



УДК 677.017

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМАННЯ РІДИНИ В РЕЗЕРВУАРІ ПРИ ЇЇ КИПІННІ З ПОДАЛЬШИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Студ. І.В. Турчин, гр. МгАт-16  
Науковий керівник доц. С.В. Барилко  
Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета і завдання.** Метою роботи є розробка нового безконтактного ультразвукового методу контролю рівня рідини при її кипінні у резервуарі.

**Завдання** полягає у визначенні параметрів ультразвукових хвиль, які необхідно застосувати для контролю рівня рідини при її кипінні.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є процес безконтактного ультразвукового контролю рівня рідини при її кипінні. Предметом дослідження є розробка ультразвукового методу контролю рівня рідини при її кипінні.

**Методи та засоби дослідження.** До методів дослідження можна віднести теорію розповсюдження та відбиття ультразвукових хвиль в різних середовищах [1, 2]. Засоби дослідження – ультразвукові перетворювачі, детектори та блок селектора.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.** Вперше отримано залежності, які пов'язують амплітудні та часові співвідношення ультразвукових хвиль, які відбилися від поверхні рідини, з її рівнем, що на практиці дозволить вдосконалити існуючі системи керування рівнем рідини в резервуарі.

**Результати дослідження.** В автоматизованих системах контролю рівня рідини при її кипінні необхідно визначати одразу два параметри ультразвукових хвиль, за якими можна контролювати рівень рідини в резервуарі. За часом проходження, відбиття і повернення імпульсного сигналу можна визначити поточний рівень рідини, а корекцію на відхилення у показах параметру, що може вносити процес кипіння, треба застосовувати за допомогою амплітуди відбитої ультразвукової хвилі.

Проведені дослідження відбиття ультразвукового сигналу від поверхні рідини і аналіз амплітудних співвідношень ультразвукового сигналу дозволили розробити безконтактний метод визначення рівня рідини у процесі її кипіння.

Амплітуду ультразвукової хвилі, яка падає нормально на поверхню рідини та відбивається можна представити у вигляді модуля комплексного коефіцієнта відбиття:

$$|V| = \sqrt{1 + \frac{1 - \left( ch \alpha \chi + \frac{\rho_2 c_2}{2 \rho_1 c_1} \cdot sh \alpha \chi \right) \cdot 2 \cos \frac{2 \pi f \chi}{c_2}}{\left( \left( ch \alpha \chi + \frac{\rho_2 c_2}{2 \rho_1 c_1} \cdot sh \alpha \chi \right) \cdot \cos \frac{2 \pi f \chi}{c_2} \right)^2 + \left( \left( sh \alpha \chi + \frac{\rho_2 c_2}{2 \rho_1 c_1} \cdot ch \alpha \chi \right) \cdot \sin \frac{2 \pi f \chi}{c_2} \right)^2}}, \quad (1)$$

де  $|V|$  – модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукової хвилі від поверхні рідини;  $\alpha$  – коефіцієнт згасання ультразвукових хвиль в рідинному середовищі;  $f$  – частота ультразвукових коливань;  $\chi$  – рівень рідини;  $\rho_1, c_1$  – щільність повітря та швидкість розповсюдження у ньому ультразвукової хвилі;  $\rho_2, c_2$  – щільність рідини та швидкість розповсюдження у ній ультразвукової хвилі.

Вираз (1) для більшості рідин можна подати так:

$$|V| = \sqrt{1 - \frac{1 + \alpha \frac{\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1} \chi}{\left(1 + \alpha \frac{\rho_2 c_2}{2 \rho_1 c_1} \chi\right)^2 + \left(\frac{2 \pi f}{c_2} \frac{\rho_2 c_2}{2 \rho_1 c_1} \chi\right)^2}}. \quad (2)$$

Коли згасання в рідині немає  $\alpha = 0$ , тоді залежність (2) можна показати як:

$$|V| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\rho_1 c_1}{\pi f \rho_2 \chi}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\rho_1 \lambda_1}{\pi \rho_2 \chi}\right)^2}}, \quad (3)$$

де  $\lambda_1$  – довжина ультразвукової хвилі в повітрі.

Таким чином можна безконтактно визначати момент початку кипіння рідини за зменшенням амплітуди відбитої ультразвукової хвилі, а використовуючи часові параметри коливань з корекцією можна визначати сам рівень рідини в резервуарі.

**Висновки.** Проведені дослідження дають змогу створити принципово нові системи автоматизованого контролю рівня рідини при її кипінні з подальшим охолодженням, що є досить важливим для багатьох технологічних процесів на виробництві.

**Ключові слова.** Ультразвукова хвиля, комплексний коефіцієнт відбиття, рівень рідини, часові параметри хвилі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Буденков Г.А. Современное состояние бесконтактных методов и средств ультразвукового контроля / Г.А. Буденков, С.Ю. Гуревич // Дефектоскопия. – 1981. – № 5. – С. 5 – 33.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике /Л. Бергман; под ред. В.С. Григорьева и Л.Д. Розенберга. – [2-е изд.]. – М.: Иностранная литература, 1957. – 726с.