

**О.М. ДУБОВЕЦЬ**, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПІ",  
**І.І. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПІ",  
**Є.І. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПІ",  
**В.П. КАЧОМАНОВА**, студ., НТУ "ХПІ"

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ЩІЛЬНОМІРА

У статті вирішені питання модернізації, що включають залежність результатів виміру від неспівпадання глибин занурення стержня поплавця і компенсаційного стержня в контролюєму рідину.

**Ключові слова:** щільність, поплавець, неспівпадання, занурення, стрижень, датчик, ємкість, важель.

Щільномір відноситься до вимірювальної техніки і може бути використана для вимірювання щільності рідин на підприємствах хімічної, будівельної, харчової і інших галузей промисловості, де потрібно вимірювати щільність з мінімальною погрішністю, коли на результати вимірювання можуть впливати навіть незначні зміни рівня контрольованих рідин, їх в'язкість і властивості, визначувані поверхневим натягненням.

Відомий щільномір який містить ємність з вхідним і вихідним, вертикально встановленим з отворами в бічній стінці, патрубками, поплавцем, плаваючий в контрольованій рідині і сполучений через упор з пружинним чутливим елементом, закріпленим в опорах, датчик, реєструючий величину деформації пружинного елемента і вторинний прилад [1].

Недоліками відомого щільноміра є залежність результатів виміру від нестабільності витрати рідини, можливості заростання отворів вихідного патрубка при роботі на дисперсних рідинах, зміни в'язкості контрольованої рідини і від впливу сил поверхневого натягнення рідини у разі потреби вимірювання її щільності з мінімальною погрішністю.

Найбільш близьким за технічною суттю і результатом є щільномір для рідини, що містить ємність для контрольованої рідини, поплавець з жорстким стрижнем, який з'єднано з чутливим елементом датчика сил, пружинну нитку, прикріплену до жорсткого стержня і перекинуту через шків, який може повертатися без тертя на горизонтальній осі, компенсаційний стрижень, який з'єднано з пружинною ниткою з протилежного щодо поплавця боку шківа,

© О.М. Дубовець, І.І. Литвиненко, Є.І. Литвиненко, В.П. Качоманова, 2013

при цьому конструкція щільноміра забезпечує ідентичність діаметру жорсткого стрижня і компенсаційного стрижня і матеріалів, з яких стержни виготовлені [2].

Гідністю прототипу є виключення залежності результатів виміру щільності від неспівпадання і змінності сил поверхневого натягу контрольованих рідких середовищ.

Недоліками даного щільноміра для рідини є:

1) можливість прослизання нитки на шківі, якщо вона не з'єднана з його поверхнею:

2) при зміні щільності рідкого середовища поплавець із закріпленим на ньому жорстким стрижнем і компенсаційний стрижень, переміщуються в протилежних напрямках, внаслідок чого змінюється глибина їх занурення в рідину, що приводить до виникнення додаткової погрішності виміру;

3) нитка в процесі експлуатації обов'язково розтягується, що приводить до порушення первинного положення щодо один одного жорсткого і компенсаційного стрижнів, рівного їх занурення в контрольовану рідину.

Завданням модернізації щільноміра є виключення залежності результатів вимірів щільноміра від зміни рівня і в'язкості контрольованої рідини в ємності і забезпечення рівноцінності занурення стрижня, закріпленого на поплавці і компенсаційного стрижня при зміні рівня рідкого середовища в ємності, її щільності і в'язкості.

Вказане завдання вирішується за рахунок того, що у відомому щільномірі, що містить ємність з контрольованою рідиною, поплавець із закріпленим на його поверхні жорстким стрижнем, з'єднаним з нерухомим датчиком сил, компенсаційний стрижень, виготовлений з матеріалу ідентичного матеріалу жорсткого стрижня поплавця і що має однакові з ним діаметри, пристрій для забезпечення зв'язку жорсткого стрижня з компенсаційним стрижнем і переміщеннями поплавця при зміні щільності контролюємої рідини і нерухомий датчик сил, а відповідно до корисної моделі стрижень поплавця, закріплений на поплавці і компенсаційний стрижень встановлені за допомогою осей з можливістю вільного повороту на кінцях протилежних, таких, що мають рівну довжину важелів, при цьому важіль, на якому встановлений компенсаційний стрижень, закріплений з дотриманням перпендикулярності на верхньому з двох паралельно розташованих валів, важіль, на якому встановлений стрижень поплавця, закріплений з дотриманням перпендикулярності на нижньому валу, а паралельні вали кінематично з'єднані між собою за допомогою зу-

бчатої передачі, що складається з двох ідентичних шестерінок, закріплених на протилежних валах.

Схема щільноміра приведена на рис. 1, на рис. 2 показаний вигляд по А – А на взаєморозташування і з'єднання важелів, валів і шестерень.

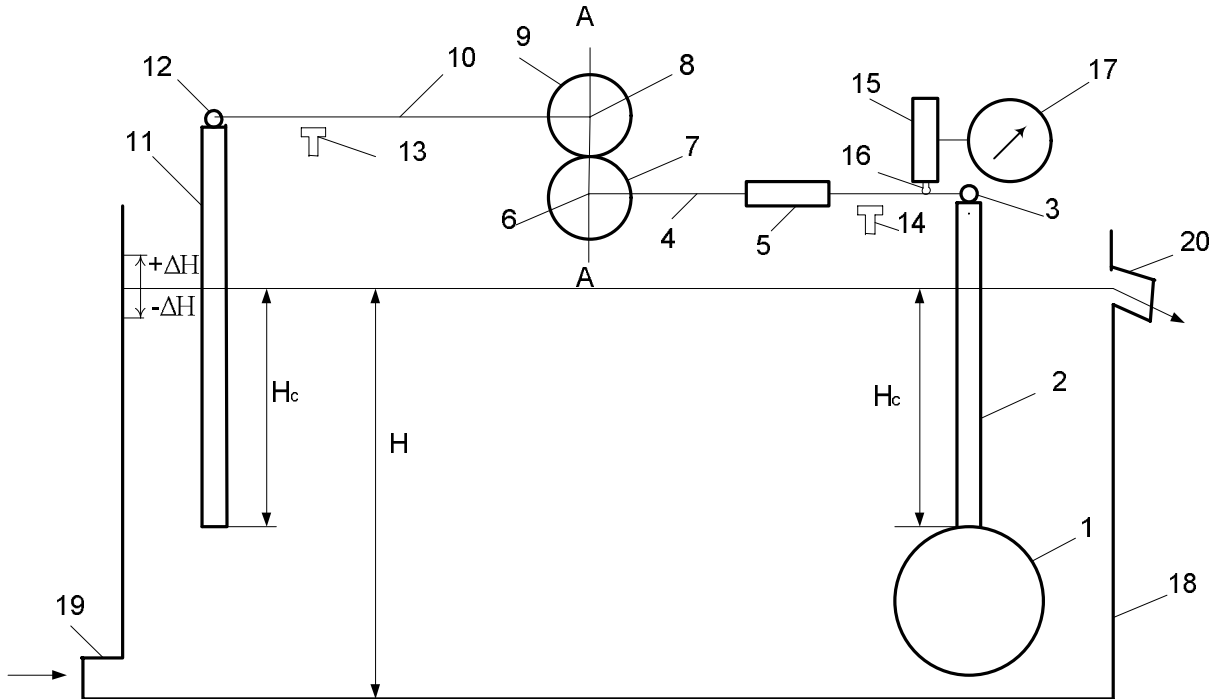


Рис. 1 – Модернізований щільномір

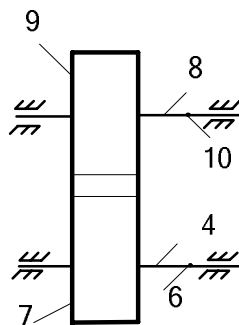


Рис. 2 – Вид щільноміру по А – А

Щільномір містить поплавець 1 із закріпленим на його поверхні стрижнем поплавця 2, встановленим з можливістю вільного повороту на осі 3, закріпленою на правому кінці важеля 4, контрвантаж 5, встановлений на важелі 4 з можливістю переміщення і закріплення, вал 6, на якому закріплений з дотриманням перпендикулярності лівий кінець важеля 4, шестерню 7, закріплену на валу 6, вал 8, встановлений паралельно валу 6, на якому закріплена шестерня 9, що знаходиться в зачепленні з шестернею 7, важіль 10, правий кі-

нець якого закріплений з дотриманням перпендикулярності на валу 8, компенсаційний стрижень 11, встановлений з можливістю вільного повороту на осі 12, закріпленою на лівому кінці важеля 10, опори 13 і 14 відповідно для важелів 13 і 4, нерухомий датчик сил 15, чутливий елемент якого 16 спирається на важіль 4, вимірювальний прилад 17 з шкалою, яка проградуїрована в одиницях вимірювання щільності контрольованої рідини і приймальну ємність 18 з контрольованою рідиною. При цьому вали 7 і 8 встановлені друг над другом (в одній вертикальній площині), важелі 4 і 10 мають рівну довжину, а компенсаційний стрижень 11 і стрижень поплавця 2, виконані з одного матеріалу, мають однакові діаметри і встановлені так, що при горизонтальному і будь-якому іншому положенні важелів 4 і 10 стрижні занурені в контрольовану рідину на рівну глибину  $H_C$ .

Робота модернізованого щільноміра здійснюється таким чином.

Щільномір щодо приймальної ємності 18 встановлюється так, щоб глибина занурення стрижня поплавця 2 в контрольоване середовище дорівнювала приблизно половині його загальної висоти  $H_C$ , що відповідає рівню переливного пристрою 20 ємностей 18. За допомогою контрвантажу 4 (його переміщення) здійснюється настроювання щільноміра на мінімальне значення щільності контрольованої рідини і установка покажчика вимірювального приладу на відмітку, відповідну вказаному значенню.

У приймальну ємність 18 безперервно подається через патрубок 19 контрольована рідина, заповнюючи її до рівня  $H$ , і витікаючи з ємності через переливний пристрій 20. При цьому враховується, що рівень  $H$  може змінюватися в межах ( $H \leftrightarrow H + \Delta h$ ) залежно від зміни витрати рідини, що поступає в ємність 18, і її в'язкості.

Відомо, що рідини, маючи певне значення щільності і межі зміни щільності, одночасно характеризуються в'язкістю і поверхневим натягом, які також можуть змінюватися при реалізації технологічного процесу, в якому рідини використовуються як початкові середовища. Очевидно тому, що зміна рівня рідини в приймальній ємності 18, а також її в'язкості і поверхневого натягу робитимуть вплив на результати виміру щільності (приводити до появи додаткової похибки виміру), якщо конструкція щільноміра не передбачає ефективну компенсацію їх впливу.

Модернізація конструкції щільноміра виключає всі перераховані причини появи додаткової погрешності.

Якщо, наприклад, рівень контрольованої рідини  $H$  зміниться на  $\Delta h$ , що

може викликатися і збільшенням витрати рідини, що подається в ємність 18, і збільшенням її в'язкості, то вказане приведе до одночасного збільшення занурення в рідину стрижня поплавця 2 і компенсаційного стрижня 11, до рівного збільшення виштовхуючих сил, що діють на них, компенсуючих один одного, оскільки вони прикладені до протилежних кінців важелів 4 і 11. Завдяки цьому не порушується рівновага системи важеля і не змінюється показання вимірювального приладу 17.

При зміні сил поверхневого натягу рідини змінюються одночасно на рівну величину сили, що впливають однонаправлено і на стрижень поплавок 2, і на компенсаційний стрижень 11, що виключає порушення рівноваги системи важеля.

При зміні щільності контрольованої рідини рівновага важеля описується формулою

$$P_{\Sigma} = V\rho g + H_{C}S_{ж}\rho g - H_{C}S_{к}\rho g = V\rho g$$

де  $V$  – об'єм поплавок;  $\rho$  – щільність контрольованої рідини;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $S_{ж}$  – поверхня стрижня поплавок 2, на яку діють сили поверхневого натягу;  $S_{к}$  – поверхня компенсаційного стрижня 11, на яку діють сили поверхневого натягу.

Оскільки  $S_{к} = S_{ж}$  (діаметри і матеріали стрижнів ідентичні), то на важіль 4 впливає тільки виштовхуюча сила, що діє на поплавець, яка пропорційна щільності контрольованої рідини.

При збільшенні щільності рідини поплавець 1 переміщує за допомогою стрижня поплавця 2 правий кінець важеля 4 вгору на деяку величину, яка визначається протидією чутливого елемента датчика сил 15. Це приводить до деякого зменшення глибини занурення в рідину стрижня поплавок 2, до повороту проти годинникової стрілки валу 6 і закріпленою на ньому шестерні 7, до повороту по годинникової стрілки шестерні 9, валу 8, лівого кінця важеля 10 і переміщенню вгору (на величину переміщення стрижня поплавця 2) компенсаційного стрижня 11, що встановлює рівність глибин занурення стрижнів 2 і 11 в контрольовану рідину. Поворот важелів 4 і 10 при зміні щільності рідини також не змінює вертикального положення вказаних стрижнів. Це забезпечується тим, що щільність матеріалу стрижнів більше максимальної щільності контрольованої рідини в (1,5 – 2,0) рази і стрижні встановлено (підвішені) на осях відповідно 3 і 12. Тому при повороті важелів 4,

11 стрижні під дією сили тяжіння повертаються в протилежному напрямі і займають вертикальне положення. Гойдання стрижнів на осях також виключається, чому сприяє, по-перше, незначні кутові відхилення важелів 4 і 10 і, головне, в'язкість контрольованої рідини, що виконує функцію демпфера.

При переміщенні правого кінця важеля 4 (унаслідок збільшення щільності контролюємої рідини) важіль 4 впливає на чутливий елемент 16 датчика сил 15, який одночасно врівноважує дану дію і формує вихідний електричний сигнал. Вихідний сигнал датчика сил передається на вхід вимірювального приладу 17 з шкалою, проградуєваною в одиницях вимірювання щільності.

В порівнянні з прототипом модернізований щільномір:

1) виключає залежність результатів вимірювання від неспівпадання глибин занурення стрижня поплавця і компенсаційного стрижня в контрольовану рідину;

2) дозволяє здійснювати настроювання щільноміра на заданий діапазон виміру, виключаючи додаткове навантаження на вимірювальну систему і зменшуючи тим самим діапазон шкали вимірювального приладу;

3) унеможливорює виникнення додаткової погрішності виміру від прослизання або подовження елементів системи важеля щільноміра.

**Список літератури:** 1. А.с. СССР № 1441264, кл. G01N 9/10, 1988. 2. А.с. СССР № 1608492, кл. G01N 9/10, 1990.

*Надійшла до редколегії 21.10.13*

УДК 66.02

**Модернізація щільноміра / О.М. ДУБОВЕЦЬ, І.І. ЛИТВИНЕНКО, Є.І. ЛИТВИНЕНКО, В.П. КАЧОМАНОВА** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 64 (1037). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 39 – 44. – Бібліогр.: 2 назв.

В статье решены вопросы модернизации, включающие зависимость результатов измерения от несовпадения глубин погружения стержня поплавка и компенсационного стержня в контролируемую жидкость.

**Ключевые слова:** плотность, поплавков, несовпадение, погружение, стержень, датчик, емкость, рычаг.

In the article questions of modernisations are decided, including dependence of results of measuring from the lack of coincidence of depths of immersion of bar of float and compensative bar in the controlled liquid.

**Keywords:** density, float mismatch, immersion rod sensor filling amount, levers.