

ДИНАМІКА КАВІТАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ  
ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ВОВНИ

Козак О. В., к.т.н., доц., e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження.** Аналіз роботи текстильної промисловості за останні роки дозволяє зробити висновок про те, що на Україні продовжується зниження обсягів вовни. Однією з причин зниження виробництва вовни є те, що технологічний і технічний рівень устаткування, встановлений на фабриках первинної обробки вовни не відповідає сучасним вимогам, а машинобудування України для цієї мети машин і устаткування не випускає [1, 2]. Тому дослідження даного процесу є актуальним.

**Мета досліджень** являється дослідження кавітаційного процесу з використанням диференціального рівняння Нолтинга-Непайроса.

**Основні матеріали досліджень.** Слід зазначити, що головними факторами, що прискорюють процес ПОВ у звуковому полі, є кавітація й акустичні хвилі, що виникають як в обсязі рідини, так і на границі з вовною, але вплив кожного з таких факторів на процес мийки вовни вивчений досить слабо.

Видалення жирових забруднень може відбуватися не тільки внаслідок ерозії під дією мікроударних навантажень, що виникають при захопленні кавітаційних пухирців, але й у результаті пульсуючих пухирців, що стабільно існують у звуковому полі протягом тривалого (стосовно періоду коливань) часу.

Основний вираз про гідродинаміку кавітаційного процесу може бути описано диференціальним рівнянням Нолтинга-Непайроса.

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{4 \cdot \eta}{\rho} \cdot \frac{dR}{dt} \cdot \frac{1}{R} + \frac{2\sigma}{\rho R} - \frac{1}{\rho} \left( P_0 - P_H + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \cdot \frac{R_0^{3\gamma}}{R^{3\gamma}} = - \frac{1}{\rho} [P_0 + P_a \sin \omega t - P_n] \quad (1)$$

Для спрощення рівняння (1) будемо вважати, що на рідину діє не синусоїдальна акустична хвиля  $P_a \sin \omega t$ , а прямокутні імпульси розтягання і стиску з амплітудою  $\pm P_a$  і тривалістю  $\tau = \frac{T}{2}$ .

Тоді замість рівнянь (1) будемо мати:

$$\rho \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \rho \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{2\sigma}{R} - \left( P_0 - P_H^+ + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \frac{R_0^{3\gamma}}{R^{3\gamma}} + 4\eta \frac{dR}{dt} \cdot \frac{1}{R} = (\pm P_a - P_0 + P_H^+) \quad (2)$$

(де знак плюс відповідає фазі розтягання, а знак мінус – стиску порожнини). Розглянемо далі питання про поріг ультразвукової кавітації і його залежності від частоти. Для випадку парової кавітації замість (2) можна записати [2].

$$\rho \left( R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left( \frac{dR}{dt} \right)^2 \right) + \frac{2\sigma}{R} + 4\eta \frac{dR}{dt} \cdot \frac{1}{R} = Z_0 \quad (3)$$

Розглянемо частотну залежність порога парової кавітації, що фіксується візуально або за рівнем акустичних шумів. Звернемося до рівняння (3) і оцінимо порядок величини кожного з членів стоящих у лівій частині. Інерційний член рівняння (3) має порядок

величини  $\rho \frac{\bar{R}^2}{\tau^2}$ , член  $4\eta \frac{dR}{dt} \cdot \frac{1}{R}$ , що враховує в'язкість – порядок  $\frac{\eta}{\tau}$ , де  $\bar{R}$  - характерний розмір кавітаційної порожнини з якої починається кавітація,  $\tau$  - є тривалість прямокутного імпульсу розтягання.

Вибір  $\bar{R}$  визначається методикою виміру порога кавітації. Нехай початком кавітації вважається зростання зародкових ядер до розміру порядку  $5 \cdot 10^{-2} \text{ см}$  за напівперіод розтягання [3].

З порівняння порядків величин інерційного і грузлого членів можна визначити  $\tau_{кр}$ , тобто тривалість імпульсу розтягання, при якому обидва члени мають один порядок величини.

$$\tau_{кр} = \frac{\rho \bar{R}^2}{\eta}, \text{ що відповідає частоті } f_{кр} = \frac{\eta}{2\rho \bar{R}^2} \quad (4)$$

Для вовни з водним мийним розчином критична частота залежить від модуля ванни (M). На рисунку приведена залежність критичної частоти для кавітаційного порогу від кількості вовни завантажується у ванну для її первинної обробки.

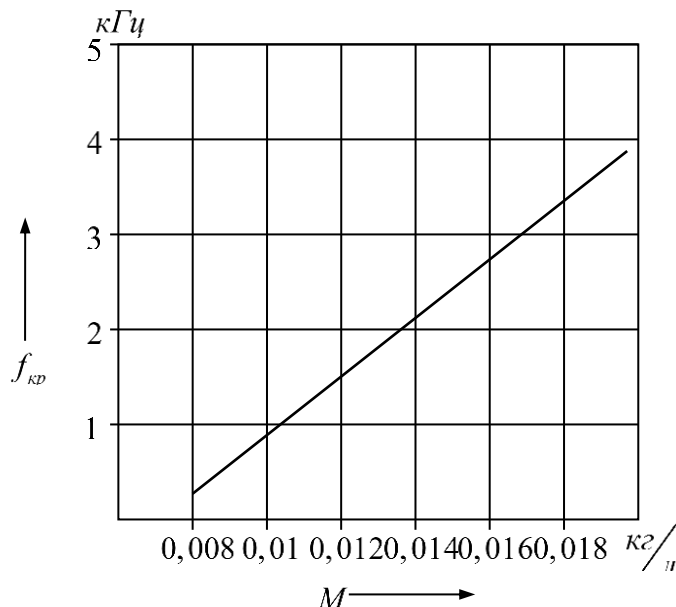


Рисунок 1 – Частотна залежність порога кавітації від модуля ванни.

**Висновки.** Сучасний розвиток цивілізації, особливо з точки зору екології, вимагає розробки нових технологій та обладнання для первинної обробки вовни (ПОВ) на принципово нових фізичних принципах. В основі нових фізичних принципів можуть бути використані пружні коливання (звукової та ультразвукової частоти) та електромагнітні поля.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вівчарство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник.-Київ: аграрна наука, 1998. Вип.30. 182с.
2. Bateup B. O. Clean Green Wool // Conf. Top – Tech 96. Australia.-1996.-p 93.-95.
3. Assessment of the Condition of the Project Environment for the Implementation of Technologically Integrated Projects of the “European Green Deal” Using Maize Waste Anatoliy Tryhuba, Taras Hutsol, Inna Tryhuba, Krzysztof Mudryk, Valentyna Kukharets, Szymon Głowacki, Larysa Dibrova, Oleksandr Kozak and Krystyna Pavlenko-Didur. *Energies* 2022, 15(21), 8220; [doi:10.3390/en15218220](https://doi.org/10.3390/en15218220) <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/21/8220#>