М.А. Чеканов, канд. техн. наук, ст. викл. *(ХДУХТ, Харків)*
А.О. Пак, канд. техн. наук, доц. *(ХДУХТ, Харків)*

ВИЗНАЧЕННЯ АКУСТИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАЧА

Визначення інтенсивності акустичного випромінювання ультразвукових технологічних установок є невід'ємним і важливим етапом на стадії конструювання ультразвукової апаратури і в процесі ультразвукової обробки різних технологічних середовищ. Для настройки ультразвукових коливальних систем під конкретний технологічний процес, де величина акустичної потужності повинна бути суворо витримана в певних межах, оскільки величина акустичної потужності, що вводиться в середовище, є основним параметром ультразвукових установок установок і визначає якість і ступінь протікання технологічного процесу в ультразвуковому полі, то розробка сучасних методик визначення інтенсивності акустичного випромінювання ультразвукових коливань є актуальною задачею.

При всій різноманітності ультразвукового технологічного устаткування загальним для нього є те, що корисний ефект досягається за рахунок енергії ультразвукових пружних коливань. Будь-яка ультразвукова технологічна установка складається з джерела енергії й ультразвукової коливальної системи (перетворювач), що перетворює електричну енергію в енергію механічних ультразвукових коливань.
На практиці, зазвичай, використовують симетричний магнітострикційний перетворювач, який умовно можна уявити як систему трьох послідовно з'єднаних стрижнів. Довжина середнього стрижня дорівнює висоті вікна l_2, його поперечний переріз – S_2, довжина крайніх однакова й рівна товщині накладки l_1, для кожного з них поперечний переріз дорівнює S_2.

Аналіз роботи ультразвукових перетворювачів показує, що внутрішній опір перетворювача на резонансній частоті є активним і визначається потужністю механічних втрат у системі. Відповідно до загального визначення добротність матеріалу Q, що характеризує механічні втрати в ньому, являє собою відношення щільності пружної енергії до питомої потужності втрат за період.

З огляду на те, що коефіцієнт втрат Q^{-1} магнітострикційного перетворювача однаковий для середнього й крайнього стрижнів, одержуємо:

$$R_{м.п.} = \frac{\rho \cdot c \cdot S}{2Q} \cdot \left\{ 2\alpha_1 + \left[\pi - 2arctg\left(\frac{S_1}{S_2} \cdot tg\alpha_1 \right) \right] \cdot \frac{S_2}{S_1} \cdot \left(cos^2 \alpha_1 + \frac{S_1^2}{S_2^2} \cdot sin^2 \alpha_1 \right) \right\}, \quad (1)$$

де ρ – щільність матеріалу перетворювача, кг/м^3; c – швидкість поширення ультразвукових хвиль в перетворювачі , м/с.

Внутрішній опір перетворювача Z_i має комплексний характер. Його реактивна складова обертається в нуль на частоті механічного резонансу. При цьому амплітуда коливань досягає максимуму. Активна складова внутрішнього опору перетворювача при резонансі дорівнює опору механічних втрат перетворювача $R_{м.п.}$, а коефіцієнт $A = cos\ \alpha_1$.

Використовуючи дані про вид концентратора та випромінювача, їх геометричні розміри, з допомогою номограм можна отримати розрахункові показники амплітуди коливань на торці випромінювача $\xi_{випр}$. Цей показник є одним з головних факторів, що впливає на інтенсивність випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки. Для ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т $\xi_{випр} = 1{,}8 \cdot \xi_{пер} = 68$ мм. Ці дані підтверджуються мікроскопічним вимірюванням амплітуди коливань випромінювача. Інтенсивність акустичної потужності ультразвукового випромінювання розраховано за формулою:

$$I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c \cdot (2\pi \cdot f)^2 \cdot \xi_{випр}{}^2, \quad (2)$$

де ρ – густина оброблювального середовища, кг/м^3; c – швидкість поширення ультразвукових хвиль, м/с; f – частота ультразвукових коливань, Гц; $\xi_{випр}$ – амплитуда коливань, м.

За розрахунками, інтенсивність акустичної потужності ультразвукового випромінювання для ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т склала 2,5 Вт/см^2, що дозволяє використовувати ультразвукову обробку для різних видів оброблюваних середовищ.

Представлена методика для розрахунку інтенсивності акустичної потужності ультразвукових коливань дозволяє отримати вихідні дані ультразвукових установок. Це дозволяє при конструюванні ультразвукових випромінювачів прогнозувати вихідні характеристики, а при роботі з ультразвуковими установками обґрунтовувати час обробки оброблюваних середовищ.