

**Й.І. СТЕНЦЕЛЬ**, д-р техн. наук, проф., ТІ СНУ ім. В. Даля,  
**В.В. ЄВСЮКОВ**, асп., ТІ СНУ ім. В. Даля

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ З НЕРІВНОМІРНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

У роботі наведено результати експериментальних досліджень ультразвукового засобу контролю рівня рідин з нерівномірними поверхнями, обумовленими механічними діями. Показано, що для контролю рівня рідин з такими поверхнями можна використати вторинні ультразвукові ефекти.

This paper sets out experimental results of ultrasonic test for the level of liquid fluids with unequal surfaces caused by any mechanical actions. It is said that to test the level of liquid fluids with such surfaces you may use ultrasonic secondary effects.

**Вступ.** У хімічній технології є необхідність контролювати рівень в реакторах при наявності рідинного кип'ячого шару, в абсорберах з барботуванням газу через рідину, при механічному чи газовому перемішуванні реагуючих рідинних середовищ тощо. Для таких технологічних процесів контроль рівня є актуальною задачею, так як відомі методи контролю рівня як поплавковий, буйковий, гідростатичний, п'єзометричний та інші є практично непридатними. Найбільш придатними для контролю рівня рідинних середовищ з нерівномірними поверхнями є засоби, в основу роботи яких покладені енергетичні принципи реологічних перетворень, наприклад, енергія ультразвукових коливань (УЗК).

Відомі ультразвукові засоби контролю (УЗЗК) [1, 2], які призначені для вимірювання рівня рідинних середовищ, поверхні котрих є плоскими, наприклад, у стаціонарних резервуарах і ємностях. В основу їх роботи покладений принцип вимірювання часу проходження ультразвуковим сигналом (УЗС) подвійної відстані від випромінювача до контролюючої плоскої поверхні або за принципом вимірювання відбитого від цієї поверхні УЗС. До основних недоліків таких засобів контролю рівня є великі похибки, які можуть складати до 20 мм і більше, а також достатньо велика зона їх нечутливості.

**Постановка задачі.** Експериментально встановлено, що при вимірюванні рівня рідинних середовищ ультразвуковим методом при сталому випромінюючому сигналу  $E_0$  приймачем сприймається не один відбитий від поверхні УЗС, а два й більше сигналів, розділених в часі як показано на рис. 1. Якщо перший сигнал сприймається через проміжок часу  $\tau_1$ , то другий через проміжок часу  $\tau_2$ , третій -  $\tau_3$  і так далі. Відмічено, що проміжок часу

$\tau_2$  майже в два рази більший від проміжку  $\tau_1$ , а проміжок  $\tau_2 \approx \tau_3$ . При ультразвуковому методі контролю рівня перший сприймаючий сигнал з амплітудою  $E_1$  називають основним, а з амплітудами  $E_2$  і  $E_3$  сигналами вторинних ефектів вимірювання. З метою уникнення накладання основного та вторинних сигналів при повторних вимірюваннях збуджуючі сигнали розділяють в часі таким чином, щоби час розділення  $T > \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ .

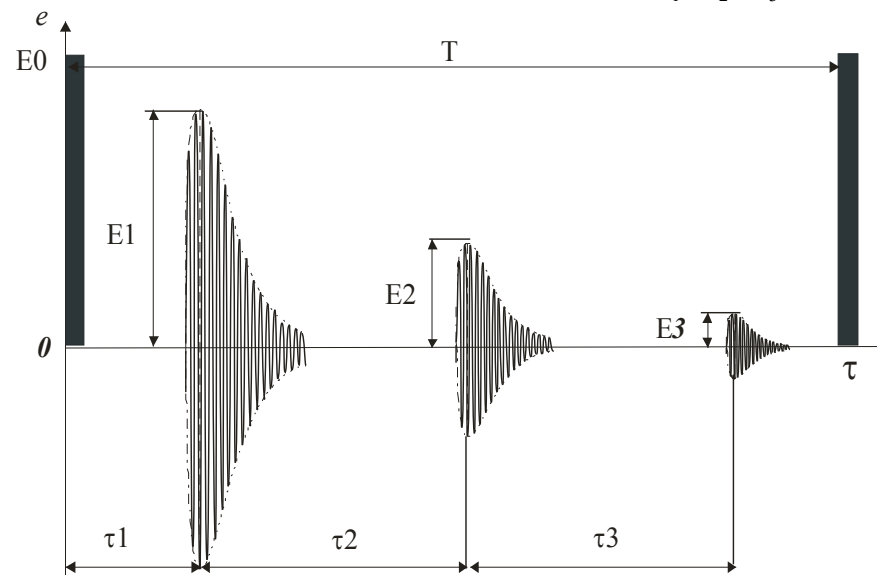


Рис. 1. Послідовність УЗС, які сприймаються приймачем

Відомо [1], що вторинні УЗС виникають внаслідок розсіювання відбитого УЗС від поверхні рідинного середовища. Вторинні УЗС досягають внутрішніх частин резервуара чи ємності, відбиваються від них, повертаються до поверхні рідини, відбиваються від неї і попадають на приймач, створюючи сигнал з амплітудою  $E_2$ . Амплітуда  $E_2$  цього сигналу може складати 10 - 50 % від амплітуди  $E_1$ . Амплітуда вторинних УЗС залежить від характеру поверхні рідинного середовища і є функцією контролюючого рівня. Задачею досліджень є встановлення відповідних закономірностей при дії УЗС на нерівномірні поверхні рідинного середовища і можливість використання ультразвукового методу для контролю рівня таких середовищ.

**Основна частина.** Експериментальними дослідженнями встановлено, що при наявності нерівномірних поверхонь, обумовлених механічними чи реакційними діями, амплітуда основного сигналу  $E_1$  зменшується при

одному й тому ж значенні збуджуючого сигналу та рівні рідинного середовища, а амплітуди вторинних сигналів  $E_2, E_3$  тощо збільшуються. Цей характерний ефект можна покласти в основу побудови УЗЗК рівня рідин з нерівномірними поверхностями.

Експериментальні дослідження проводилися на установці, схема якої приведена на рис.2.

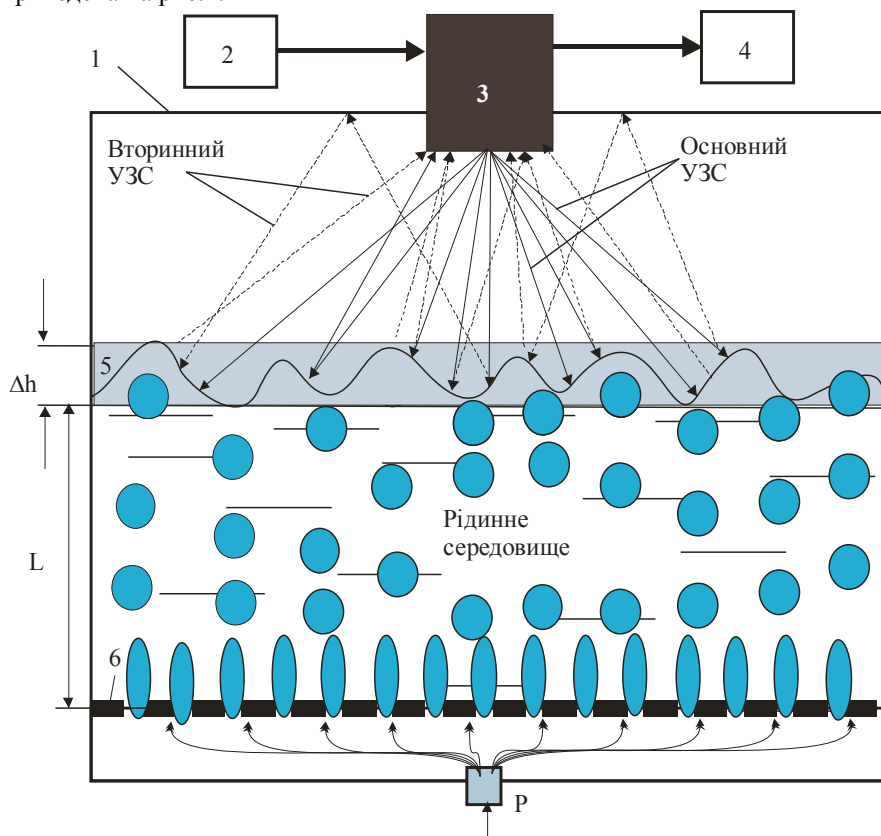


Рис.2. Схема експериментальної установки контролю рівня нерівномірних рідинних середовищ

Установка складається з ємності 1, в яку залито воду до деякого рівня  $L$ , пристрою барботування 6, куди направляється повітря під тиском  $P$ . Піхурці повітря проходять по висоті рідинного середовища і створюють нерівномірну поверхню 5. Висоту  $\Delta h$  такої поверхні можна регулювати за рахунок зміни тиску  $P$  повітря, а також пристроєм 6 з різними прохідними отворами.

Методика виконання експерименту. З блоку 2 електричний імпульс подається на випромінювач 3, який збуджує ультразвукові коливання. УЗС направляється на нерівномірну поверхню рідинного середовища. Після відбиття основна частина УЗС сприймається приймачем 3 у вигляді основного сигналу з амплітудою  $E_1$ , а інша частина, відбившись від нерівномірної поверхні, розсіюється в рідинному та газовому середовищах і після відбиття від внутрішніх частин апарату знову направляються на цю поверхню і у вигляді вторинного сигналу з амплітудою  $E_2$  сприймається приймачем. Так як вторинні сигнали достатньо сильно поглинаються газовим середовищем, то наступними вторинними сигналами з амплітудами  $E_3, E_4$  можна знехтувати. Основний та вторинні сигнали з приймача 3 (одночасно служить випромінювачем) поступають на осцилограф, на екрані якого формується відповідна послідовність як показано на рис. 1. Висота нерівномірної поверхні  $\Delta h$  змінювалася від 0 до 10 мм за рахунок зміни тиску  $P$  повітря, яке подавалося в установку на барботування. При заданому значенні висоти  $\Delta h$  нерівномірності рідинного середовища та заданому його рівні за осцилограмою визначалися амплітуди основного та вторинних сигналів і будувалися залежності  $E_1 = f(\Delta h)$  і  $E_2 = f(\Delta h)$ . На рис. 3. приведені залежності  $E_1 = f(\Delta h)$ , а на рис. 4 залежності  $E_2 = f(\Delta h)$  для різних рівнів рідинного середовища.

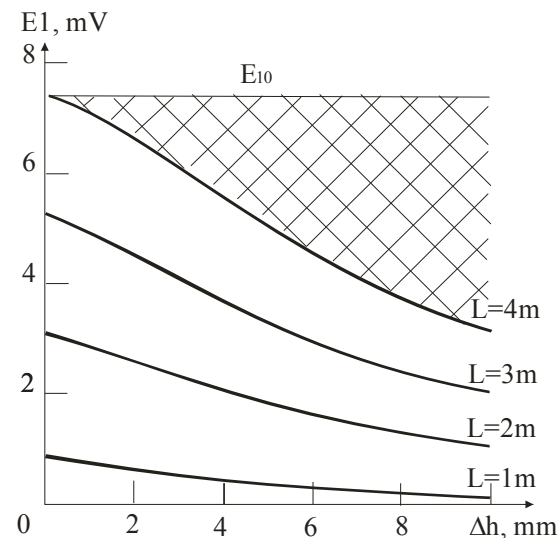


Рис. 3. Залежності амплітуди основного УЗС від зміни висоти нерівномірності поверхні рідинного середовища для різних рівнів

З рис. 3 видно, що зі збільшенням висоти нерівномірності поверхні рідинного середовища абсолютна похибка вимірювання  $\Delta E_1(\Delta h, L) = E_{10}(L) - E_1(\Delta h, L)$  (де  $E_{10}(L)$  - амплітуда основного сигналу для різних значень рівня  $L$  при  $\Delta h = 0$ ;  $E_1(\Delta h, L)$  - амплітуда основного сигналу для різних значень рівня  $L$  при  $\Delta h = \text{var}$ ) збільшується за нелінійним законом (див. заштрихована область для рівня  $L = 4\text{ м}$ ). Зі зменшенням рівня рідинного середовища (відповідно зі збільшенням товщини газового середовища) похибки вимірювання  $\Delta E_1(\Delta h, L)$  зменшуються, що обумовлюється збільшенням поглинання УЗС газовим середовищем.

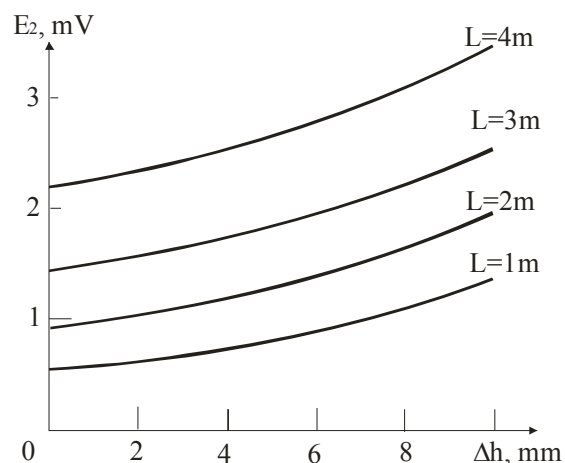


Рис. 4. Залежності амплітуди вторинного УЗС від зміни висоти нерівномірності поверхні рідинного середовища для різних рівнів

З рис. 4 видно, що зі збільшенням висоти нерівномірності поверхні рідинного середовища амплітуда вторинного УЗС плавно зростає незалежно від вимірювального рівня. Така зміна вторинного ефекту може бути використана для підвищення точності вимірювання рівня рідинних середовищ з нерівномірними поверхнями, уводячи відповідку компенсацію в результат вимірювання, зменшення зони нечутливості, а також зменшення впливу зміни газового середовища на контроль рівня.

У деяких ультразвукових рівнемірах для компенсації зміни параметрів газового середовища використовується реперна пластина. При вимірюванні рівня з нерівномірними рідинними середовищами реперна пластина суттєво втрачає свої компенсуючі властивості і практично стає неефективною. Як показали експериментальні дослідження, для таких рідин в якості деякого реперного сигналу доцільно використати УЗС вторинного ефекту, враховуючи той факт, що залежності  $E_2 = f(\Delta h, L)$  є плавними і мають

невелику нелінійність. Окрім того, враховуючи, що вторинний сигнал  $E_2$  завжди приходить до приймача з деяким запізненням після основного сигналу  $E_1$ , то це дає можливість зменшити зону нечутливості до допустимого мінімального значення. На рис. 5 приведена номограма залежності вторинного УЗС від висоти нерівномірності  $\Delta h$  і рівня рідини  $L$ .

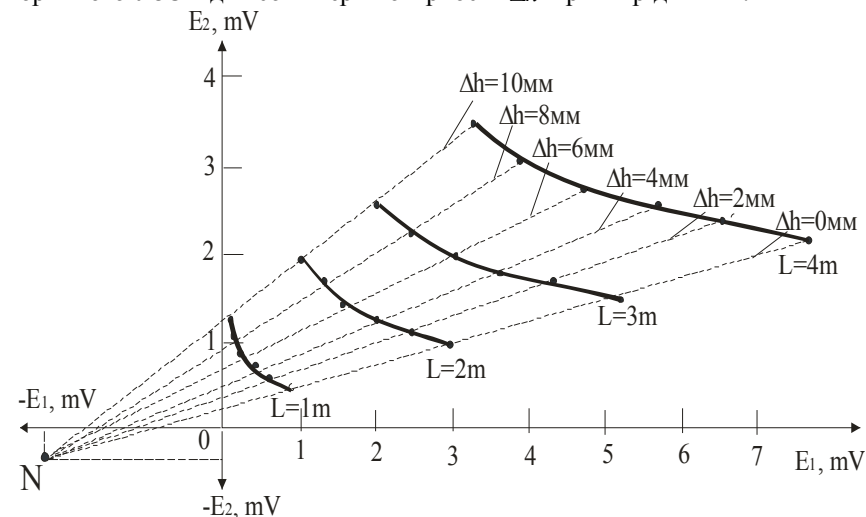


Рис. 5. Номограма залежності вторинного сигналу  $E_2 = f(E_1)$  для різних значень рівня та висоти нерівномірності рідинного середовища

З рис. 5 видно, що  $E_2 = f(E_1)$  для заданого значення висоти нерівномірності  $\Delta h$  є лінійними (пунктирні лінії). З деяким наближенням ці прями лінії сходяться в точці  $N$  з координатами  $(E_1 = -0,34, E_2 = -2,35)$ .

**Висновки.** Експериментальні дослідження показали, що ультразвуковий метод може бути використаний для контролю рівня рідинних середовищ з нерівномірною поверхнею. При цьому нерівномірність поверхні рідини може досягати до 10 мм, що дозволяє будувати засоби контролю рівня для помірно кип'ячих рідинних середовищ. Вперше показано, що для побудови засобів контролю рівня рідинних середовищ з нерівномірним поверхностями використовується вторинний ультразвуковий ефект.

**Список літератури:** 1. В.Жданкин «Ультразвуковые датчики для систем управления». Современные технологии автоматизации, Москва, №1, №4 – 2003. 2. Томсон А.В. Ультразвуковой рівнемір з регульованою амплітудою збуджуючого сигналу // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ, 2007. - №11 (117), Ч.2. – С. 177 – 183.