

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РІДИН В ЄМНОСТЯХ

© Терентьєв О. М., 2000
НТУУ "Київський політехнічний інститут"

© Сняжков Ю. Б., 2000
ПП "Нік-ТСК", м. Київ

Описані метод і пристрій для вимірювання рівня рідини в резервуарах, які базуються на вимірюванні швидкості звуку в газовому середовищі над рівнем рідини.

Створення способів та пристроїв вимірювання рівня рідини у відкритих та закритих резервуарах є актуальною задачею. Сучасні способи вимірювання рівня повинні бути простими, а пристрої – надійними та зручними у експлуатації. Вони повинні забезпечувати мінімальну похибку вимірювань, можливість оперативного автоматизованого обліку та контролю наявності і витрат рідинних середовищ у процесі їх зберігання та реалізації.

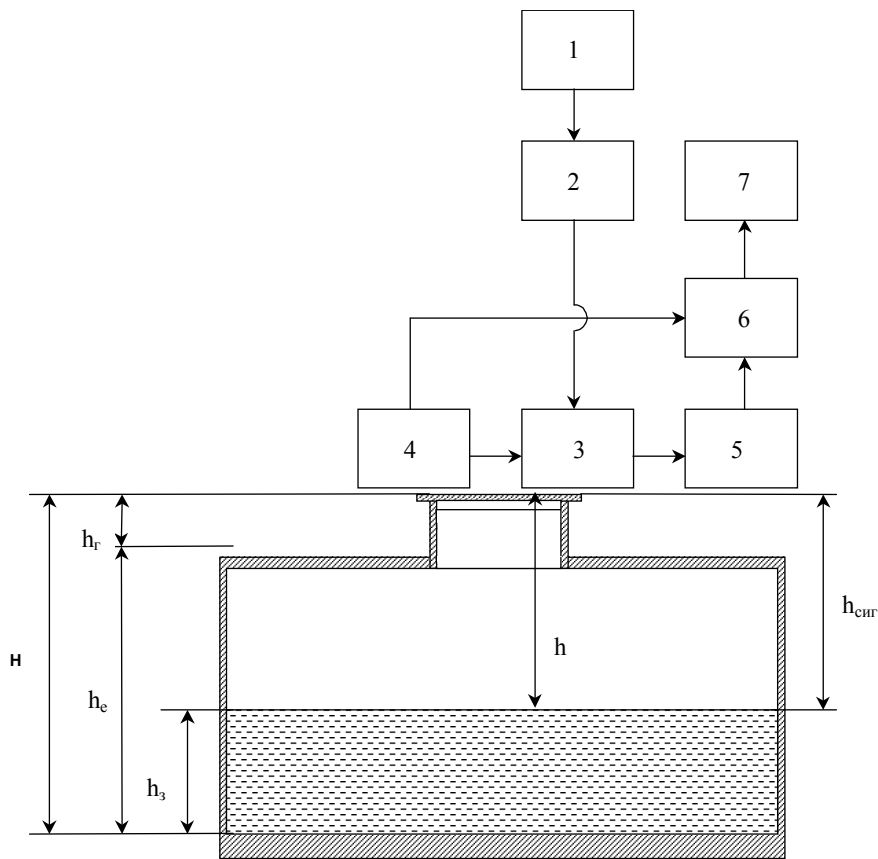
Запропонована комп'ютерна система вимірювання рідини в ємності відрізняється від відомих тим, що акустичні коливання збуджують, використовуючи малий об'єм того ж середовища, в рідкому або замороженому вигляді, який падає з дозатора, наприклад, крапельниці, розташованої над рівнем рідини. Після падіння вказаного малого об'єму та співударяння його з поверхнею рідини виникають звукові коливання. Приймання та електронна обробка звукових коливань, які виникли при співударянні, забезпечують вимір відстані від верхньої точки ємності до рівня рідини, що заповнює ємність. Система включає пристрій, що встановлюється у верхній частині ємності. Схему пристрою, який реалізує запропонований метод вимірювання, показано на рис. 1. До схеми входять дозатор 1, розподільно-перериваючий пристрій 2 (РПП), який призначений для дозування малого об'єму речовини, що падає з дозатора. Синхронізатор 3 з світлочутливими елементами призначений для посилення на ПЕОМ спеціального стробу, який фіксує початок вимірювання по вильоту малого об'єму речовини з дозатора. Звуковий датчик 4 встановлюється на горловині ємності і призначений для прийому звукового сигналу після зіткнення об'єму речовини, що падає, з поверхнею рідини. Підсилення імпульсів від синхронізатора забезпечує блок 5.

Аналого-цифровий перетворювач 6 (АЦП) перетворює аналоговий сигнал від звукового датчика у цифровий для подальшої передачі його на центральний процесор ПЕОМ 7. Як АЦП використана

звукова плата ESS 3D Sound. За допомогою програмного забезпечення, наприклад, Cool Edit Pro Syntrillium Software corp. USA, обчислювальна машина дозволяє отримати спектрограму процесу в реальному часі. На спектрограмі (рис. 2) відображені кількісні та якісні характеристики стробу початку процесу вимірювання і луна - сигналу після зіткнення малого об'єму речовини з рідиною у ємності.

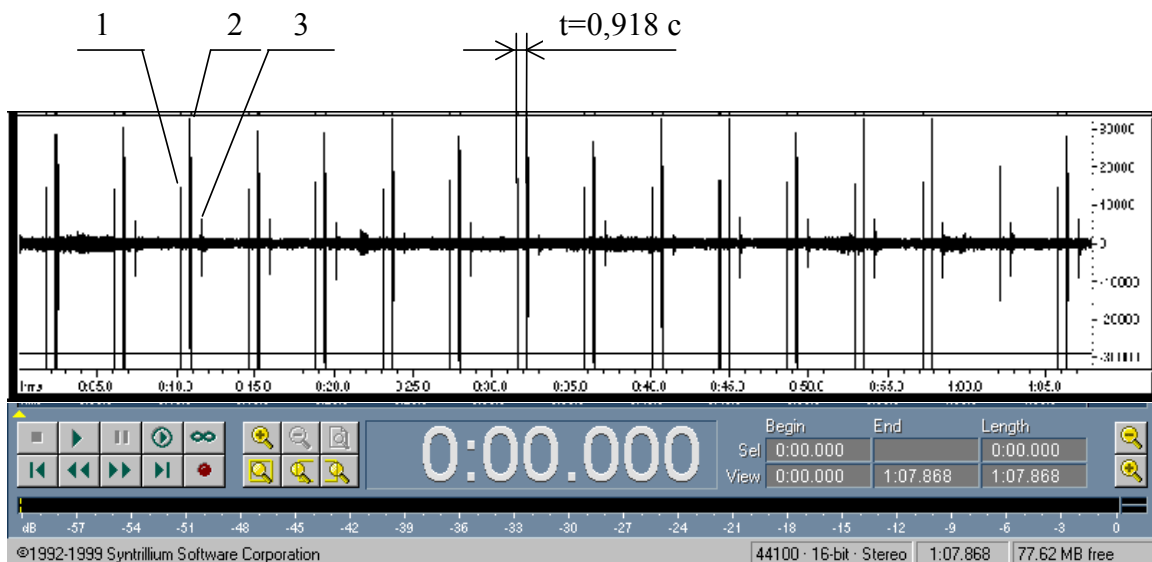
Пристрій для вимірювання рівня рідини в ємності працює таким чином. При натисканні на РПП 2 з дозатора 1 вилітає малий об'єм речовини. Проходячи через проміжок між світлоелементом С і фотоелементом Ф синхронізатора 3, речовина, яка падає, перериває світловий потік. Таким чином, на фотоелементі змінюється потенціал, який потім посилюється підсилювачем 5 до рівня, придатного для пересилання на лінійний вхід "Line in" звукової плати. Малий об'єм речовини пролітає відстань від горловини ємності, на якій встановлено дозатор, до рівня рідини в ємності. При співударянні після падіння малого об'єму виникає звуковий імпульс, який проходить відстань до звукового датчика 4. Сигнал від звукового датчика поступає на мікрофонний вхід "Mic in" звукової плати ПЕОМ. Обидва сигнали – з синхронізатора і звукового датчика поступають відповідно на входи "Line in" та "Mic in" АЦП, де перетворюються в цифровий сигнал. При надходженні на центральний процесор ПЕОМ обидва сигнали мікшуються за допомогою програмного забезпечення та відображаються на моніторі ПЕОМ. Пристрій вимірювання рівня рідини у ємностях, випробувані у реальних умовах. Випробування підтвердили їх надійність, мале енергоспоживання, а похибка вимірювань рівня рідини не перевищує 0,5 % при висоті ємностей до 10 м.

Нижче приведено аналітичне обґрунтування вимірювання рівня рідини у ємності згідно розрахункової схеми (рис. 1) і спектрограми звукового сигналу (рис. 2).



1 – дозатор, 2 – розподільно-перериваючий пристрій, 3 – синхронізатор, 4 – приймач звукових сигналів, 5 – підсилювач, 6 – аналого-цифровий перетворювач, 7 – електронно-обчислювальна машина.

Рис. 1. Розрахункова схема визначення рівня рідини у ємності.



1 – імпульс стробу; 2 – імпульс звукових коливань від співударяння об'єму речовини, який падає з поверхнею рідини у ємності; 3 – імпульс відскоку рідини.

Рис. 2. Спектрограма звукового сигналу.

В проведеному експерименті зроблено 16 вимірювань часових інтервалів, які функціонально зв'язані з рівнем, що вимірюється, з метою забезпечення точності вимірювання. На основі даних вимірювань проведено аналіз спектру звукових коливань.

Рівень заповнення ємності h_3 дорівнює (рис. 1):

$$h_3 = H - h_{\text{куз}}, \quad (1)$$

де h_3 – рівень заповнення рідиною ємності; $H = h_e + h_e$ – відстань від площини встановлення приймача до дна ємності; $h_{\text{куз}}$ – відстань, яку проходить звуковий сигнал від рівня рідини до приймача сигналу; h_e – висота горловини ємності; h_e – висота ємності.

Часовий інтервал t функціонально пов'язаний з рівнем рідини, що вимірюється і має дві складові частини:

$$t = t_1 + t_2, \quad (2)$$

де t_1 – час падіння каплі до поверхні рідини; t_2 – час проходження відбитого сигналу до приймача.

Час t_1 може бути визначений таким чином:

$$h = 0,5 \cdot g \cdot t_1^2,$$

звідки

$$t_1 = \sqrt{2h/g}, \quad (3)$$

де h – висота падіння каплі; g – прискорення вільного падіння.

Час t_2 відповідно може бути визначений так:

$$t_2 = h_{\text{куз}}/V_2, \quad (4)$$

де V_2 – швидкість звуку в газах.

Тоді (2) з врахуванням (3) і (4) приймає такий вигляд:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h_{\text{куз}}}{V_2}. \quad (5)$$

Швидкість звуку у газах при постійному тиску збільшується з підвищенням температури. Для інших температур швидкість може бути підрахована за формулою:

$$V_2 = V + \alpha(t - t_0) = 331 + 0,59(20 - 0) = 342,8 \text{ (м/с)}, \quad (6)$$

де V – швидкість звуку в газі при $t = t_0$; α – температурний коефіцієнт зміни швидкості; t – температура, при якій розраховується швидкість; $t_0 = 0^\circ\text{C}$ – температура.

Для того, щоб знайти відстань, яку проходить звуковий сигнал від рівня рідини до приймача, приведемо (6) до вигляду квадратного рівняння і розв'яжемо його відносно $h_{\text{куз}}$:

$$h_{\text{куз}} \frac{1}{V_2} + \sqrt{h_{\text{куз}}} \sqrt{2/g} - t = 0, \quad ax^2 + bx + c = 0,$$

$$a = \frac{1}{V_2}, \quad b = \sqrt{2/g}, \quad c = -t,$$

$$h_{\text{куз}} = \frac{-\sqrt{\frac{2}{g}} \pm \sqrt{\frac{2}{g} + \frac{4t}{V_2}}}{\frac{2}{V_2}}. \quad (7)$$

Квадратне рівняння має два розв'язки. Для визначення відстані від рівня рідини до приймача звукового сигналу вибираємо розв'язок з додатним знаком.

З формули (7) для $H = 5$ м, $t = 0,915$ с і $V_2 = 342,8$ м/с знаходимо:

$$h_{\text{куз}} = \left(\frac{-\sqrt{\frac{2}{g}} + \sqrt{\frac{2}{g} + \frac{4t}{V_2}}}{\frac{2}{V_2}} \right)^2 = \left(\frac{-\sqrt{\frac{2}{9,8}} + \sqrt{\frac{2}{9,8} + \frac{4 \cdot 0,915}{342,8}}}{\frac{2}{342,8}} \right)^2 = 4,0401 \text{ (м)}.$$

Тоді $h = 5 - 4,04 = 0,96$ (м).

Проведені метрологічні дослідження показали, що похибка визначення величини h вказаним пристроєм не перевищує 0,5 %.

Висновки. Запропонована комп'ютерна система визначення рівня рідини в ємності, яка відрізняється від відомих тим, що акустичні коливання збуджують, використовуючи малий об'єм того ж середовища, в рідкому або замороженому вигляді, який падає з дозатору, наприклад, крапельниці, розташованої над рівнем рідини і після падіння та співударення з поверхнею рідини викликає звукові коливання, приймання та електронна обробка яких забезпечує визначення відстані від верхньої точки ємності до рівня рідини, що заповнює ємність.

Запропоновано пристрій для визначення рівня рідини в ємності, який відрізняється тим, що механізм для збудження акустичних коливань виконаний у вигляді дозатора з розподільно-перериваючим пристроєм. Пристрій має звуковий давач, призначений для прийому звукового сигналу після зіткнення падаючої речовини з поверхнею рідини в ємності, синхронізатор із світлочутливими елементами, який посилає на ЕОМ спеціальний строб, який в свою чергу сигналізує про виліт малого об'єму з дозатора, підсилювач, який призначений для підсилювання імпульсів від синхронізатора і подачі сигналу на аналого-цифровий перетворювач. При цьому схема вимірювання часового інтервалу, функціонально зв'язаного з рівнем, що вимірюється, виконана у вигляді мікропроцесора, який реалізує задану програму керування процесом вимірювання та обчислення рівня рідини.

