей ультразвукової хвилі. Для цього використано метод нерівноважної калориметрії. В ультразвукову ванну з водою було поміщено склянку з деіонізованою водою. Ультразвуковий випромінювач було вмонтовано у дно ванни. Під час експериментів вимірювалася та порівнювалася температура обох середовищ – і в склянці, і у ванні. Було побудовано залежності зміни температур обох ємностей від часу опромінення та знайдено точки перетину цих двох параметрів. В результаті дослідження було знайдено середню потужність, щільність на інтенсивність випромінювання, а також стандартне відхилення та відносне стандартне відхилення. Це дослідження проводилось у контексті ультразвукової екстракції ферментів з активного мулу.

В [8] було запропоновано використання термопар для вимірювання амплітуди коливань елемента повітряних ультразвукових перетворювачів, що використовуються в багатьох сферах людської діяльності, включаючи механічну обробку, формування, медичне та неруйнівне тестування. Але це дослідження стосується обробки матеріалів з низьким акустичним опором у бортових ультразвукових перетворювачах і до ультразвуку в рідинах не має відношення.

Тому калориметричне дослідження водного середовища в контексті можливої обробки металургійних домішок в шихту огрудкування з метою визначення потужності ультразвуку, інтенсивності та амплітуди коливань при різній частоті опромінення та потужності генератора може надати відомості про енергію, інтенсивність та амплітуду ультразвукових коливань, що може бути корисним при визначенні режимів обробки сипких матеріалів.

Постановка задачі. Завданням роботи є оцінка і аналіз калориметричного впливу ультразвукового опромінення на рідинне середовище при зміні частоти хвиль та потужності випромінювача.

Викладення матеріалу та результати. В якості рідини, що передає вплив ультразвукових коливань на досліджуваний об'єкт, найдоцільніше використовувати саме воду. З одного боку, це найдешевша з усіх промислово використовуваних рідин, з іншого боку – вода не має пожежонебезпечних та вибухонебезпечних властивостей, як, наприклад, спирти, ефіри, газ тощо.

Досліди проводились в двох резервуарах з генераторами ультразвукових хвиль частотою 20 кГц та 40 кГц. Заміри температури виконувались термометром TP101 з точністю 0,1 °C. Обидва резервуари з генераторами ультразвукових хвиль мають вбудовані таймери, що дозволяє встановлювати тривалість обробки від 0 до 59 хвилин та 59 секунд з кроком в 1 с. Окрім таймера ультразвукові ванни мають вбудовані перемикачі потужності генератора, що дозволяє вести обробку з кроком в 10 % від максимальної потужності в 150 Вт. Габарити порожнини ванни: довжина 235 мм; ширина 110 мм; висота 80 мм. Об'єкт дослідження – вода (не дистильована) об'ємом 1 л.

Параметри обробки та температури навколишнього середовища зазначено в таблицях 1 (для частоти 40 кГц) та 2 (для частоти 20 кГц).

Таблиця 1

Параметри проведених дослідів для частоти ультразвукових коливань 40 кГц

Параметри	Позначення	Од. виміру	№ досліду				
			1	2	3	4	5
Частота хвилі	f	кГц	40				
Початкова температура повітря	$T_{пов}$	°C	22,3	23,0	22,0	22,5	24,1
Потужність генератора	P_e	Вт	150	120	75	45	15
		%	100	80	50	30	10
Час опромінення	τ	хв.:с	59:59				
Початкова температура води	t_{min}	°C	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Максимальна температура води	t_{max}	°C	57,5	54,8	50,4	40,3	34,5

Таблиця 2

Параметри проведених дослідів для частоти ультразвукових коливань 20 кГц

Параметри	Позначення	Од. виміру	№ досліду				
			6	7	8	9	10
Частота хвилі	f	кГц	20				
Початкова температура повітря	$T_{пов}$	°C	23,4	22,5	22,5	23,7	23,7
Потужність генератора	P_e	Вт	150	120	75	45	15
		%	100	80	50	30	10
Час опромінення	τ	хв.:с	59:59				
Початкова температура води	t_{min}	°C	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Максимальна температура води	t_{max}	°C	52,9	49,7	48,8	31,5	26,9

Зміну температури в часі для максимальної потужності генератора випромінювача 150 Вт (досліди 1 та 6) зображено на рис. 1.

Зміну температури в часі для потужності генератора випромінювача 120 Вт (80 % від максимальної) (досліди 2 та 7) зображено на рис. 2.



Рис. 1. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній частоті ультра-звукових коливань на максимальній потужності генератора (150 Вт)

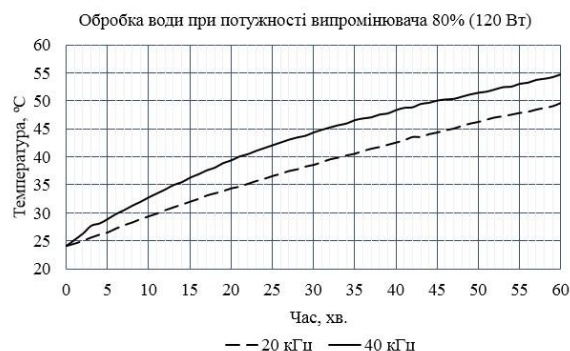


Рис. 2. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній частоті ультра-звукових коливань на потужності генератора 120 Вт (80 % від максимальної)

Зміну температури в часі для потужності генератора випромінювача 75 Вт (50 % від максимальної) (досліди 3 та 8) зображено на рис. 3.

Зміну температури в часі для потужності генератора випромінювача 45 Вт (30 % від максимальної) (досліди 4 та 9) зображено на рис. 4.

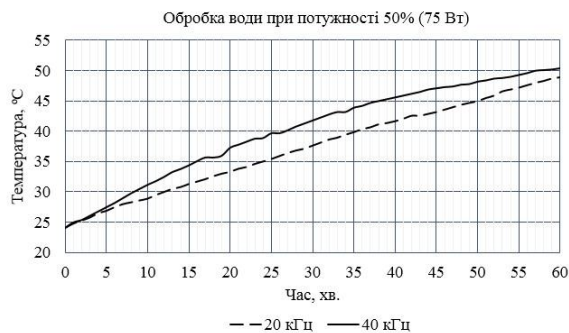


Рис. 3. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній частоті ультра-звукових коливань на потужності генератора 75 Вт (50 % від максимальної)

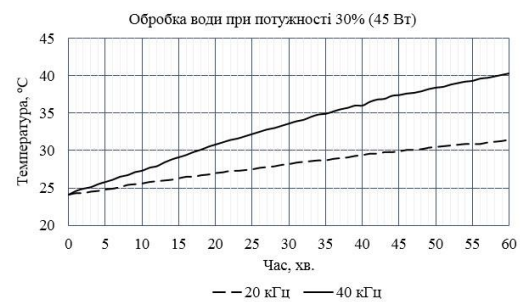


Рис. 4. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній частоті ультра-звукових коливань на потужності генератора 45 Вт (30 % від максимальної)

Зміну температури в часі для потужності генератора випромінювача 15 Вт (10 % від максимальної) (досліди 5 та 10) зображено на рис. 5.

Порівняльні графіки залежності температури від часу обробки надано на рис. 6 (для частоти ультразвукових хвиль 40 кГц) та рис. 7 (для частоти ультразвукових хвиль 20 кГц). На них чітко відстежується зменшення кінцевої температури нагріву води за один і той самий часовий період зі зменшенням потужності генератора ультразвукових хвиль.

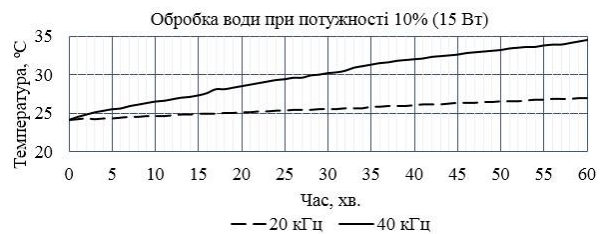


Рис. 5. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній частоті ультра-звукових коливань на потужності генератора 15 Вт (10 % від максимальної)

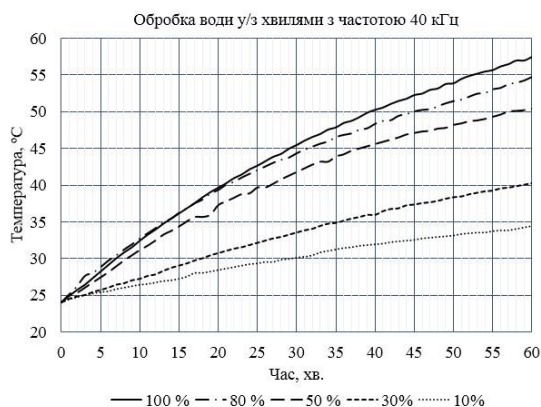


Рис. 6. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній потужності ультразвукових хвиль на частоті 40кГц

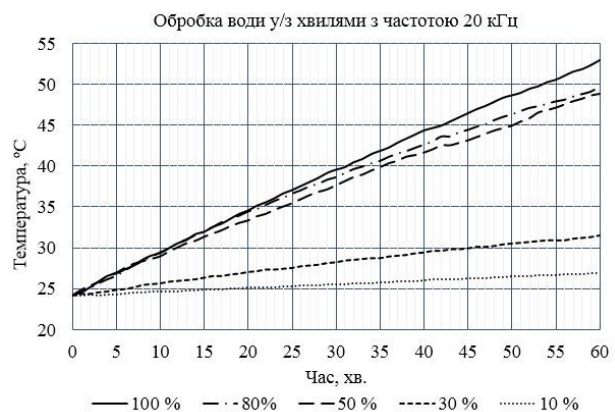


Рис. 7. Графіки залежності температури води від часу обробки при різній потужності ультразвукових хвиль на частоті 20кГц

Для обчислення кількості енергії, Дж, що була витрачена на нагрів даної кількості води до отриманої температури в кожному досліді, скористаємось формулою (1), де c – питома теплоємність води, що складає 4187 Дж/(кг·°C); m – вага води; у всіх дослідіх $m = 1$ кг; Δt_i° – різниця між найменшою і найбільшою температурою води під час проведення дослідіу.

При нагріванні в кожному досліді від найменшої до найбільшої температури пройшов певний проміжок часу t_i , за який була використана потужність, Вт, $P_i = Q_i / t_i$.

Розподіл енергії хвилі в просторі визначається об'ємною густиною енергії. А оскільки ультразвукові коливання є вимушеними гармонійним незгасаючими коливаннями, то енергія хвилі в будь-який заданий момент часу неоднорідно розподілена в просторі й у будь-якій точці змінюється з часом. [9]. Тому кількісною мірою самого процесу перенесення в кожній точці є гус-

тина потоку енергії, яка називається інтенсивністю хвилі I , Дж/(с·м²). Густина потоку дорівнює енергії, котра переноситься за одиницю часу через одиницю площі поверхні, перпендикулярної до напрямку перенесення.

В зв'язку з тим, що при розрахунку потужності нагрівання час вже було враховано (Вт = Дж/с), можна запропонувати наступну формулу інтенсивності хвилі, Вт/м², $I = P/S$, де S – площа ультразвукової ванни, в дно якої вмонтовані ультразвукові випромінювачі.

Згідно з [9] інтенсивність гармонічної хвилі, Дж/(м²·с), розраховується за формулою $I = 0,5\rho\alpha^2\cdot f^2\cdot v$, де ρ – густина середовища, в якому розповсюджується ультразвукова хвиля, кг/м³; α – амплітуда цієї хвилі, м; f – частота хвилі, Гц; v – швидкість хвилі у даному середовищі; згідно з [10] $v = 1483$ м/с.

Звідси амплітуда ультразвукових хвиль, м, може бути обчислена за формулою

$$\alpha = \sqrt{\frac{2I}{\rho f^2 v}}.$$

Розрахунки всіх параметрів за наведеними формулами для виконаних дослідів надано в таблицях 3 (для частоти 40 кГц) та 4 (для частоти 20 кГц).

Довжина ультразвукової хвилі знаходиться за формулою $\lambda = v/f$. Тобто для ультразвуку 40 кГц довжина хвилі $\lambda_{40} = 0,037$ м, для 20 кГц – $\lambda_{20} = 0,074$ м.

Залежність інтенсивності ультразвукової хвилі від потужності випромінювача зображено на рис. 8. При зменшенні потужності генератора випромінювача інтенсивність теж зменшується для ультразвукових хвиль обох частот.

Енергія випромінювача використовується, окрім нагріву води, на нагрів самого резервуара, навколишнього повітря, утворення певної кількості водяної пари, втрати у передатних пристроях. К.к.д. генератора ультразвукових хвиль, розрахований у даному дослідженні, враховує енергію, яка витрачається безпосередньо на нагрів води. Залежність к.к.д. випромінювача, що витрачається на нагрівання середовища, від потужності випромінювача зображено на рис. 9. Для ультразвукової хвилі 40 кГц цей к.к.д. зменшується зі збільшенням потужності випромінювання, а для хвилі з частотою 20 кГц максимальне значення спостерігається при 50 % потужності випромінювання.

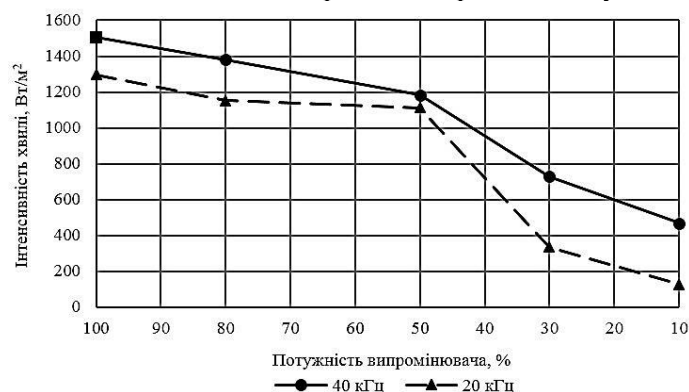


Рис. 8. Залежність інтенсивності ультразвукових хвиль від частоти і потужності випромінювача

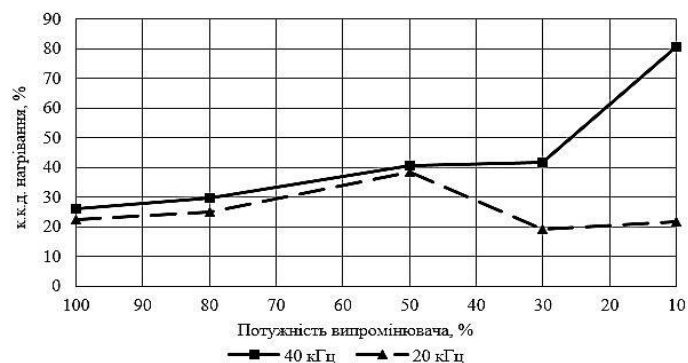


Рис. 9. Залежність коефіцієнта корисної дії нагрівання від частоти ультразвукових хвиль і потужності випромінювача

Залежність амплітуди ультразвукових хвиль від потужності випромінювача зображено на рис. 10. Амплітуда ультразвукової хвилі зменшується при зменшенні потужності випромінювача. Для ультразвукової хвилі з частотою 20 кГц амплітуда коливань більша, ніж для хвилі 40 кГц.

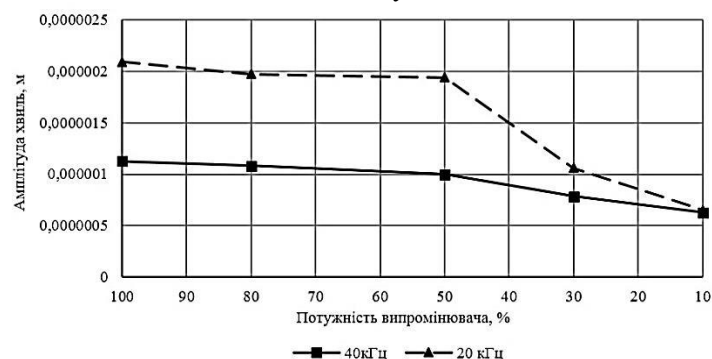


Рис. 10. Залежність амплітуди ультразвукових хвиль від частоти і потужності випромінювача

Розмір молекули води d згідно з [11] близько $2,6 \text{ \AA} = 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Отже, співвідношення амплітуди ультразвукових коливань до розміру молекули води d (див. табл. 3 та 4) зменшується зі зменшенням потужності генератора і лежить в межах для 40 кГц від $2,4 \cdot 10^3$ (для найменшої потужності генератора 10 %) до $4,3 \cdot 10^3$ (для найбільшої потужності генератора 100 %);

для 20 кГц від $2,5 \cdot 10^3$ (для найменшої потужності генератора 10 %) до $8 \cdot 10^3$ (для найбільшої потужності генератора 100 %).

Таблиця 3

Розрахунок параметрів ультразвукових хвиль на частоті 40 кГц

Величини	Позначення	Одиниці виміру	Розрахунок				
			150 %	120 %	75 %	45 %	15 %
Потужність генератора	P_z	Вт %	150 100	120 80	75 50	45 30	15 10
Частота ультразвукових хвиль	f	кГц	40				
Густина середовища	ρ	кг/м ³	1000				
Максимальна температура	t_{max}	°C	57,5	54,8	50,4	40,3	34,5
Початкова температура	t_{min}	°C	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Теплоємність середовища	C	Дж/(кг °C)	4187				
Вага середовища	m	кг	1				
Час опромінення	τ	хв.	60				
Енергія	Q	Дж	139845,8	128540,9	110118,1	67829,4	43544,8
Потужність нагрівання	P	Вт	38,846	35,706	30,588	18,842	12,096
К.к.д. генератора	η	%	26	30	41	42	81
Площа ванни	$S_{ванни}$	м ²	0,02585				
Інтенсивність ультразвукових хвиль	I	Вт/м ²	1502,74876	1381,2691	1183,3022	728,87814	467,92177
Амплітуда ультразвукових хвиль	a	м	$1,1255 \cdot 10^{-6}$	$1,079 \cdot 10^{-6}$	$9,987 \cdot 10^{-7}$	$7,838 \cdot 10^{-7}$	$6,28 \cdot 10^{-7}$
Співвідношення	a/d	—	4328,66795	4150,0204	3841,1292	3014,6614	2415,4481

Таблиця 4

Розрахунок параметрів ультразвукових хвиль на частоті 20 кГц

Величини	Позначення	Одиниці виміру	Розрахунок				
			150 %	120 %	75 %	45 %	15 %
Потужність генератора	P_z	Вт %	150 100	120 80	75 50	45 30	15 10
Частота ультразвукових хвиль	f	кГц	20				
Густина середовища	ρ	кг/м ³	1000				
Максимальна температура	t_{max}	°C	52,9	49,7	48,8	31,5	26,9
Початкова температура	t_{min}	°C	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Теплоємність середовища	C	Дж/(кг °C)	4187				
Вага середовища	m	кг	1				
Час опромінення	τ	хв.	60				
Енергія	Q	Дж	120585,6	107187,2	103418,9	30983,8	11723,6
Потужність нагрівання	P	Вт	33,496	29,774	28,727	8,607	3,257
К.к.д. Генератора	η	%	22	25	38	19	22
Площа ванни	$S_{ванни}$	м ²	0,02585				
Інтенсивність ультразвукових хвиль	I	Вт/м ²	1295,78337	1151,80744	1111,31421	332,944	125,979
Амплітуда ультразвукових хвиль	a	м	$2,0902 \cdot 10^{-6}$	$1,9706 \cdot 10^{-6}$	$1,9357 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$
Співвідношення	a/d	—	8039,09719	7579,33351	7444,91102	4074,99	2506,63

Тобто поступове збільшення температури водного середовища можна пояснити тертям молекул води, які під дією ультразвукових коливань мають величезні по відношенню до власних розмірів амплітуди коливання з надвисокою частотою зміни напрямку руху.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Виконані дослідження доводять обернену залежність між частотою ультразвукових коливань та їх амплітудою: для більшої частоти менша амплітуда. Залежності ж між потужністю випромінювача та інтенсивністю ультразвукових хвиль і амплітудою прямі: зі збільшенням потужності генератора випромінювача збільшується інтенсивність та амплітуда ультразвукової хвилі.

Виконані дослідження є першим етапом, який дає уявлення про енергію, передану водному середовищу від генератора з частотою ультразвукових коливань. При поміщенні в це середовище речовини у вигляді порошку може відбутися здригнення та активація його окремих часточок. За цим етапом повинне відбутись подальше вивчення впливу ультразвукових коливань на металургійні домішки в шихту огрудкування, зокрема, бентонітові глини, при опроміненні ультразвуковими хвилями різної частоти та при різній потужності генератора.

Список літератури

1. Губин Г.В. Савельев С.Г., Равинская В.О. Оценка показателей качества железорудного сырья и их влияния на работу доменной печи. *Качество минерального сырья*. Сб. научн. трудов. Кривой Рог, 2017. Т. 1. С. 83–91.
2. Паталах А.А. Металлургические свойства сырья. Современные методы испытаний. *Новое в технологии и технике переработки минерального сырья*. Сб. научн. трудов. Кривой Рог. 2008. С. 174–184.
3. Кондратенко М.М., Савельев С.Г. Оцінка ефективності застосування ультразвуку в процесах підготовки металургійної сировини до переділу. *Гірничий вісник*. Науково-технічний зб. Кривий Ріг, 2021. Вип. 109. С 91–97. DOI: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-91-98.
4. Кикучи Е. Ультразвуковые преобразователи. М., 1972. 424 с.
5. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии). М. 1983. 192 с.
6. Фармацевтична енциклопедія. Режим доступу <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3407/kalorimetriya>.
7. Plattes Mario, Köhler Christian, Gallé Tom. Disequilibrium calorimetry for determination of ultrasonic power in sonochemistry / METHOD ARTICLE / VOLUME 4, P274-278, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.mex.2017.08.003>
8. Saber_Saffar, Amir Abdullah. Simple method for measuring vibration amplitude of high power airborne ultrasonic transducer: Using thermo-couple. / *Ultrasonics* / Volume 54, Issue 3, March 2014, Pages 821-825 <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2013.10.006>
9. phisicskpiua moodle 3Ф та ФТТ КП. Фізика для бакалаврів. Коливання і хвилі. Ч. II. Хвилі. 2 Пружні хвилі. Режим доступу <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=299&chapterid=58>
10. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Режим доступу https://uk.wikipedia.org/wiki/Швидкість_звуку
11. Репозитарій електронних навчальних ресурсів системи дистанційного навчання Вінницького фізико-математичного ліцею №17. Сили взаємодії між молекулами. Маса та розміри молекул. Режим доступу <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/15>

Рукопис подано до редакції 27.03.24

УДК 658.15

А.М.ТУРИЛО, А.А. ТУРИЛО, доктори екон. наук, професори,
С.В. СВЯТЕНКО, канд. екон. наук, доц., А.О. КСЕНОФОНТОВА, студент
Криворізький національний університет

ФІНАНСОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КАТЕГОРІЙ «КАПІТАЛ», «ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ» І «ЛЮДСЬКИЙ АКТИВ»

Мета. Метою даної роботи є дослідження особливостей фінансового менеджменту підприємства в аспекті сутності категорій «капітал підприємства», «людський капітал підприємства» і «людський актив підприємства», і можливостей більш ефективного управління підприємством на цих засадах.

Методи дослідження. В процесі дослідження для змістовного розкриття сутності проблеми було використано методи наукової абстракції, структурно-декомпозиційного аналізу та синтезу, логічного узагальнення, причинно-наслідкового зв'язку, логіко-прогностичний, змістовно-порівняльний.

Наукова новизна. Розкрито механізм, визначено сфери і обґрунтовано критерії використання в діяльності суб'єктів господарювання підприємницького характеру категорій «людський капітал підприємства» і «людський актив підприємства».

© Турило А.М., Турило А.А., Святенко С.В., Ксенофонтова А.О., 2024