

УДК 681.121

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ РІВНЯ ЗАМКОВОЇ РІДИНИ В УСТАНОВКАХ ДЗВОНОВОГО ТИПУ НА ТОЧНІСТЬ ВІДТВОРЕННЯ ОБ'ЄМУ ГАЗУ

© Мельничук С. І., 2002

Івано-Франківський державний центр стандартизації, метрології та сертифікації

**Проведено аналіз поведінки замкової рідини в процесі опускання мірника дзвонів у установку з метою оцінки впливу рівня цієї рідини на точність відтворення об'єму та об'ємної витрати газу.**

При опусканні мірного елемента в дзвоних установках задання об'єму та об'ємної витрати газу (рис. 1) відбувається занурення стінок циліндричного мірника 1 в замкову рідину 3 витіснювача 2, в результаті чого рівень останньої піднімається. В результаті така зміна рівня може приводити до зростання похибки відтворення об'єму і об'ємної витрати газу.

Об'єм газу, витісненого дзвоним мірником, визначається висотою опускання останнього та його геометричними розмірами і, як доведено [1], підвищенням рівня замкової рідини у витіснювачі.

При опусканні дзвону 1, з початкового рівня  $I-I$ , на висоту  $H$  величина дійсного об'єму витісненого повітря визначається як сума об'ємів [1]:

$$V_{\text{д}} = V + \Delta V,$$

де  $V = \pi \cdot d^2 \cdot H / 4$  - об'єм газу, витіснений дзвоном при опусканні;  $\Delta V = \pi \cdot (d^2 - d_{\text{вит}}^2) \cdot \Delta H / 4$  - об'єм замкової рідини, витіснений зануреною частиною стінки дзвону, що знаходиться між внутрішнім циліндром витіснювача та дзвоном.

Одним із недоліків запропонованого [1] підходу до визначення об'єму витісненого газу є максимальне спрощення графічної моделі досліджуваної установки. Таким чином в [1] розглянуто роботу окремо взятої частини системи рис. 1, а не системи в цілому (рис. 2).

Так, згідно [1], похибка  $\Delta V$ , що обумовлена зміною рівня рідини у витіснювачі, залежить від глибини занурення дзвону та товщини його стінок.

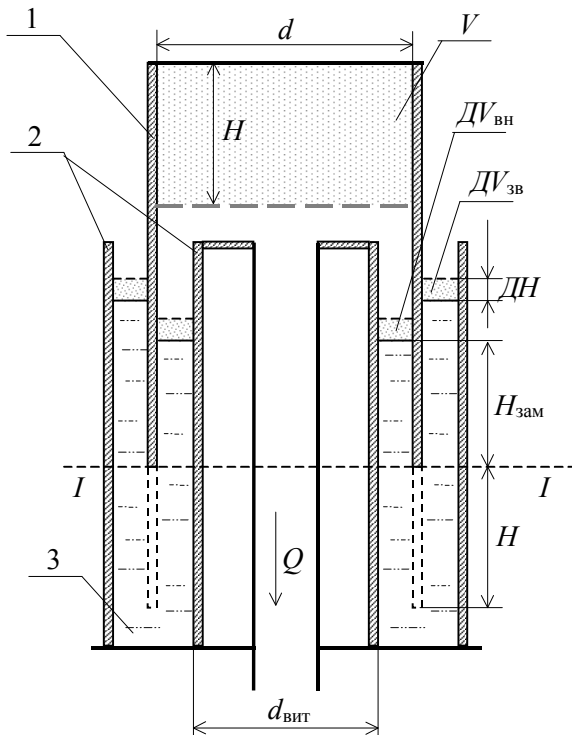


Рис. 1. Спрощена графічна модель установки дзвонів у установку

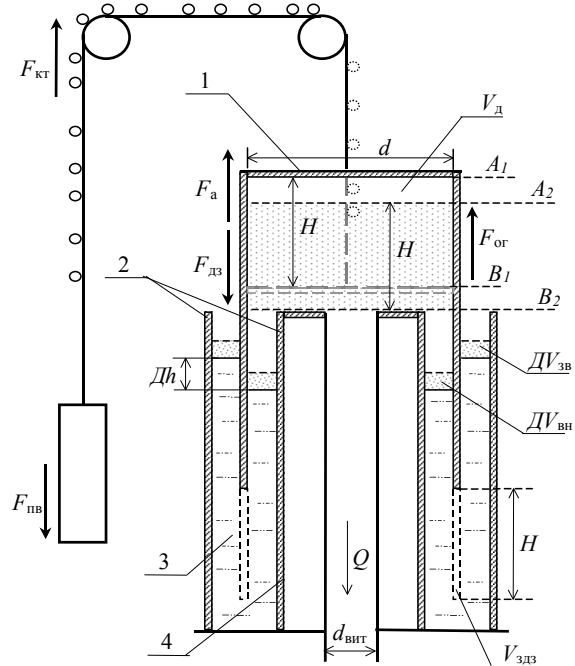


Рис. 2. Розширена графічна модель установки дзвонів у установку

Доцільно зазначити, що при опусканні мірника системою стабілізації забезпечуються незначні коливання тиску в піддзвоновому просторі від заданої величини (рис. 3).

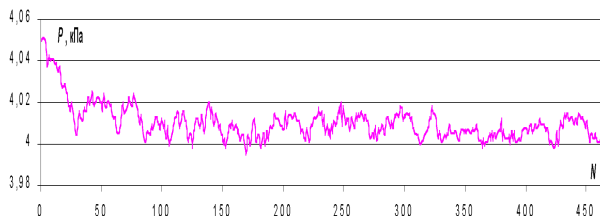


Рис. 3. Експериментальні дані зміни перепаду тиску газу під дзвоном в процесі його опускання

Таким чином перепад рівню замкової рідини  $\Delta h$  між внутрішнім та зовнішнім поверхнями стінок дзвону можна вважати постійною величиною (рис. 2), отже витіснена стінками мірника замкова рідина підніметься на однакову висоту  $\Delta H$  по обидві сторони стінок дзвону (рис. 1).

Об'єм стінок дзвону, який витісняє замкову рідину, величина постійна, яка в більшості випадків не перевищує 2 % від витісненого геометричного об'єму дзвонового мірника [4].

В такому випадку розподіл об'ємів, що заповнюються замковою рідиною всередині та зовні мірника, буде неоднаковим і при постійному перепаді  $\Delta h$  залежатиме тільки від співвідношення площ внутрішньої  $S_{вн}$  та зовнішньої  $S_{зв}$  поверхонь. Отже суттєвого зменшення похибки, що обумовлена зміною рівню рідини у витіснювачі, можна досягти за умови, що

$$(S_{вн}/S_{зв}) \rightarrow 0.$$

Зміна об'єму  $\Delta V_{вн}$ , по відношенню до загального об'єму  $V_{здз}$  замкової рідини, що витісняється стінками дзвонового мірника, в залежності від співвідношення  $(S_{вн}/S_{зв})$  подано на рис. 4.

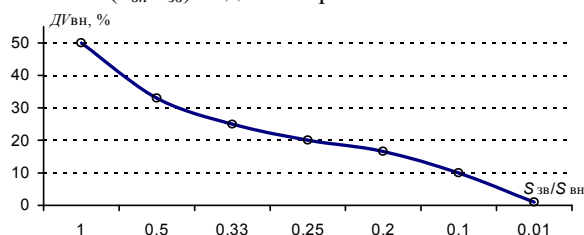


Рис. 4. Зміна об'єму замкової рідини в піддзвоновому просторі в залежності від співвідношення площ

$$S_{вн}/S_{зв}$$

Аналізуючи отримане можна зробити висновок, що наявність внутрішнього циліндра 4, який забезпечує зменшення об'єму рідини, потрібної для заповнення витіснювача, приводить до зменшення похибки, яка обумовлена зростанням рівня замкової рідини в піддзвоновому просторі.

Іншим недоліком розглянутого в [1] підходу є

вибір статичного режиму роботи для аналізу роботи установки, що приводить до неврахування ряду впливових факторів.

Оскільки при проведенні експериментів витіснений дзвоновим мірником об'єм газу приводять до нормальних умов, в такому випадку об'єм газу в ємності визначається не тільки її геометричними розмірами ( $d, H$  тощо), а також температурою ( $t$ ) і тиском ( $P$ ).

Доцільно зазначити, що усі вимірювання проводяться тільки при усталеному режимі роботи установки, тобто на ділянці, де відсутні перехідні процеси, а також при дотриманні наступних умов [2]:

- температура навколишнього та робочого середовищ становить  $20 \pm 2$  °С;
- зміна температури повітря, що витісняється за час одного вимірювання не більше  $0,5$  °С;
- зміна температури повітря в приміщенні не більше  $2$  °С протягом 8 годин та не більше  $0,5$  °С протягом 1 години;
- відносна вологість навколишнього повітря не повинна перевищувати 80 %.

Фактично в динамічному режимі температурна стабілізація забезпечує флуктуацію температури  $\pm 0,12$  °С за час одного вимірювання, що дозволяє знехтувати температурним розширенням повітря.

Величина тиску газу в піддзвоновому просторі визначається балансом сил, прикладених до дзвонового мірника (рис. 2):

$$F_{дз} + F_{кт} = F_{пв} + F_a + F_{ог},$$

де  $F_{пв} = m_{пв} \cdot g$  і створюється вагою протизваги, постійна величина;  $F_{кт} = m_{кт} \cdot g$  і створюється вагою компенсаційних тягарців (змінна величина, закон зміни якої підбирається так, щоб мінімізувати коливання тиску під дзвоном);  $F_{дз} = m_{дз} \cdot g$  і створюється вагою дзвонового мірника (постійна величина);  $F_a = \rho_{зр} \cdot V_{дз} \cdot g$  і зумовлене виштовхувальною властивістю рідин (змінна величина, яка рівномірно зростає із зануренням дзвону в замкову рідину);  $F_{ог}$  – сила опору, що створюється газом в піддзвоновому просторі.

Зусилля  $F_{ог}$  можна розкласти на дві складові:

$$F_{ог} = F_{оп} + F_{\Delta V_{вн}},$$

де  $F_{оп}$  - опору, що створюється при протіканні газу через отвір ( $d_{внт}$ ). Якщо розглянути вихідний отвір, як звукуючий пристрій, то витрата газу, що витісняється дзвоновим мірником, визначається з наступним чином [3]:

$$Q = 0.2109 L \cdot d_{t=20^{\circ}C}^2 \cdot \varepsilon \cdot K_{t=0^{\circ}C}^2 \cdot \sqrt{\frac{(\Delta P \cdot 10197)(P \cdot 10197)}{\rho_n \cdot T \cdot K}},$$

де  $L$  - коефіцієнт витрати для обраного типу діафрагми;  $d_{t=20^{\circ}C}$  - діаметр отвору діафрагми при температурі  $20$  °С;  $\varepsilon$  - коефіцієнт розширення газу;  $K_{t=0^{\circ}C}$  - множник на теплове розширення матеріалу діафрагми;  $\Delta P$  - перепад тиску газу на діафрагмі;  $P$  - абсолютний тиск газу;  $\rho_n$  - густина сухого газу в норма-

льних умовах;  $T$  - температура газу;  $K$  - коефіцієнт стискуваності газу.

Таким чином усі параметри звужуючого пристрою, крім  $\Delta P$  та  $P$ , при усталеній температурі є постійними величинами, котрі залежать тільки від конструктивних особливостей установки. Отже при забезпеченні постійних значень параметрів  $\Delta P$  та  $P$  можна вважати, що опір, який створюється умовною діафрагмою, є постійною величиною.

$F_{\Delta V_{BH}}$  виникає внаслідок заповнення замковою рідиною частини простору під дзвоном, і є змінною величиною, яка рівномірно зростає із зануренням дзвону.

Оскільки в більшості випадків відношення площ поверхонь  $(S_{зв}/S_{вн}) \leq 1$ , то об'єм, який заповнює замкова рідина в піддзвововому просторі знаходиться в межах  $1\% \leq \Delta V_{BH} < 2\%$  від робочого геометричного об'єму дзвонного мірника.

Таким чином максимальне збільшення тиску газу під дзвоном, яке зумовлюється повним зануренням стінок робочої частини мірника в замкову рідину, при відсутності компенсаційної системи визначається з наступного виразу:

$$P_1 = P_0 \cdot \frac{V_0}{V_0 - \Delta V_{BH}},$$

де  $P_1$  - тиск газу під дзвоном після зміни рівню замкової рідини;  $P_0$  - тиск газу під дзвоном до зміни рівня замкової рідини;  $V_0$  - геометричний об'єм дзвонного мірника;  $\Delta V_{BH}$  - об'єм, що заповнює замкова рідина.

Враховуючи, що  $\Delta V_{BH} < 2\%$  отримаємо, що

$$P_1 = 1.0204 \cdot P_0.$$

Звідси максимальне збільшення тиску газу в піддзвововому просторі, яке виникає в наслідок зростання рівню замкової рідини, не перевищує  $\Delta P^* < 2,04\%$  від початкової величини.

Порівнюючи рівномірне зростання тиску  $\Delta P^*$  з поточними коливаннями тиску газу  $\Delta P_{var}$  ( $\pm 0,5\%$ ) під дзвоном, які не згладжує компенсаційна система, можна зробити висновок, що об'єм газу, який витісняється за рахунок коливань дзвонного мірника, співрозмірний з об'ємом, який повинен витіснятися замковою рідиною.

Фактично об'єм стінок мірника, які занурюються в замкову рідину, в більшості випадків знаходиться в межах від 0,9 до 1,5% від робочого геометричного об'єму, тобто при відношенні площ  $(S_{зв}/S_{вн}) \approx 1$  витісненій замковою рідиною об'єм  $0,45\% \leq \Delta V_{BH} \leq 0,75\%$ , що зумовлює зростання тиску в піддзвововому просторі в межах  $0,91\% \leq \Delta P^* \leq 1,52\%$ .

Оскільки при приведенні об'єму витісненого газу до нормальних умов коливання тиску  $\Delta P_{var}$ , які приводять до витіснення додаткового об'єму газу, не враховуються, оскільки вони знаходяться поза

межею чутливості системи, то врахування зростання тиску  $\Delta P^*$ , який є наслідком зростання рівня замкової рідини, в даному випадку є недоцільним.

З іншого боку, нестабільність параметрів газу  $\Delta P$  та  $P$  визначається тільки балансом змінних сил, прикладених до дзвонного мірника:

$$F_{KT} = F_a + F_{\Delta V_{BH}}.$$

Стабілізація тиску під дзвоном в процесі його опускання здійснюється за допомогою стрічки з компенсаційними тягарцями, шківів з архімедовим профілем, чи інших пристроїв. Отже рівномірне зростання сил, що протидіють опусканню  $F_a$  і  $F_{\Delta V_{BH}}$ , компенсується змінним зусиллям системи стабілізації  $F_{KT}$ .

Іншими словами, вага дзвону із зануренням, повинна зменшуватись так, щоб компенсувати втрати об'єму (зростання тиску в піддзвововому просторі), який заповнює замкова рідина, а також повинна збільшуватись так, щоб компенсувати силу виштовхування замкової рідини.

Отже при опусканні мірного елемента на висоту  $H$ , з рівню  $A_1$  до рівню  $B_1$ , параметри газу  $t$ ,  $\Delta P$  та  $P$  в піддзвововому просторі суттєво не змінюються, що можна сказати і про параметри газу між рівнями  $A_2$  та  $B_2$ , який безпосередньо витісняється. Таким чином, якщо припустити, що газ який витісняє замкова рідина, витікає разом з газом з простору між рівнями  $A_2$  та  $B_2$ , то це повинно привести до зростання витрати і, як наслідок, перепаду тиску. Але параметри газу  $t$ ,  $\Delta P$  та  $P$  в процесі опускання мірника залишаються сталими, тобто витрата газу не зростає.

Одним з пояснень такого явища може бути уповільнення руху мірного елемента в процесі опускання, що повинно було б приводити до зменшення поточної витрати, яка фіксується давачем лінійного переміщення дзвонного мірника. Іншим є те, що витікання газу, витісненого замковою рідиною, можливе за умови витіснення еквівалентного об'єму з простору між рівнями  $A_2$  та  $B_2$ , що досягається за рахунок зменшення тиску(ваги) дзвонного мірника.

Таким чином питання впливу зміни рівня замкової рідини в динамічному режимі роботи на точність відтворення об'єму в діючих установках дзвонного типу не є однозначним і потребує проведення додаткових досліджень.

1. Пістун С. П., Бродин Ю. І. Дослідження впливу зміни рівня замкової рідини в дзвонних установках задання об'єму газу на їх точність // *Методи та прилади контролю якості*. – 2001. – № 7. – С. 125-127. 2. ДСТУ-3607-97. Лічильники газу побутові. Правила приймання та методи випробувань – К., Держстандарт України, 1998. – 24 с. 3. Комплекс вимірювальний "Флоукор". Технічний опис та інструкція по експлуатації ААРБ.421411.001 ТО – 58 с.

