

УДК 531.756

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВІДТВОРЕННЯ РІВНЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ГУСТИНИ

© Пістун Є. П., Николин Г. А., 2000

Державний університет «Львівська політехніка»

Розглянуто принципи побудови та моделювання елементів відтворення рівня для вимірювальних перетворювачів густини занечищених рідин та суспензій. На прикладі конкретного елемента відтворення рівня отримано його основні розрахункові залежності та показано застосування в схемі густиноміра.

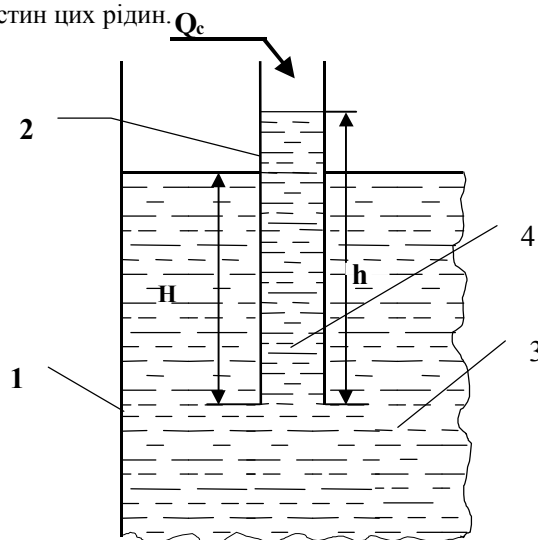
При вимірюванні густини рідких середовищ, зокрема занечищених рідин та суспензій, наприклад, водяної суспензії розмеленої породи на гірничозбагачувальних комбінатах, виникає потреба відтворення густини контрольованого середовища густиною іншого середовища, яка трансформується у задачу відтворення рівня контрольованого середовища рівнем іншого середовища. Це пояснюється тим, що зазначені середовища, густину яких треба контролювати, 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 невирішену задачу контролю густини водяної суспензії розмеленої мідної руди на мідних комбінатах, оскільки будь-які густиноміри там не працюють: навіть такий ніби невибагливий в експлуатації густиномір, як гідростатичний (гідростатичні трубки забиваються протягом декількох годин).

Елемент відтворення рівня контрольованого середовища зі змінною (невідомою) густиною ρ_x рівнем іншого середовища із сталою та відомою густиною ρ_c виконується у вигляді простої трубки, зануреної в контрольоване середовище на певну глибину H . Через цю трубку безперервно проливається рідина (надалі стандартна рідина) із вказаною густиною ρ_c . Схема такого елемента відтворення рівня показана на рис. 1.

Витрата Q_c стандартної рідини через трубку 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 нескінченості), а сама рідина знаходиться в постійному русі (перемішуванні) і є протічною. Власне така ситуація має місце в технологічному процесі розмелювання породи в виробництві

міді, в так званих класифікаторах, де існує гостра потреба вимірювання густини водяної суспензії розмеленої мідної руди.

Безперервне подавання (вливання) стандартної рідини у верхню частину трубки забезпечує витіснення цієї рідиною контрольованого середовища з трубки. Таким чином трубка буде заповнена стандартною рідиною лише до певного рівня, який визначатиметься станом рівноваги гідростатичних тисків обидвох рідин. Внаслідок цього рівень стандартної рідини в трубці буде відтворювати рівень контрольованого середовища поза межами трубки у відповідності до відношення значень густин цих рідин.



1 – об'єкт вимірювання, 2 – трубка, 3 – контрольоване середовище, 4 – стандартна рідина.

Рис. 1. Схема елемента відтворення рівня.

Запишемо рівняння гідростатики для торця зануреної частини трубки таким чином:

$$P = \rho_x q H, \quad (1)$$

$$P = \rho_c q h, \quad (2)$$

де P – гідростатичний тиск на торці зануреної частини трубки, тобто на висоті H контрольованого середовища (глибини занурення трубки); ρ_x – густина контрольованого середовища; ρ_c – густина стандартної рідини (наприклад, води); h – висота стандартної рідини в трубці; q – прискорення земного тяжіння.

Із рівностей (1) та (2), тобто $\rho_x q H = \rho_c q h$, знаходимо, що

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

Таким чином, рівень h стандартної рідини в трубці відтворює рівень H контрольованого середовища в об'єкті вимірювання відносно нижнього торця трубки у відповідності до відношення значень густин цих рідин. При цьому, якщо $\rho_x > \rho_c$, то рівень h стандартної рідини в трубці завжди буде згідно з (3) вищим по відношенню до рівня H . При $\rho_x = \rho_c$ рівень h стандартної рідини буде повторювати рівень H .

Очевидно розглянутий елемент відтворення рівня буде функціонувати лише при безперервній подачі у верхню частину трубки стандартної рідини з якоюсь певною витратою Q_c , тобто він повинен мати джерело цієї рідини, звідки вона поступає в трубку.

Слід зазначити, що від значення самої витрати Q_c не залежатиме статика відтворення рівня – при будь-якому значенні Q_c залежність (3) справджується. Ця витрата буде впливати на динамічні характеристики елемента відтворення рівня, а також на можливість попадання контрольованого середовища в занурену частину трубки. Так, наприклад, якщо рівень H контрольованого середовища раптово зміниться на ΔH , то в цей самий момент і на таку ж саму величину зміниться рівень h , але за рахунок попадання контрольованого середовища в трубку знизу. Відтак за рахунок вливання стандартної рідини в трубку зверху контрольоване середовище буде із трубки витіснятись. При цьому, якщо $\rho_x = \rho_c$, то рівень h змінюватись не буде, якщо ж $\rho_x > \rho_c$, то рівень h буде поступово зростати до його нового значення у відповідності з (3). Максимальна швидкість зростання рівня при сталих діаметрі D трубки та витраті Q_c визначається з умови заповнення трубки стандартною рідиною при закритому виході таким чином:

$$dh / dt = 4 Q_c / (\pi D^2). \quad (4)$$

Очевидно, що в реальності таких раптових змін рівня H контрольованого середовища, як правило, не буває. Кожен об'єкт може характеризуватись певним, лише йому притаманним, значенням максимальної швидкості зміни рівня H $(dH / dt)_{max}$. В цьому випадку можна записати умову непопадання контрольованого середовища в трубку, а саме:

$$4 Q_c / (\pi D^2) \geq (dH / dt)_{max}. \quad (5)$$

Умова (5) реалізується відповідним вибором значень діаметра D трубки та витрати Q_c стандартної рідини. В такому випадку гарантується чистота внутрішньої поверхні трубки.

Розглянутий елемент відтворення рівня може застосовуватись 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 бути у відповідності до (3) мірою контрольованої густини ρ_x , тобто

$$h = k \cdot \rho_x, \quad (6)$$

де $k = H / \rho_c$ – коефіцієнт передачі такого вимірювального перетворювача густини рідини. Оскільки в даному перетворювачі густина контрольованого середовища перетворюється в рівень стандартної рідини в трубці (густина відтворюється цим рівнем), то назвемо такий перетворювач – рівневим вимірювальним перетворювачем густини рідини.

Значення коефіцієнта передачі такого вимірювального перетворювача густини рідини, як це видно із (6), змінюється дуже легко - зміною глибини H занурення трубки в середовище, густина якого вимірюється.

Таким чином, елемент відтворення рівня, описаний вище, може бути застосований як первинний вимірювальний перетворювач густини занечислених рідин та суспензій. При цьому внутрішня порожнина трубки забруднюватись не буде, оскільки вона завжди буде заповнена 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 в трубці, і вона оснащена відповідною шкалою, то достатньо однієї такої трубки для здійснення процесу вимірювання. В такому випадку розглянутий елемент відтворення рівня буде одночасно і первинним вимірювальним перетворювачем густини, і вимірювальним приладом з градуовальною характеристикою виду

$$\rho_x = h \cdot \rho_c / H. \quad (7)$$

Якщо трубка не оснащена шкалою, то для здійснення процесу вимірювання необхідно додатково застосовувати вторинний перетворювач рівня стандартної рідини в трубці, наприклад, гідростатичний вимірювальний перетворювач рівня з відповідним вторинним приладом. В даному випадку він працюватиме надійно, оскільки вимірюватиме рівень чистої води.

За залежностями (3) та (6) можна розрахувати основні конструктивні параметри такого перетворювача. Довжина робочої частини трубки h_m , наприклад, розраховується за рівнянням (3) при максима-

льно можливого значенні густини ρ_x контрольованого середовища, а реальна довжина трубки повинна бути не менша за значення h_m . Коефіцієнт k передачі вимірювального перетворювача визначається у відповідності з (6) через значення H і ρ_c . Діаметр трубки D повинен бути таким, щоб на результат вимірювання не впливали капілярні ефекти, наприклад, повинен бути не меншим за 10 мм. Якщо в трубці планується монтувати гідростатичну трубку для гідростатичного вимірювального перетворювача рівня, то діаметр D повинен бути не меншим за 25 мм.

Як відомо, такий параметр як густина не відноситься до швидкозмінних параметрів, особливо в технологічному процесі розмелювання мідної породи, про який згадувалось вище. Якщо відома максимальна швидкість зміни цієї густини $(d\rho_x/dt)_{max}$, то за аналогією до умови (5) шляхом диференціювання (7) та з врахуванням (4) отримуємо подібну умову непопадання контрольованого середовища в трубку:

$$4 Q_c / (\pi D^2) \cdot (\rho_c / H) \geq (d\rho_x / dt)_{max} . \quad (8)$$

Слід відзначити, що виконання умови (8) не тільки гарантує чистоту внутрішньої поверхні трубки, тобто гарантує надійність процесу вимірювання, а й забезпечує безінерційність рівневого вимірювального перетворювача густини рідини. Останнє пояснюється тим, що за рахунок вибраних під виконання умови (8) значень Q_c та D швидкість зміни рівня h стандартної рідини в трубці буде такою, що рівень h встигатиме безпосередньо відслідковувати зміни густини ρ_x контрольованого середовища без будь-яких динамічних запізнь.

Розглянуті в роботі нові підходи щодо побудови та моделювання запропонованих елементів відтворення рівня можуть застосовуватись при проектуванні вимірювальних перетворювачів густини рідких середовищ, зокрема занечищених рідин та суспензій.