

УДК 628.1

Дубовець О.М., к.техн.н., доцент, Подустов М.О., д.техн.н., професор, Литвиненко Є.І., к.техн.н., доцент, Пугановський О.В., ст. викладач, Букатенко О.І., к.техн.н., доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МОДЕРНІЗОВАНИЙ ЩІЛИННИЙ РЕГУЛЯТОР ВИТРАТИ

Ключові слова: вимірювання, витрата, модернізація, регулятор, щілинний витратомір

Вступ. Щілинний метод для вимірювання витрати довгий час використовують у багатьох галузях. Найчастіше цей метод застосовують для виміру витрати рідин у відкритих руслах, наприклад для виміру витрати стоків або у промисловості, для виміру агресивних рідин. Перевагами цього методу є простота виготовлення і використання, можливість виготовлення приладів для великих і малих витрат, можливість виготовлення з будь-якого матеріалу. У загальному випадку щілинний витратомір, містить прямокутний корпус з двома штуцерами: бічним – для введення контрольованої рідини і нижнім – для зливу рідини у відкритий приймач. Усередині корпус розділений глухою перегородкою, до якої герметично прикріплений щит з профільованою щілиною. Рівень рідини над щілиною вимірюють п'єзометричним методом. Для цього в посудину перед зливною щілиною в захисному чохлах занурена п'єзометрична трубка, через яку безперервно продувається повітря. Кількість повітря, що продувається, контролюється за допомогою контрольної скляночки, а тиск повітря підтримують постійним за допомогою редуктора, контролюючи манометром. Тиск в п'єзометричній трубці однозначно пов'язаний з щільністю і висотою стовба рідини перед щілиною, а, отже, і з масовою витратою рідини. Для виміру гідростатичного тиску в п'єзометричній трубці використовується вторинний прилад - диференціальний манометр, шкала якого проградуєвана в одиницях масової витрати. Цей витратомір може використовуватися як регулятор витрати, якщо вимірювальний прилад вибраний зі вбудованим блоком регулювання [1].

До недоліків цього витратоміру слід віднести:

- 1) залежність результатів виміру від щільності контрольованої рідини і, отже, можливість виміру тільки масової витрати;
- 2) необхідність використання в процесі контролю стислого повітря, яке поступає в контрольовану рідину, що негативно впливає на якісні показники деяких рідких середовищ;
- 3) необхідність використання в процесі контролю блоку підготовки повітря, очищеного від супутніх включень і забезпечує стабільну витрату через п'єзометричну трубку;
- 4) необхідність пропускання усього об'єму рідини через вимірювальний бункер;
- 5) збільшення діаметру струменя рідини при збільшенні діаметру патрубка, що приводить до її розбризкування і попадання бризок на фотоеlementи, що призводить до виникнення додаткової погрешності;
- 6) збільшення діаметру витратного патрубка вимірювального бункера ускладнюється можливість його калібрування.

Модернізацію конструкцій, що існують можна провести як на рівні засобів вимірювання рівня так і за рахунок покращення конструкції – шляхом усунення переліче-

них недоліків. Це дозволить покращити експлуатаційні та метрологічні показники щілинного регулятора витрати

Мета роботи. Розробити конструкцію з мінімальним об'ємом рідини, що протікає через вимірювальний бункер, виключення розбризкування струменя рідини, витікаючого з патрубку, що калібрується, в зоні виміру (між фотоелементами і освітлювачем); забезпечення умов, необхідних для точного калібрування вимірювального патрубка.

Основна частина. Для вирішення поставлених задач, запропоновано ряд конструктивних змін. Перед вимірювальним бункером встановлений розвантажувальний бункер, який приймає на себе основну частину рідини. На виході з каліброваної щілини встановлено розсікач, що розподіляє рідину на два потоки – для вимірювального бункера і для розвантажувального. Конструктивно, положення розсікача розраховується для висоти заповнення щілини рідиною до 70 мм нижче розсікаючої пластини і 15 мм вище пластини. Таким чином основний потік проходить через розвантажувальний бункер. Об'єм рідини, що надходить у вимірювальний бункер, буде забезпечувати необхідний рівень у ньому та, відповідно, просторове положення струменя на виході з патрубка. Фотоелементи, дозволяють відстежувати положення струменя рідини і змінювати витрату рідини у приймальний бункер.

Схема запропонованого щілинного регулятора витрати рідини представлена на рис. 1а, на рис. 1б показано розташування розсікача на поверхні фігурної зони загальної стінки між розвантажувальним і вимірювальним бункерами, на рис. 1в показано взаємне розташування фотоприймачів, освітлювача і струменя. Перед вимірювальним бункером встановлено розвантажувальний бункер, розвантажувальний та вимірювальний бункери мають загальну фігурну стінку, верхня зона якої виконана у вигляді частини еліпса а нижня зона – вертикальна. На поверхні верхньої зони фігурної стінки закріплений розсікач, довжина якого знаходиться в межах $\ell_{pc} = (0,25-0,30)B$, де B – ширина розвантажувального бункера. Розсікач встановлено дотично до верхньої зони фігурної стінки, і висунуто (відносно краю поверхні верхньої зони фігурної стінки) у бік щілини, що калібрується на відстань $\ell_{cm} = 5-7$ мм і знаходиться на відстані h від нижнього краю щілини по вертикалі і на відстані ℓ від щілини по горизонталі, розсікач ділить висоту щілини – $H_{щ}$ на дві зони – розвантажувальну з висотою h і вимірювальну з висотою Δh , які знаходяться в співвідношенні $h/\Delta h = (3-4)$, де $(h + \Delta h) = 0,9H_{щ}$, $\Delta h \approx \ell$, при цьому діаметр – d_p витратного патрубка розвантажувального бункера, ширина b вимірювального бункера та рівень рідини $h_{и}$ у вимірювальному бункері вибрані так, щоб виконувалися вимоги: $h_p = (0,35-0,45)H_p$, $b = B(\Delta h/h)$, $h_{и} = (0,45-0,55)H_{и}$, а зміна рівня рідини в зоні Δh (над розсікачем) на ± 1 мм забезпечувала зміну рівня рідини $h_{и}$ у вимірювальному бункері до межі $(h_{и} \pm \Delta h_{и})$, при якому дальність польоту L струменя, що витікає з витратного патрубка вимірювального бункера, змінювалася не менше ніж на $\Delta L = \pm 5$ мм, де $H_{и}$ – висота вимірювального бункера, H_p – допустима висота рідини в розвантажувальному бункері, $H_{щ}$ – висота щілини, що калібрується.

Щілинний регулятор витрати такої конструкції працює наступним чином.

Регулятору, який вбудований в корпус вимірювального (сигналізуючого, регулюючого) приладу 11, встановлюється завдання на підтримку заданої витрати рідини, яка після заповнення приймальної ємності 1 витікає з неї через щілину 2, що калібрується та ділиться розсікачем 16, що встановлений у щілині, на 2 потоки. Перший потік (під розсікачем) спрямовується в розвантажувальний бункер 3, другий (над розсікачем)

– у вимірювальний бункер 5, при цьому висота потоку рідини над розсікачем Δh визначається за формулою $\Delta h = 0,9H_{\text{ш}}/h$. Рідина, що витікає з щілини 2 над розсікачем заповнює вимірювальний бункер до висоти $h_{\text{и}}$ та витікає з нього через витратний патрубок 6 з діаметром $d_{\text{к}}$ у вигляді сформованого (що не розбризкується) струменя 9, який в процесі вільного руху розташовується між з'єднаними зустрічно фотоелементами 7 диференційного фотоелектричного перетворювача (7, 8).

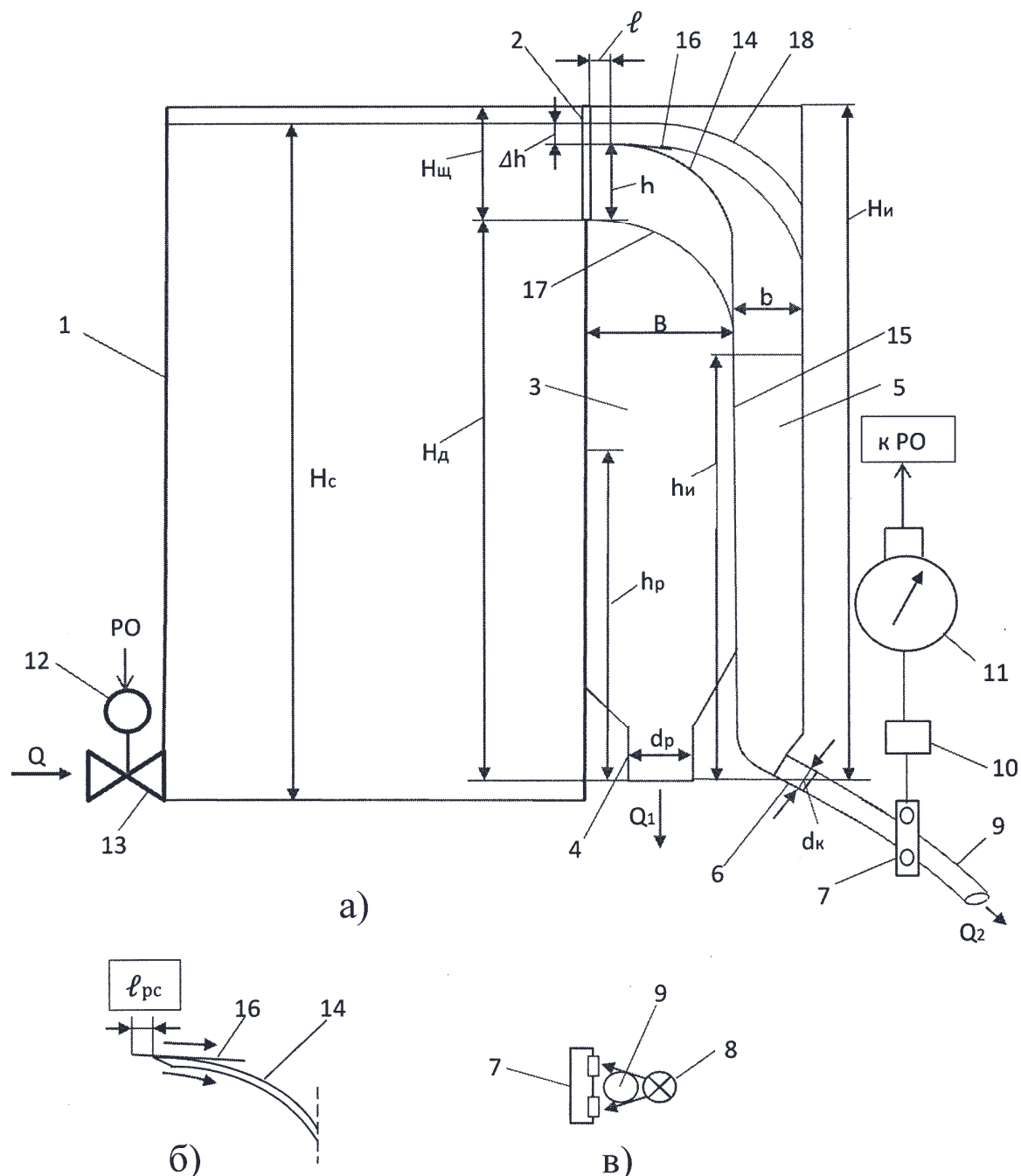


Рисунок 1 – Схема щільного регулятора витрати рідини: а – загальна схема пристрою;
б – розташування розсікача на поверхні фігурної зони;
в – взаємне розташування фотоприймачів освітлювача і струменя

Вказаний перетворювач встановлюється так, щоб при заданій регулятором витраті рідини через щілину 2, вісь струменя перетинала центр фотоелектричного перетворювача (7, 8) і знаходилася на рівній відстані від фотоелементів 7 та в рівному ступені перекривала потік світла, спрямований на них джерелом світла 8, що формує на виході фотоелектричного перетворювача вихідний сигнал, що дорівнює 0. Таким чином, вихідний сигнал аналогового перетворювача 10 та керуючий вихідний сигнал регулятора, вбудованого в корпус приладу 11 також дорівнює 0, внаслідок чого система регулювання знаходиться в рівноважному стані. Якщо витрата рідини Q на вході у приймальну ємність 1 змінюється, то змінюється її рівень Δh над розсікачем на $\pm \Delta h$ а також на $\pm h_{\text{и}}$ рівень рідини $h_{\text{и}}$ у вимірювальному бункері 5. Це призводить до зміни просторового положення струменя 9, який витікає з патрубку 6, що калібрується, на $\pm L$ та зміщенню осі струменя відносно центру фотоелектричного перетворювача (7, 8). В результаті один з фотоелементів даного перетворювача освітлюється у більшій, а інший – у меншій мірі. Це змінює фазу вимірювального сигналу, який перетворюється в аналоговому перетворювачі та надходить на вхід регулюючого блоку, який вбудований у корпус приладу 11 і далі на вхід виконавчого механізму 12 з регулюючим органом 13. Фаза сигналу фотоелектричного перетворювача обрана так, що при зменшенні рівня Δh над розсікачем (та відповідно зменшення дальності польоту L струменя 9) виконавчий механізм 12 збільшує витрату рідини в приймальну ємність, впливаючи на регулюючий орган 13 або навпаки, що забезпечує підтримку регулятором заданої витрати рідини, що витікає з приймальної ємності 1 через щілину 2, що калібрується.

Пропонований щілинний регулятор витрати направляє в розвантажувальний бункер об'єм рідини, що забезпечує заповнення щілини до 70 мм і до вимірювального бункера (в розглянутому випадку) – об'єм рідини, який забезпечує заповнення щілини над розсікачем, рівним 15 мм. При прирості рівня рідини над розсікачем на 1 мм відносно первинного $K_2 = 1/15 = 0,066$. Отже, зміна рівня рідини в просторі над розсікачем в $K_2/K_1 = 0,066/0,012 = 5,5$ разів більше, ніж при відсутності розсікача.

Оскільки потік рідини, що рухається вище за розсікач 16, спрямовується у вимірювальний бункер, то приріст рівня рідини в ньому при вибраному діаметрі витратного патрубка вимірювального бункера буде (в порівнянні з прототипом) також більший в 5,5 разів. Швидкість руху v рідини, що витікає з витратного патрубка в загальному випадку дорівнює $v = \kappa(2gH)^{0,5}$. На основі цього можна стверджувати, що більший приріст рівня в щілині забезпечує більший приріст швидкості її руху у встановленому під кутом $\beta = (20-25)^\circ$ до горизонту витратному патрубку та більший приріст дальності польоту струменя рідини, що витікає з вказаного патрубка.

Отже, пропонований щілинний регулятор витрати забезпечує можливість зменшення порогу чутливості щілинного регулятора більше ніж у 5 разів.

Висновки. Пропонований щілинний регулятор витрат в порівнянні з прототипом має наступні переваги.

Зменшується в межах до 5 разів, поріг чутливості регулятора до зміни витрати.

Виключається можливість розбризкування струменя в просторі між фотоприймачем та освітлювачем.

Виключається необхідність пропускання усього об'єму рідини (особливо при значних витратах) через вимірювальний бункер і в просторі між фотоприймачем і освітлювачем.

Запропоновані модифікації можна провести в пристроях, що використовуються і таким чином підвищити ефективність їх експлуатації і точність вимірювання та регулювання витрати.

Література

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Учебник для вузов. 3-е издание. – М: Машиностроение, 1983. – С. 182.
2. Патент України на корисну модель № 103199 "Регулятор витрати рідини". МПК (2015.01) G05D 7/00, G01F 1/00. Бюл. № 23 від 10.12.2015.

Bibliography(transliterated)

1. Kulakov M.V. Tekhnolohycheskye yzmerenyia y prybori dlia khymycheskykh proyzvodstv. Uchebnyk dlia vuzov. 3-e yzdanye. – М: Mashynostroenye, 1983. – Р. 182.
2. Patent Ukrainy na korysnu model № 103199 "Rehuliator vytraty ridyny". МРК (2015.01) G05D 7/00, G01F 1/00. Biul. № 23 vid 10.12.2015.

УДК 628.1

Дубовец А.Н., к.техн.н., доцент, Подустов М.А., д.техн.н., профессор, Литвиненко Е.И.,
к.техн.н., доцент, Пугановский О.В., ст. преподаватель,
Букатенко А.И., к.техн.н., доцент

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ЩЕЛЕВОЙ РЕГУЛЯТОР РАСХОДА

Предложен способ модернизации существующих конструкций щелевых расходомеров, который позволяет увеличить их метрологические и эксплуатационные характеристики. Модернизация основана на дополнении устройств приёмным и разгрузочным бункером специальной конструкции а также модернизации измерительной части.

Dubovets O.M., Podustov M.O., Litvinenko E.I., Puhanovskij O.V., Bukatenko O.I.

UPGRADED SLOTTED FLOW REGULATOR

A method for modernizing existing designs of slotted flowmeters is proposed, which allows increasing their metrological and operational characteristics. Modernization is based on the addition of devices to the receiving and unloading hopper of a special design and also to the modernization of the measuring part.