

УДК 531.756

Пістун Є., Николин Г.

ДУ «Львівська політехніка», кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

РІВНЕВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ГУСТИНИ ВОДЯНИХ СУСПЕНЗІЙ

© Пістун Є., Николин Г., 2000

Considered principle of construction level measuring sensor of suspension water density invariable to level change in measuring object. Imposed possibility of apply such measuring sensor for dimension of suspension water density of grind copper ore.

Задача вимірювання густини занечищених рідин та суспензій, зокрема водяних суспензій розмелених порід на гірничо-збагачувальних комбінатах, донині вважається остаточно невирішеною. Це пояснюється тим, що зазначені середовища, густину яких треба вимірювати, характеризуються властивостями, які унеможливають роботу густиноміра – значне налипання речовин на елементах густиноміра, забруднення та забивання трубок чи отворів у густиномірі тощо. Для прикладу можна навести задачу контролю густини водяної суспензії розмеленої мідної руди на мідних комбінатах, оскільки будь-які густиноміри там не працюють: навіть такий невибагливий в експлуатації густиномір, як гідростатичний (гідростатичні трубки забиваються протягом декількох годин). Для побудови густиномірів, здатних працювати в таких важких умовах, в [1] запропоновано застосовувати елементи відтворення рівня, за допомогою яких можна відтворити рівень контрольованого середовища рівнем іншого середовища, що, у свою чергу, дозволяє розв'язати задачу відтворення густини контрольованого середовища густиною або рівнем іншого середовища. У цій роботі розглянуто принципи побудови вимірювальних перетворювачів густини на базі вказаних елементів відтворення рівня, інваріантних до зміни рівня контрольованого середовища.

Елемент відтворення рівня контрольованого середовища зі змінною та невідомою густиною ρ_x рівнем іншого середовища, наприклад, рівнем певної стандартної рідини із сталою та відомою густиною ρ_c відповідно до [1] виконується у вигляді трубки, зануреної в контрольоване середовище на певну глибину H , через яку безперервно проливається ця стандартна рідина. Схема такого елемента відтворення рівня показана на рис.1.

Стандартна рідина, яка подається (вливається) у верхню частину трубки елемента відтворення рівня, витісняє з цієї трубки контрольоване середовище. Внаслідок цього трубка повністю заповнюється стандартною рідиною. Рівень h стандартної рідини (наприклад, води) в трубці визначається станом рівноваги гідростатичних тисків обидвох рідин на торці зануреної частини трубки, тобто на висоті H стовпа контрольованого середовища (глибині занурення трубки) [1]:

$$H = h \cdot \rho_x / \rho_c \quad (1)$$

Отже, рівень h стандартної рідини в трубці відтворює рівень H контрольованого середовища в об'єкті вимірювання відносно нижнього торця трубки відповідно до відношення значень густин ρ_x / ρ_c цих рідин. При цьому, якщо $\rho_x > \rho_c$, то рівень h стандартної рідини в трубці згідно з (1) завжди буде вищим за рівень H .

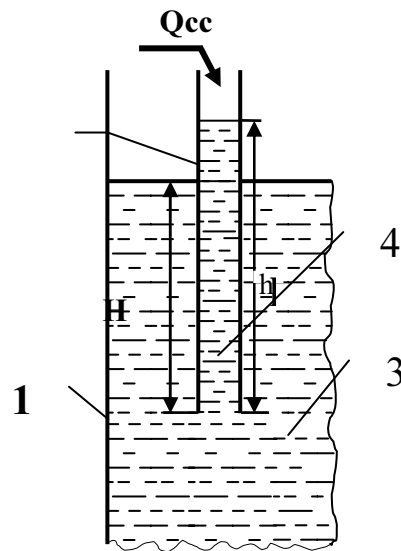


Рис.1. Схема елемента відтворення рівня:
 1 – об'єкт вимірювання; 2 – трубка елемента відтворення рівня;
 3 – контрольоване середовище; 4 – стандартна рідина

Розглянутий елемент відтворення рівня може застосовуватись, як це показано в [1], для побудови вимірювальних перетворювачів густини. Так, якщо рівень H контрольованого середовища в об'єкті вимірювання є постійним, а значення густини стандартної рідини ρ_c сталим, то значення висоти h може служити відповідно до (1) мірою густини ρ_x

$$h = k \cdot \rho_x, \quad (2)$$

де $k = H/\rho_c$ – коефіцієнт передачі такого вимірювального перетворювача густини рідини. Оскільки у цьому перетворювачі густина контрольованого середовища перетворюється в рівень стандартної рідини в трубці (густина відтворюється цим рівнем), то такі вимірювальні перетворювачі в [1] запропоновано називати рівневими вимірювальними перетворювачами густини рідини.

До речі, значення коефіцієнта передачі k такого вимірювального перетворювача густини рідини, як це видно із (2), змінюється дуже легко – зміною глибини H занурення трубки в середовище, густина якого вимірюється.

Отже, елемент відтворення рівня, описаний вище, може бути застосований як первинний вимірювальний перетворювач густини занечисчених рідин та суспензій. При цьому, внутрішня порожнина трубки не забиватиметься, оскільки вона завжди буде заповнена чистою стандартною рідиною (для прикладу, вимірювання густини водяної суспензії розмеленої мідної руди – чистою водою).

Якщо ця трубка виготовлена із скла, через яке легко спостерігати за рівнем води у трубці, і вона оснащена відповідною шкалою, то достатньо однієї такої трубки для здійснення процесу вимірювання. В такому випадку розглянутий елемент відтворення рівня суміщатиме первинний вимірювальний перетворювач густини і вимірювальний прилад з градуальною характеристикою

$$\rho_x = h \cdot \rho_c / H. \quad (3)$$

Якщо трубка не оснащена шкалою, то для здійснення процесу вимірювання необхідно додатково застосовувати вторинний вимірювальний перетворювач рівня стандартної рідини

в трубіці, наприклад, гідростатичний вимірювальний перетворювач рівня з відповідним вторинним приладом. І тут він уже працюватиме надійно, оскільки вимірюватиме рівень чистої води.

Як видно із вищевикладеного, рівневі вимірювальні перетворювачі густини неінваріантні до рівня H контрольованого середовища в об'єкті вимірювання. Рівень H контрольованого середовища безпосередньо впливає згідно з (2) на коефіцієнт передачі k такого вимірювального перетворювача густини. Слід відзначити, що не на всіх об'єктах вимірювання густини можна забезпечити незмінність рівня H контрольованого середовища. Так, наприклад, в технологічному процесі розмелювання породи у виробництві міді, а саме – в так званих класифікаторах, де якраз й існує потреба вимірювання густини водяної суспензії розмеленої мідної руди, рівень цієї суспензії не постійний, він змінюється, і ці зміни достатньо значні. У зв'язку з тим відповідно до загальної теорії інваріантності [2] пропонується будувати рівневі вимірювальні перетворювачі густини за двоканальною вимірювальною схемою, в цьому випадку на двох елементах відтворення рівня.

Схема рівневого вимірювального перетворювача густини, побудованого на двох елементах відтворення рівня, показана на рис.2.

Обидва елементи відтворення рівня у вимірювальному перетворювачі густини, показаному на рис.2, працюють згідно з вимогами, розглянутими вище.

Рівень h_1 стандартної рідини в трубіці першого елемента відтворення рівня згідно з (1) становитиме:

$$h_1 = H_1 \cdot \rho_x / \rho_c, \quad (4)$$

а, за аналогією, рівень h_2 стандартної рідини в трубіці другого елемента відтворення рівня –

$$h_2 = H_2 \cdot \rho_x / \rho_c, \quad (5)$$

де, крім відомих, H_1 та H_2 – глибина занурення трубок відповідно першого та другого елемента відтворення рівня.

Згідно з правилом двоканальної вимірювальної схеми знайдемо різницю рівнів Δh стандартної рідини між обома трубками елементів відтворення рівня – вихідний сигнал первинного вимірювального перетворювача густини, побудованого на цих трубках,

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \rho_x / \rho_c \cdot (H_1 - H_2). \quad (6)$$

Із (6) знайдемо характеристику перетворення такого вимірювального перетворювача густини рідини.

$$\Delta h = k \cdot \rho_x, \quad (7)$$

де $k = (H_1 - H_2) / \rho_c$ – коефіцієнт передачі цього вимірювального перетворювача.

Отже, якщо обидві трубки, на яких реалізуються елементи відтворення рівня, розміщені близько одна від одної так, що зміна загального рівня в об'єкті вимірювання не спричинить зміну значення $(H_1 - H_2)$, чого неважко досягнути, то коефіцієнт передачі k цього вимірювального перетворювача густини не чутливий до зміни рівня контрольованого середовища в об'єкті вимірювання.

Слід зазначити також, що значення коефіцієнта передачі k такого вимірювального перетворювача густини згідно з (7) безпосередньо залежить від різниці $(H_1 - H_2)$, тобто глибина занурення трубки першого елемента відтворення рівня повинна бути відмінною від глибини занурення трубки другого елемента відтворення рівня.

Для здійснення процесу вимірювання за допомогою розглянутого первинного вимірювального перетворювача густини необхідно додатково застосувати вторинний вимірюваль-

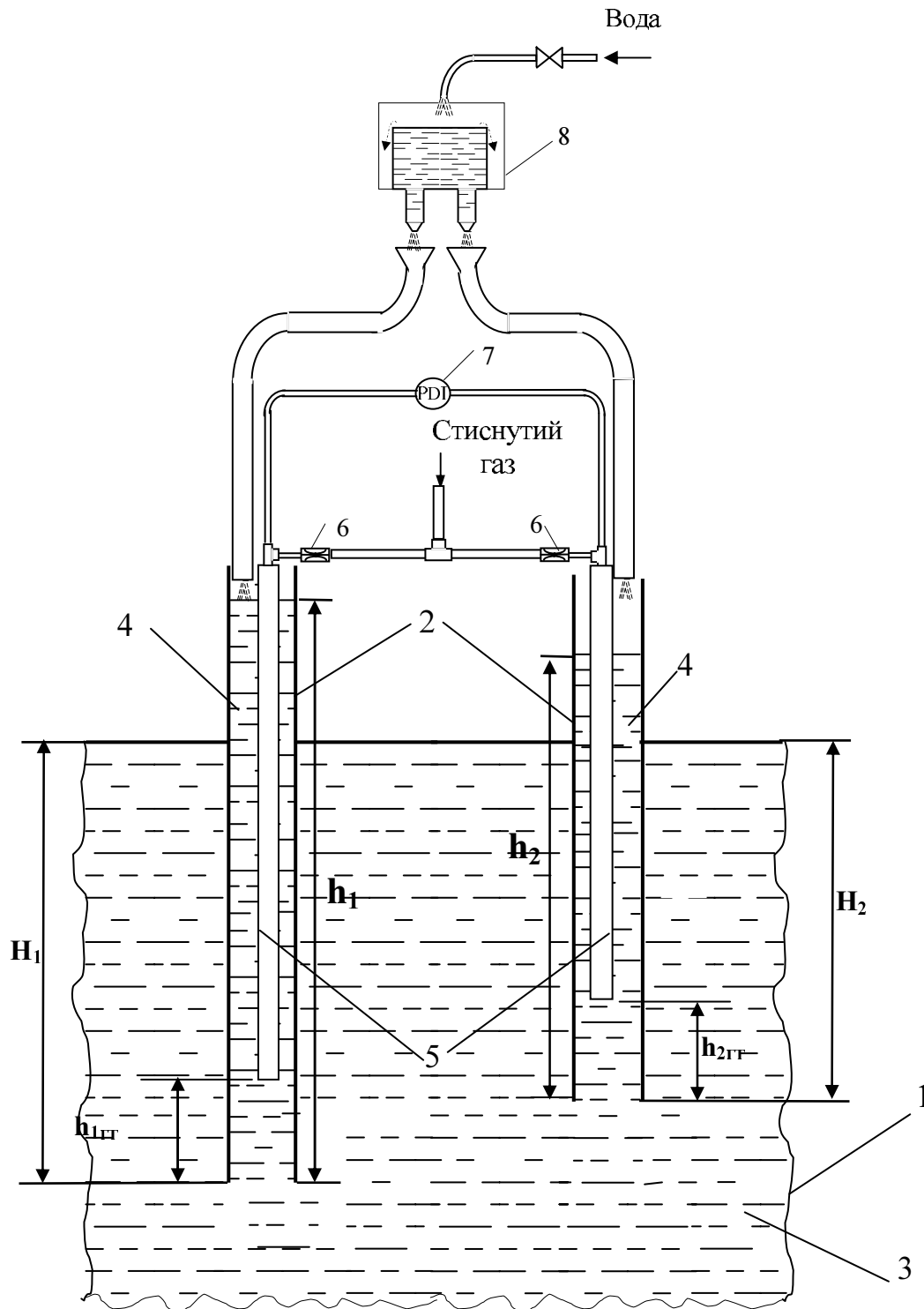


Рис.2. Схема рівневого вимірювального перетворювача густини, інваріантного до зміни рівня контрольованого середовища в об'єкті вимірювання:
 1 – об'єкт вимірювання; 2 – трубка елемента відтворення рівня; 3 – контрольоване середовище;
 4 – стандартна рідина; 5 – гідростатичні трубки; 6 - пневматичний дросель;
 7 – дифманометр; 8 – система живлення стандартною рідиною

ний перетворювач різниці рівнів Δh стандартної рідини між обома трубками, яким може бути, наприклад, гідростатичний вимірювальний перетворювач різниці рівнів з відповідним

вторинним приладом. На рис.2 показані також гідростатичні трубки такого вимірювального перетворювача. Показано і те, що ці гідростатичні трубки можуть розміщуватись в трубках елементів відтворення рівня на різних віддальх від їх торців, а це дуже важливо, оскільки від глибини їх занурення в стандартну рідину (кожної зокрема) залежатиме характеристика перетворення всієї вимірювальної системи.

Так, гідростатичний тиск P_1 , який відтворюватиметься тиском повітря, що надходить в гідростатичну трубку першої трубки елемента відтворення рівня, визначається як

$$P_1 = \rho_c q \cdot (h_1 - h_{1ГТ}), \quad (8)$$

а відповідний гідростатичний тиск P_2 у другій трубці –

$$P_2 = \rho_c q \cdot (h_2 - h_{2ГТ}), \quad (9)$$

де, крім відомих, $h_{1ГТ}$ і $h_{2ГТ}$ – зміщення гідростатичних трубок відносно відповідно торця трубки першого елемента відтворення рівня та торця трубки другого елемента відтворення рівня; q – прискорення земного тяжіння.

Різницю ж цих тисків $\Delta P = P_1 - P_2$, як вихідний сигнал вторинного гідростатичного вимірювального перетворювача, знаходять із (8) та (9):

$$\Delta P = \rho_c q \cdot [(h_1 - h_2) + (h_{2ГТ} - h_{1ГТ})], \quad (10)$$

або, з урахуванням (6),

$$\Delta P = \rho_c q \cdot \{[\rho_x/\rho_c \cdot (H_1 - H_2)] + (h_{2ГТ} - h_{1ГТ})\}, \quad (11)$$

Отже, характеристика перетворення розглянутого густиноміра, інваріантного до зміни рівня контрольованого середовища в об'єкті вимірювання, може бути записана у вигляді рівняння

$$\Delta P = A \cdot \rho_x \cdot + B, \quad (12)$$

де

$$A = (H_1 - H_2) \cdot q;$$

$$B = (h_{2ГТ} - h_{1ГТ}) \cdot \rho_c q.$$

Як видно із (12), характеристика перетворення такого густиноміра має два ступені вільності, а саме – коефіцієнти A та B , значення яких легко змінюються відповідно переміщенням трубок елементів відтворення рівня та переміщенням гідростатичних трубок. Для такого параметра, як густина, це надзвичайно важливо, оскільки густина ρ_x будь-якого контрольованого середовища ніколи не змінюється від нуля, а лише від якогось конкретного значення ρ_{\min} до іншого конкретного значення ρ_{\max} . Таким чином, зміною значень коефіцієнтів A та B завжди можна узгодити діапазон вторинного приладу (дифманометра) із зміною густини контрольованого середовища від ρ_{\min} до ρ_{\max} .

Очевидно, розглянутий густиномір працюватиме лише, якщо забезпечено необхідні умови функціонування елементів відтворення рівня, на базі яких він побудований. Ці умови розглянуті в [1]. Однією з таких умов є безперервна подача у верхню частину трубок елементів відтворення рівня стандартної рідини з якоюсь певною витратою Q_c , тобто елементи відтворення рівня повинні мати джерело цієї рідини, звідки вона до них надходить. Витрата Q_c стандартної рідини через ці трубки повинна бути такою, щоб, витікаючи в контрольоване середовище, вона не впливала на його густину ρ_x . Очевидно, це є досяжним, коли ємність посудини з контрольованим середовищем є досить значною (в ідеалі прямує до нескінченності), а сама рідина перебуває в постійному русі (перемішуванні) і є проточною. У технологічному процесі розмелювання породи у виробництві міді, а саме у класифікаторах, де необхідно вимірювати густину водяної суспензії розмеленої мідної руди, власне

така ситуація і спостерігається. Отже, для цього технологічного процесу може бути застосований розглянутий тут густиномір.

В [1] розглянуто основні вимоги щодо проектування елементів відтворення рівня, а також щодо забезпечення їх необхідних динамічних характеристик, на які впливає значення витрати Q_c . Важливими, наприклад, є умови непотрапляння контрольованого середовища в трубку у процесі роботи густиноміра [1]:

$$4 Q_c / (\pi D^2) \geq (dH / dt)_{\max}, \quad (13)$$

$$4 Q_c / (\pi D^2) \cdot (\rho_c / H) \geq (d\rho_x / dt)_{\max}. \quad (14)$$

де, крім відомих, D – діаметр трубки елемента відтворення рівня; $(dH / dt)_{\max}$ – максимальна швидкість зміни рівня H контрольованого середовища в об'єкті вимірювання; $(d\rho_x / dt)_{\max}$ – максимальна швидкість зміни густини ρ_x в об'єкті вимірювання. Всі ці вимоги повинні також застосовуватись при розробленні конкретних рівневих вимірювальних перетворювачів густини.

Запропоновані нові підходи до побудови вимірювальних перетворювачів густини на елементах відтворення рівня дозволяють створювати густиноміри занечищених рідин та водяних суспензій, інваріантні до зміни рівня контрольованого середовища, а отримані моделі та характеристики перетворення таких густиномірів – проектувати та розраховувати як самі густиноміри, так і їх елементи. Показана можливість застосування таких густиномірів для контролю густини водяної суспензії розмеленої мідної руди на мідних комбінатах.

1. Пістун Є.П., Николин Г.А. *Моделювання елементів відтворення рівня для вимірювальних перетворювачів густини. Методи та прилади контролю якості.* – 2000. № 5.
2. Петров Б.Н. Викторов В.А. и др. *Принцип инвариантности в измерительной технике.* – М., 1976.