

1 ЗНАЧЕННЯ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ РІДИНИ, ГАЗУ І ПАРИ

1.1.Значення засобів виміру витрати й кількості рідини, газу й пари

Значення лічильників і, особливо витратомірів рідини, газу і пари дуже велике. Раніше основне застосування мали лічильники води та газу переважно в комунальному господарстві міст. Але з розвитком промисловості все більшого значення набули витратоміри рідини, газу і пари.

Витратоміри необхідні насамперед для управління виробництвом. Без них не можна забезпечити оптимальний режим технологічних процесів в енергетиці, металургії, в хімічній, нафтовій, целюлозно-паперової та багатьох інших галузях промисловості. Ці прилади потрібні також для автоматизації виробництва і досягнення при цьому максимальної його ефективності.

Витратоміри потрібні для керування літаками і космічними кораблями, для контролю роботи зрошувальних систем у сільському господарстві і в багатьох інших випадках. Крім того, вони потрібні для проведення лабораторних та дослідницьких робіт.

Лічильники рідини і газу необхідні для обліку маси або об'єму нафти, газу та інших речовин, що транспортуються трубами і споживаних різними об'єктами. Без цих вимірів дуже важко контролювати витік і виключати втрати цінних продуктів. Зниження похибки вимірювань хоча б на 1% може забезпечити багатомільйонний економічний ефект. Роль і значення витратомірів і лічильників рідини, газу і пари ще більше зростає у зв'язку з необхідністю максимальної економії енергетичних і водних ресурсів країни. Різновиди приладів для вимірювання витрати та кількості.

Необхідність задоволення вище перелічених різноманітних і складних вимог зумовила створення численних видів витратомірів і лічильників кількості,

заснованих на різноманітних методах вимірювання. Жоден з них не може задовольнити одночасно всім поставленим вимогам. При виборі того чи іншого приладу треба виходити з властивостей вимірюваної речовини, його параметрів і значень його витрати, а також з обґрунтованих вимог до точності вимірювання, враховуючи при цьому ступінь складності вимірювального пристрою і умови його експлуатації.

Існуючі витратоміри і лічильники кількості можна умовно поділити на наведені нижче групи.

1. Прилади, засновані на гідродинамічних методах:

- змінного перепаду тиску;
- змінного рівня;
- обтікання;
- вихрові;
- парціальні.

2. Прилади з безперервно рухомим тілом:

- тахометричні;
- силові (в тому числі й вібраційні);
- з тілом, що коливається автоматично.

3. Прилади, засновані на різних фізичних явищах:

- теплові;
- електромагнітні;
- акустичні;
- оптичні;
- ядерно-магнітні;
- іонізаційні.

4. Прилади, засновані на особливих методах:

- поміткові;
- кореляційні;

-концентраційні.

З числа приладів першої групи слід зазначити широко поширені витратоміри змінного перепаду тиску зі звужувальними пристроями і порівняно нові, але вельми перспективні вихрові витратоміри.

У другу групу входять численні турбінні, кулькові і камерні (роторні, з овальними шестернями та інші) лічильники кількості і маси витратоміри. Прилади силові та з тілом, що коливається автоматично поки ще мають обмежене застосування.

З приладів третьої групи найбільшого поширення набули електромагнітні. Рідше зустрічаються теплові та акустичні прилади.

Витратоміри оптичні, ядерно-магнітні та іонізаційні застосовуються порівняно рідко.

Поміткові і концентраційні витратоміри, що відносяться до четвертої групи, служать для разових вимірювань, наприклад при перевірці промислових витратомірів на місці їх установки. Кореляційні прилади перспективні для вимірювання витрати двофазних речовин.

Різновиди витратомірів і їх перетворювачів наведені в ГОСТ 15528-86.

У промисловості застосовуються, головним чином, витратоміри зі звужувальними пристроями. Для їх градуювання і перевірки не вимагаються зразкові витратомірні установки, які необхідні майже для всіх інших витратомірів. Це затрудняє широке застосування останніх, незважаючи на те, що по точності багато з них перевершують витратоміри зі звужувальними пристроями.

Складність більшості зразкових витратомірних установок викликає необхідність розробляти імітаційні методи повірки. Такі методи існують для повірки електромагнітних витратомірів; в даний час здійснюється випуск необхідної для цього апаратури. У деяких випадках можна виконати розрахункове градуювання за результатами вимірювання окремих параметрів, що входять в рівняння вимірювання.

1.2. Газоаналізатори .

Прилади, що вимірюють вміст (концентрацію) одного або декількох компонентів в газових сумішах. Кожен газоаналізатор призначений для вимірювання концентрації тільки певних компонентів на тлі конкретної газової суміші в нормованих умовах. Поряд з використанням окремих газоаналізаторів створюються системи газового контролю, які об'єднують десятки таких приладів.

ppm (мільйонна частка) - одиниця виміру концентрації, і інших відносних величин, є аналогічною за змістом відсотку або проміле. Позначається скороченням "ppm" (від англ. "Partspermillion", читається пі-пі-ем, «частин на мільйон»).

$$1 \text{ ppm} = 0,001 \text{ ‰} = 0,0001\% = 0,000001 = 10^{-6}$$

Наприклад, якщо вказано, що масова частка речовини в суміші становить 15 ppm, це означає, що на кожен кілограм суміші припадає 15 мг цієї речовини (або 15 грам на 1 тону).

Якщо ж мова йде про об'ємних концентраціях (об'ємних частках, частках за обсягом), то 1 ppm - це кубічний сантиметр (він же мілілітр) на кубічний метр (cm^3 / m^3). Так, концентрація вуглекислого газу (CO_2) в атмосфері Землі становить близько 380 ppm, і це означає, що в кожному кубометрі повітря 380 мл (близько 2 склянок) займає вуглекислий газ.

Часто мг речовини, приведений до 1 m^3 газу при нормальних умовах теж називають ppm. Це вірно лише частково, так як маса 1 m^3 повітря практично дорівнює 1 кг. Але це зовсім не так, якщо дане визначення розширюють на кубометр довільного газу. Також невірно вважати ppm рівним мг на літр, що частково вірно для водних розчинів, але дає велику похибку при переході до вуглеводнів, щільність яких становить 0,5-1 кг / л.

Загальний принцип роботи

Принцип дії заснований на поглинанні особливими реагентами складових речовин. Це відбувається в особливій послідовності. Якщо принцип дії автоматичний, то вимір відбувається постійно, а, значить, ніяких перерв не відбувається. Це зручно тим, що фізико-хімічні показники газової суміші фіксуються точно, що також можливо і при взаємодії з окремими компонентами речовини.

Газоаналізатори класифікують за типом на: пневматичні, магнітні, електрохімічні, напівпровідникові та інші.

Термокондуктометричні газоаналізатори.

Їх робота заснована на тому, що теплопровідність газової суміші залежить від того, які компоненти входять до її складу. Такий газоаналізатор має наступні основні деталі:

1. Вимірювальна комірка у вигляді циліндричного каналу, який зроблений з матеріалу високої теплопровідності і заповнений аналізованим газом.

2. Нагрівальний елемент, який розташовується усередині каналу і живиться від джерела напруги.

Термокондуктометричні датчики

Осередок заповнюється повітрям. Якщо значення струму стабільне, то нагрівальний елемент буде мати певну температуру, в такому випадку тепло, отримане елементом, і тепло, яке воно віддає матеріалу каналу, будуть між собою рівні.

Якщо канал заповнений повітрям, а газом, який відрізняється теплопровідністю, нагрівальний елемент буде мати іншу температуру. У тому випадку, якщо теплопровідність газу перевищує теплопровідність повітря, температура елемента буде нижче, якщо ж не перевищує, а стає нижче, то температура елемента підвищиться.

Термокондуктометричні газоаналізатори не володіють високою вибірковістю і використовуються, якщо контрольований компонент по теплопровідності істотно відрізняється від інших, наприклад для визначення концентрацій H_2 , He , Ar , CO_2 в газових сумішах, що містять N_2 , O_2 та ін. Діапазон вимірювання - від одиниць до десятків відсотків за обсягом.

Термохімічні газоаналізатори.

Такі пристрої визначають енергію тепла, що виділяється тоді, коли в суміші газів проходить хімічна реакція. Принцип роботи заснований на процесі окислення газових компонентів. Однак, застосовуються додаткові каталізатори, такі як мелкодисперсна платина і марганцево-мідний каталізатор.

Спеціальний терморезистор допомагає виміряти виникаючу температуру. Цей прилад змінює свій опір, що залежить від температури, що сприяє зміні проходящого струму.

Магнітні газоаналізатори.

Цей тип застосовують для визначення O_2 . Їх дія заснована на залежності магнітної сприйнятливості газової суміші від концентрації O_2 , об'ємна магнітна сприйнятливість якого на два порядки більше, ніж у більшості інших газів. Такі газоаналізатори дозволяють вибірково визначати O_2 в складних газових сумішах. Діапазон вимірюваних концентрацій 10-2 - 100%. Найбільш поширені магнітомеханічні і термомагнітні газоаналізатори.

У магнітомеханічних газоаналізаторах вимірюють сили, що діють в неоднорідному магнітному полі на вміщене в аналізовану суміш тіло (зазвичай ротор).

Більш точні газоаналізатори, виконані по компенсаційній схемі. У них момент обертання ротора, функціонально пов'язаний з концентрацією O_2 в аналізованій суміші, врівноважується відомим моментом, для створення якого використовуються магнітоелектричні або електростатичні системи. Роторні газоаналізатори ненадійні в промислових умовах, їх складно юстировать.

Пневматичні газоаналізатори.

Їх дія заснована на залежності щільності і в'язкості газової суміші від її складу. Зміни щільності і в'язкості визначають, вимірюючи гідромеханічні параметри потоку. Поширені пневматичні газоаналізатори трьох типів.

Газоаналізатори з дросельними перетворювачами вимірюють гідравлічний опір дроселя (капіляра) при пропущенні через нього аналізованого газу.

При постійній витраті газу перепад тиску на дроселі - функція щільності (турбулентний дросель), в'язкості (ламінарний дросель) або того й іншого параметра одночасно.

Струменеві газоаналізатори

Ці пристрої вимірюють динамічний напір струменя газу, що впливає з сопла. Їх використовують, наприклад, в азотній промисловості для вимірювання вмісту N_2 в азоті (діапазон вимірювання 0-50%), в хлорній промисловості - для визначення Cl_2 (0-50 і 50-100%). Час встановлення показань цих газоаналізаторів не перевищує кілька секунд, тому їх застосовують також в газосигналізаторах довибухових концентрацій газів і парів деяких речовин (наприклад, дихлоретан, вінілхлориду) в повітрі промислових приміщень.

Інфрачервоні газоаналізатори.

Їх дія заснована на виборчому поглинанні молекулами газів і парів ІЧ-випромінювання в діапазоні 1-15 мкм. Це випромінювання поглинають всі гази, молекули яких складаються не менше ніж з двох різних атомів. Висока специфічність молекулярних спектрів поглинання різних газів обумовлює високу вибірковість таких газоаналізаторів та їх широке застосування в лабораторіях і промисловості. Діапазон вимірюваних концентрацій 10⁻³ -100%. В дисперсійних газоаналізаторах використовують випромінювання однієї довжини хвилі, отримане за допомогою монохроматорів (призми, дифракційні решітки). У недисперсійних газоаналізаторах, завдяки особливостям оптичної схеми приладу

(застосування світлофільтрів, спеціальних приймачів випромінювання і т.д.), використовують немонохроматичне випромінювання.

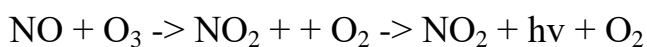
Ультрафіолетові газоаналізатори.

Принцип їх дії заснований на виборчому поглинанні молекулами газів і парів випромінювання в діапазоні 200-450 нм. Вибірковість визначення одноатомних газів вельми велика. Дво- і багатоатомні гази мають в УФ області суцільний спектр поглинання, що знижує вибірковість їх визначення. Однак відсутність УФ - спектра поглинання у N₂, O₂, CO₂ і парів води дозволяє у багатьох практично важливих випадках проводити досить селективні вимірювання в присутності цих компонентів. Діапазон визначуваних концентрацій зазвичай 10⁻²-100% (для пари Hg нижня межа діапазону 2,5-10-6%).

Ультрафіолетові газоаналізатори застосовують головним чином для автоматичного контролю вмісту Cl₂, O₃, SO₂, NO₂, H₂S, ClO₂, дихлоретан, зокрема в викидах промислових підприємств, а також для виявлення парів Hg, рідше Ni (CO)₄, в повітрі приміщень.

Люмінесцентні газоаналізатори.

У хемілюмінесцентних газоаналізаторах вимірюють інтенсивність люмінесценції, збудженої завдяки хімічній реакції контрольованого компонента з реагентом у твердій, рідкій або газоподібній фазі. Приклад - взаємодія NO з O₃, що використовується для визначення оксидів азоту:



Фотоколориметричні газоаналізатори.

Ці прилади вимірюють інтенсивність забарвлення продуктів виборчої реакції між визначеним компонентом і спеціально підібраним реагентом. Реакцію здійснюють, як правило, в розчині (рідинні газоаналізатори) або на твердому носії у вигляді: стрічки, таблетки, порошку (відповідно: стрічкові, таблеткові, порошкові газоаналізатори).

Фотоколориметричні газоаналізатори застосовують для вимірювання концентрацій токсичних домішок (наприклад: оксидів азоту, O₂, Cl₂, CS₂, O₃, H₂S,

NH_3 , HF , фосгену, ряду органічних сполук) в атмосфері промислових зон і в повітрі промислових приміщень. При контролі забруднень повітря широко використовують переносні прилади періодичної дії. Велике число фотоколориметричних газоаналізаторів застосовують як газосигналізатори.

Електрохімічні газоаналізатори.

Така модель призначена для того, щоб визначати токсичні гази. Її особливість в тому, що вона може використовуватися у вибухонебезпечних зонах. Це пристрій компактний, енергозберігаючий і малочутливий до механічних впливів. Основою роботи даних газоаналізаторів є явище електрохімічної компенсації. Це означає, що виділяється спеціальний реагент, що реагує з певним компонентом суміші. Є кілька типів електрохімічних газоаналізаторів:

- потенціометричні; їх мета - вимірювати відношення напруженості поля;
- електро-кондуктометричні; вони реагують на зміни напруженості і струму;
- гальванічні; чутливі до зміни електропровідності.

Недоліки цих газоаналізаторів - низька вибірковість і тривалість встановлення показань при вимірюванні малих концентрацій. Кондуктометричні газоаналізатори широко застосовують для визначення O_2 , CO , SO_2 , H_2S , NH_3 та ін.

Іонізаційні газоаналізатори.

Дія заснована на залежності електричної провідності газів від їх складу. Поява в газі домішок чинить додатковий вплив на процес утворення іонів або на їх рухливість і, отже, рекомбінацію. Що виникає при цьому зміна провідності пропорційно вмісту домішок.

Всі іонізаційні газоаналізатори містять проточну іонізаційну камеру, на електроди якої накладають певну різницю потенціалів. Ці прилади широко застосовують для контролю мікродомішок в повітрі, а також в якості детекторів в газових хроматографах.

Типи газоаналізаторів.

Розглянемо деякі типи газоаналізаторів: виділяють прилади ручної дії і автоматичні. Автоматичні газоаналізатори - найбільш затребувані - вимірюють

будь-яку фізичну або фізико-хімічну характеристику газової суміші або її окремих компонентів. Серед автоматичних також розрізняють деякі типи газоаналізаторів, виділені в кілька груп відповідно до принципу їх дії:

1. прилади, що діють на основі фізичних методів аналізу, що включають допоміжні хімічні реакції. Такі газоаналізатори визначають зміну обсягу або тиску газової суміші в результаті хімічних реакцій її окремих компонентів;

2. прилади, що працюють на фізичних основах аналізу, що включають допоміжні фізико-хімічні процеси (термохімічні, електрохімічні, фотоколориметричні). Термохімічні засновані на вимірі теплового ефекту реакції каталітичного окислення (горіння) газу. Електрохімічні дозволяють визначати концентрацію газу в суміші за значенням електричної провідності електроліту, що поглинув цей газ. Фотоколориметричні засновані на зміні кольору певних речовин, при їх реакції з аналізованим компонентом газової суміші.

3. прилади, які застосовують виключно фізичні методи аналізу (термокондуктометричні, термомагнітні, оптичні). Термокондуктометричні засновані на вимірі теплопровідності газів. Термомагнітні газоаналізатори застосовують головним чином для визначення концентрації кисню, що володіє великою магнітною сприйнятливостю.

Оптичні типи

Газоаналізатори засновані на вимірі оптичної щільності, спектрів поглинання або спектрів випускання газової суміші.

В інфрачервоній частині спектра зазвичай здійснюється зміна селективного поглинання, так як саме в цьому місці спостерігається селективність поглинання.

Такий газоаналізатор має:

1. Джерело інфрачервоного випромінювання;
2. Камери двох оптичних каналів, які відрізняються лише внутрішнім змістом: порівняльна камера заповнена чистим повітрям, а робоча камера постійно продуває контрольовану газову суміш; потік інфрачервоного випромінювання надходить в ці камери.

3. Фільтрувальні камери.

Потік випромінювання при проході через обсяг другої, робочої камери, втрачає частину енергії. Такого не відбувається при переході через порівняльну камеру. Обидва потоки випромінювання після цього потрапляють в фільтрувальні камери, де знаходяться невимиряємі компоненти суміші газу. У цьому місці енергія, відповідна спектру, поглинається повністю.

За функції виділяють: індикатори, течешукачі, сигналізатори, газоаналізатори. Індикатори дають якісну оцінку газової суміші за наявністю контрольованого компонента, представляючи інформацію за допомогою лінійки з декількох точкових індикаторів. Сигналізатори також дають приблизну оцінку концентрації контрольованого компонента, але при цьому мають один або декілька порогів сигналізації. Власне газоаналізатори дають кількісну оцінку концентрації вимірюваного компонента з індикацією показань, а також можуть бути доповнені допоміжними функціями.

За конструктивним виконанням газоаналізатори поділяються на стаціонарні, переносні, портативні; за кількістю вимірюваних компонентів - однокомпонентні і багатокомпонентні; за кількістю каналів вимірювання - одноканальні і багатоканальні; за призначенням - для забезпечення безпеки робіт, для контролю технологічних процесів, для контролю промислових викидів, для контролю вихлопних газів автомобілів, для екологічного контролю.

Схема газоаналізатора необхідна при установці устаткування. Кожен газоаналізатор має свою схему, яка залежить від принципу дії конкретного пристрою. З цієї точки зору, газоаналізатори бувають пневматичні, електрохімічні, магнітні, напівпровідникові та ін. Термохімічні газоаналізатори служать для визначення теплового ефекту хімічної реакції, в якій бере участь конкретний елемент. Зазвичай використовується окислення даного компонента киснем повітря; каталізатори - мелкодисперсна Pt, яку наносять на поверхню пористого носія або марганцевомедний (гопкаліт).

1.3 Витратоміри. Загальна класифікація

Технічні пристрої, призначені для вимірювання масової або об'ємної витрати, називають витратомірами. При цьому в залежності від того, для вимірювання якої (об'ємної або масової) витрати призначені витратоміри, їх підрозділяють на об'ємні та масові.

Існує багато різних ознак, за якими можна класифікувати витратоміри (наприклад, по точності, діапазонам вимірювань, виду вихідного сигналу і т. п.). Однак найбільш загальною є класифікація за принципами вимірювань, за тими фізичними явищами, за допомогою яких вимірювана величина перетворюється у вихідний сигнал первинного перетворювача витратоміра.

За принципом вимірювань витратоміри класифікують за наступними основними групами (принцип перетворення, що вказується для кожної класифікаційної групи витратомірів, відноситься до їх первинних перетворювачів – датчиків).

1. Витратоміри змінного перепаду тиску (зі звужувальними пристроями; з гідравлічними опорами; відцентрові; с напірними пристроями; струменеві), що перетворюють швидкісний напір в перепад тиску.

2. Витратоміри обтікання (витратоміри постійного перепаду – ротаметри, поплавкові, поршневі, гідродинамічні), що перетворюють швидкісний напір в переміщення обтічного тіла.

3. Тахометричні витратоміри (турбінні з аксіальною або тангенціальною турбіною; кулькові), що перетворюють швидкість потоку в кутову швидкість обертання обтічного елемента (лопатеї турбіни або кульки).

4. Електромагнітні витратоміри, що перетворюють швидкість рідини, що рухається в магнітному полі провідної в ЕРС.

5. Ультразвукові витратоміри, засновані на ефекті захоплення звукових коливань рухомим середовищем.

6. Інерційні витратоміри (турбосилові; коріолісові; гігроскопічний), засновані на інерційному впливі маси, що рухається з лінійним або кутовим прискоренням рідини.

7. Теплові витратоміри (калориметричні; Термоанемометричні), засновані на ефекті перенесення тепла рухомим середовищем від нагрітого тіла.

8. Оптичні витратоміри, засновані на ефекті захоплення світла рухомим середовищем (Физо-Френеля) або розсіювання світла рухомими частками (Допплера).

9. Поміткові витратоміри (з тепловими, іонізаційними, магнітними, концентраційними, турбулентними мітками), засновані на вимірюванні швидкості або стані мітки при проходженні її між двома фіксованими перетинами потоку.

Природно, наведена класифікація, ще не повна і невичерпна, оскільки з кожним роком з'являються нові методи і засоби вимірювань витрати.

У вітчизняній практиці найбільшого поширення набули витратоміри перших п'яти груп (змінного і постійного тиску, тахометричні, електромагнітні та ультразвукові). Ці витратоміри випускаються серійно і знаходять застосування практично у всіх галузях народного господарства. Витратоміри інших груп використовуються поки, в основному, для вирішення спеціальних вимірювальних завдань (при наукових дослідженнях, в медицині, кріогениці, при вимірах агресивних і токсичних середовищ і т. п.), виготовляються одиничними екземплярами або малими партіями і є на сьогоднішній день нестандартизованими засобами вимірювань.

1.4 Класифікація і характеристика витратомірів змінного перепаду тиску

Витратоміри змінного перепаду тиску основані на залежності від витрати перепаду тиску, створюваного пристроєм, який встановлено в трубопроводі, або ж самим елементом останнього.

До складу витратоміра входять: перетворювач витрати, що створює перепад тиску; диференційний манометр, який вимірює цей перепад і сполучні трубки між

перетворювачем і дифманометром. При необхідності передати показання витратоміра на значну відстань до зазначених трьох елементів додаються ще вторинний перетворювач, що перетворює переміщення рухомого елемента дифманометра в електричний і пневматичний сигнал, який по лінії зв'язку (проводів або трубок) передається до вторинного вимірювального приладу. Якщо первинний дифманометр (або вторинний вимірювальний прилад) має інтегратор, то такий прилад вимірює не тільки витрати, але й кількість речовини.

Залежно від принципу дії перетворювача витрати ці витратоміри поділяються на шість самостійних груп, всередині яких є конструктивні різновиди перетворювачів.

1. Витратоміри зі звужувальними пристроями - найважливіші серед витратомірів змінного перепаду тиску. Вони вже давно знайшли застосування в якості основних промислових приладів для вимірювання витрати рідини, газу і пари. Вони засновані на залежності від витрати перепаду тиску, створюваного звужувальним пристроєм, в результаті якого відбувається перетворення частини потенційної енергії потоку в кінетичну. Є багато різновидів звужувальних пристроїв. Так, на рис. 1, а і б показані стандартні діафрагми, на рис. 1, в - стандартне сопло, на рис. 1, г, д, е - діафрагми для вимірювання забруднених речовин - сегментна, ексцентрична і кільцева. На наступних семи позиціях рис. 1 показані звужувальні пристрої, що застосовуються при малих числах Рейнольдса (для речовин з великою в'язкістю); так, на рис. 1, ж, з, і - зображені діафрагми - подвійна, з вхідним конусом, з подвійним конусом, а на рис. 1, к, л, м, н, - сопла - півкола, чверть кола, комбіноване і циліндричне. На рис. 1, о - зображена діафрагма зі змінною площею отвору, яка автоматично компенсує вплив зміни тиску і температури речовини. На рис. 1, п, р, с, т - наведені витратомірної труби - труба Вентурі, сопло Вентурі, труба Далла і сопло Вентурі з подвійним звуженням. Для них характерна дуже мала втрата тиску.

2. Витратоміри з гідравлічним опором засновані на залежності від витрати перепаду тиску, створюваного гідравлічним опором. Режим потоку в такому опорі

прагнуть створити ламінарним, з тим щоб перепад тиску був би пропорційний витраті. Застосовуються подібні витратоміри переважно для вимірювання малих витрат, коли опором є одна або декілька капілярних трубок (рис. 1, в) Для великих витрат застосовують іноді опору з кульковою (рис. 1, ф) або інший набиванням.

3. Відцентрові витратоміри створені на основі залежно від витрати перепаду тиску, що утворюється в закругленні трубопроводу в результаті дії відцентрової сили в потоці. В якості перетворювачів застосовується коліно (рис. 1, х) або (значно рідше) кільцевої ділянку труби (рис. 1, ц). Найчастіше вони служать для вимірювання витрати води і рідше - газу.

4. Витратоміри з напірним пристроєм, в якому створюється перепад тиску в залежності від витрати в результаті місцевого переходу кінетичної енергії струменя в потенційну. На рис. 1, ч показаний перетворювач, що складається з трубки Піто і трубки для відбору статичного тиску, а на рис. 1, ш - перетворювач з диференціальною трубкою Піто, в якій є отвори для відбору повного і статичного тисків. Крім цих перетворювачів, службовців для вимірювання місцевої швидкості, зустрічаються перетворювачі з осередненою або інтегруючими напірними трубками. Зазвичай усереднення повного тиску проводиться по діаметру (рис. 1, щ) або по радіусу, а при сильно деформованих потоках - по двох перпендикулярних діаметрах. У відповідних трубках є ряд отворів для прийому повного тиску. Використання осередненою напірних трубок особливо доцільно для вимірювання витрати води і газу в трубопроводах великого діаметру. Крім того, запропонована кільцева вставка (рис. 1, е) для усереднення тиску по кільцевій площі і напірне поворотне крило з двома отворами (рис. 1, ю) орієнтованими різним чином до потоку.

5. Витратоміри з напірним підсилювачем мають перетворювач витрати, в якому поєднуються напірний і звужувальний пристрій. Перепад тиску в них створюється як в результаті місцевого переходу кінетичної енергії струменя в потенційну, так і часткового переходу потенційної енергії в кінетичну. Відповідні

перетворювачі показані: на рис. 1, α (поєднання діафрагми і трубки Піто), на рис. 1, β (комбінація трубок Піто і Вентурі) і на рис. 1, γ (здвоєна трубка Вентурі).

Напірні підсилювачі застосовуються в основному при невеликих швидкостях газових потоків, коли перепад тиску, створюваний напірними трубками, не достатній.

6. Витратоміри ударно-струменеві засновані на залежності від витрати перепаду тиску, що виникає при ударі струменя. Струмінь, що випливає зі звуженого отвору входної трубки, створює тиск p_1 у внутрішній порожнині сільфона, зовні якого діє менший тиск p_2 , що дорівнює тиску минає рідини у вихідній трубці. Ударно-струменеві витратоміри застосовуються лише для вимірювання малих витрат рідини і газу.

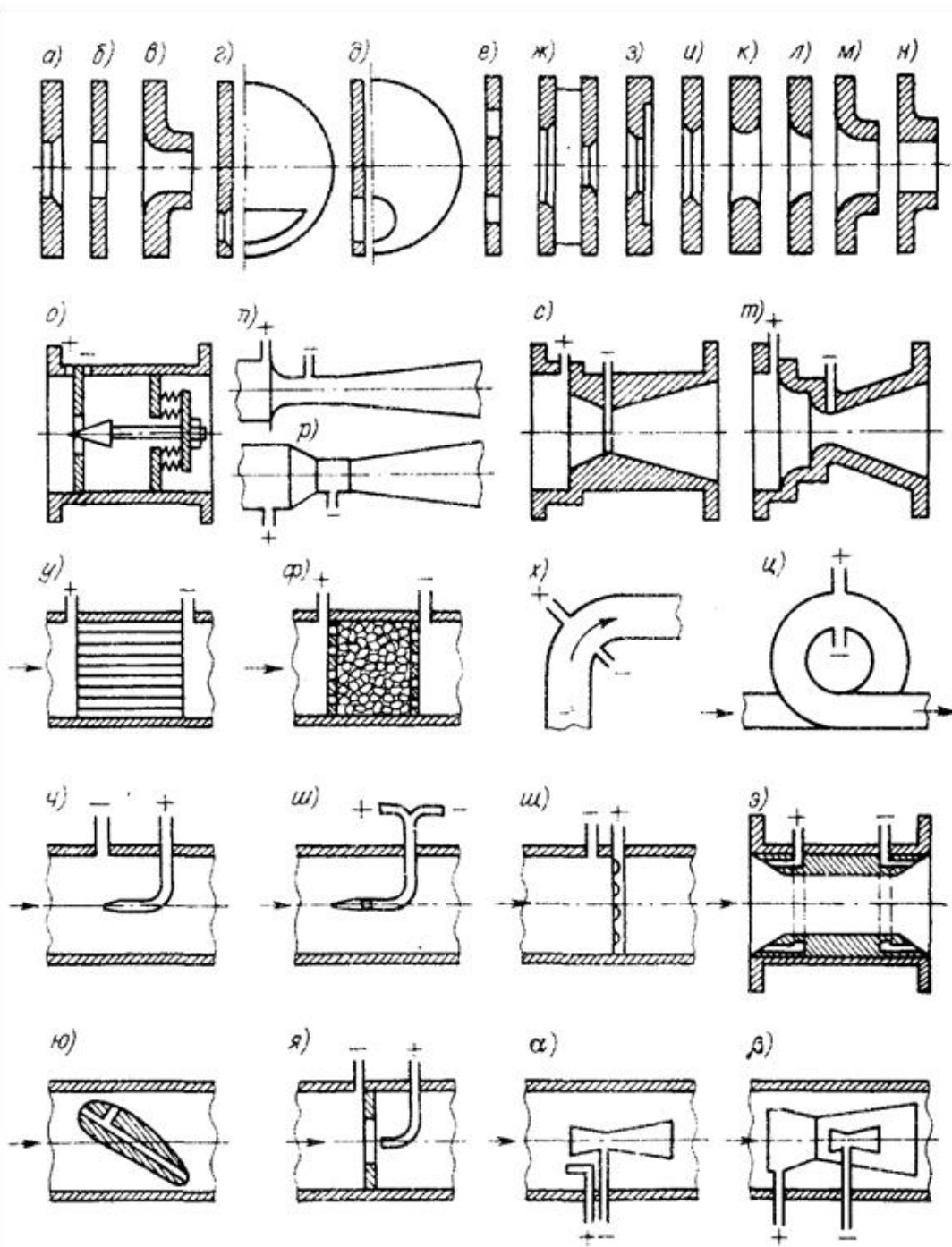


Рисунок 1.1 Первинні перетворювачі витратомірів Класифікація змінного перепаду тиску

1.5 Сучасні вимоги до витратомірів і лічильників

Сьогодні до витратомірів і лічильників пред'являється багато вимог, задовольнити які досить складно і не завжди можливо.

Є дві групи вимог. До першої групи відносяться індивідуальні вимоги, що пред'являються до приладів для вимірювання витрати і кількості, - висока точність, надійність, незалежність результатів виміру від зміни щільності речовини, швидкодія і значний діапазон виміру. До другої групи відносяться вимоги, які характеризують нею групу витратомірів і лічильників, : необхідність виміру витрати і кількості дуже різноманітної номенклатури речовини про властивостями, що відрізняються, різних значень витрати від дуже малих до надзвичайно великих і при різних тисках і температурах.

Розглянемо ці вимоги.

1. Висока точність виміру - одне з основних вимог, що пред'являються особливо до лічильників і дозаторів. Якщо раніше похибка виміру в 1,5-2 % вважалася нормальною і досить задовільною, то нині нерідко вимагається мати похибку не більше 0,2-0,5 %. Підвищення точності досягається як за рахунок застосування нових прогресивних методів і приладів (тахометричних, електромагнітних, ультразвукових і тому подібне), так і за рахунок вдосконалення старих класичних методів. До найбільш точних відносяться камерні лічильники рідини (зокрема, з овальними шестернями і лопатевими). Погрішність перших не більше 0,5 %, а других навіть не більше 0,2 % від вимірюваної величини. Витратоміри і лічильники із звужуючими пристроями менш точні. Зниження їх похибки досягається за допомогою зносостійких діафрагм, а також при підвищенні точності дифманометрів і застосуванні обчислювальних пристроїв для обліку зміни щільності речовини.

2. Надійність (разом з точністю) - одна з головних вимог, що пред'являються до витратомірів і лічильників кількості. Основним показником надійності є час, протягом якого прилад зберігає працездатність і достатню точність. Цей час

залежить як від пристрою приладу, так і від його призначення і умов застосування.

Тахометричні прилади, елементи яких при вимірі безперервно рухаються, мають менший термін служби. Так, у турбінних витратомірів знос осі і опор буде тим менше, чим краще змащуюча здатність вимірюваної речовини і чим воно чистіше. Для підвищення надійної роботи цих витратомірів необхідно застосування фільтрів або інших очисних пристроїв. У технічних умовах на деякі тахометричні витратоміри турбінного типу вказується шестирічний термін нормальної роботи.

3. Незалежність результатів виміру від зміни щільності речовини. Ця вимога особлива важливо при вимірі витрати газу, у якого щільність залежить від його температури і тиску. В більшості випадків необхідно мати пристрої, що автоматично вводять корекцію в показання приладу при зміні щільності (чи температури і тиску) вимірюваної речовини. Лише у теплових і силових витратомірів, що вимірюють масову витрату, зміна щільності вимірюваної речовини дуже мало позначається на результатах виміру.

4. Швидкодія приладу, визначувана його хорошими динамічними характеристиками, потрібна передусім при вимірі витрат, що швидко мінняються, а також у випадку застосування приладу в системі автоматичного регулювання. Швидкодію більшості витратомірів зручно оцінювати значенням її постійної часу T , тобто часу, протягом якого свідчення приладу при стрибкоподібній зміні витрати від Q_1 до Q_2 змінюються приблизно на дві третини від значення $Q_2 - Q_1$. Турбінні витратоміри мають дуже малу постійну часу T (в межах сотих і тисячних часток секунди). У теплових же витратомірів час T вимірюється десятками секунд. Для поліпшення їх швидкодії застосовують особливі вимірні схеми. Витратоміри зі звужуючими пристроями займають проміжне положення. У цих витратомірах час T зменшується із зменшенням довжини сполучних трубок, а також вимірювального об'єму дифманометра і збільшенням його граничного перепаду тиску.

5. Великий діапазон виміру (Q_{\max}/Q_{\min}) потрібний, коли значення витрати можуть змінюватися в значних межах. У приладів з лінійною характеристикою, наприклад електромагнітних, цей діапазон рівний 8 - 10. У витратомірів із звужуючими пристроями він дуже малий і рівний трьом. Підвищити його до 9-10 можна шляхом підключення до звужуючого пристрою двох дифманометрів з різними Δp_{\max} . У теплових витратомірів можна за допомогою зміни потужності нагрівача отримати багатомезну шкалу з дуже великим загальним діапазоном виміру.

6. Великий діапазон значень витрат, що підлягають вимірюванням. Так, для рідин доводиться вимірювати витрати від 10^{-2} кг/ч до 10^7 - 10^8 кг/ч, а для газів - від 10^{-4} кг/ч до 10^5 - 10^6 кг/ч, тобто витрати, значення яких відрізняються на десять порядків. Відносно простіше виміряти середні витрати. При вимірі ж дуже малих і дуже великих витрат нерідко виникають труднощі і доводиться застосовувати особливі методи.

7. Необхідність виміру витрати різних речовин не лише в звичайних, але і в екстремальних умовах при дуже низьких і дуже високих тисках і температурах. Так, витрату криогенних рідин, наприклад зрідженого водню, потрібно зміряти при низьких температурах (до -255°C), а витрата перегрітої пари надвисокого тиску і витрата розплавлених металів теплоносіїв - при температурах, що досягають $+600^{\circ}\text{C}$. За подібних умов виміру створюються визначені труднощі в підборі надійно працюючих засобів виміру.

Сучасна вимірювальна практика пред'являє усе більш високі вимоги до точності, надійності, швидкодії, функціональності витратомірів. Слід зазначити, що в більшості випадків ці вимоги суперечливі, тобто поліпшення одних характеристик, як правило, досягається за рахунок недореалізації можливостей поліпшення інших. Так, збільшення функціональних можливостей приладів за рахунок ускладнення знижує їх надійність внаслідок зростання числа схильних до відмов елементів. Збільшення швидкодії знижує ефективність систем автоматичної компенсації повільно змінних похибок, викликаних впливом

зовнішнього середовища, параметрів вимірюваних об'єктів і тому подібне. Тому розвиток вимірювальної техніки, у тому числі і витратомірної, супроводжується постійним пошуком розумного компромісу між властивостями, що реалізуються, пристроями, технічними можливостями і економічною доцільністю. При цьому слід мати на увазі, що і "грубі", з відносно низькою точністю, але недорогі засоби вимірів завжди матимуть досить великий промисловий попит, оскільки здатні задовольнити певний клас практичних вимірювальних завдань. Проте різке підвищення точності вимірів було і залишається найважливішим завданням розвитку витратомірної техніки.

Значна частина витратомірів, що серійно випускаються, має клас точності (приведену похибку) 1-1,5 %. Якщо прийняти, що вимірювання переважно проводяться в середині шкали, відносна похибка цих, вимірів складає 2-3 %. З обліком же впливу дестабілізуючих чинників дійсна похибка ще більше.

В той же час для ефективного управління технологічними процесами в нафтовій, газовій, хімічній галузях промисловості, енергетичними і транспортними установками, для облікових операцій вже сьогодні вимагається на порядок вища точність вимірів витрати. Саме ця обставина обумовлює необхідність будівлі і впровадження витратомірів, що має клас точності не гірше ніж 0,1 – 0,3%.

2 МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАНЬ РІДИНИ ТА ГАЗІВ

2.1 Розробка МВВ

Розробку МВВ здійснюють на основі вихідних даних, які можуть включати:

- Призначення МВВ;
- Вимоги до точності вимірювання;
- Умови виконання вимірювань (номінальні значення впливових факторів і допустимі відхилення від них, наприклад температури навколишнього середовища, вологості повітря і т. д.);
- Вимірювальне обладнання;
- Вимоги до параметрів вимірюваної величини (у тому числі її допустимі значення) інші вимоги до МВВ.

Вихідні дані викладають в технічному завданні або інших документах на розробку МВВ.

У призначенні МВВ вказують:

- Область застосування (об'єкт вимірювань, у тому числі найменування продукції і контрольованих параметрів, а також область використання - для одного підприємства, для галузі, для мережі галузевих чи міжгалузевих лабораторій і т. п.);
- Найменування (при необхідності розгорнуте визначення) вимірюваної величини;
- Характеристики вимірюваної величини (діапазон і частотний спектр, значення неінформативних параметрів і т. п.);
- Характеристики об'єкта вимірювань, якщо вони можуть впливати на точність вимірювань (вихідний опір, жорсткість в місці контакту з датчиком, склад проби і т. п.).

Вимоги до характеристик похибки вимірювання та (або) характеристикам складових похибки вимірювання (систематичної і випадкової складових)

висловлюють по МІ 1317 - 86, вимоги до невизначеності вимірювання - по керівництву по виразу невизначеності вимірювання.

Вимоги до похибки і (або) характеристикам складових похибки вимірювання абоневизначеності вимірювання можуть бути зазначені шляхом посилання на документ, в якому вони встановлені.

Якщо вимоги до похибки вимірювання не визначені, то вихідні вимоги повинні містити відомості, що дозволяють раціонально вибрати методи та засоби вимірювань і керуватися ними при атестації МВВ (як правило, при наявності заданого допуску на вимірювану величину для встановлення норм похибки або невизначеності використовують відношення кордону похибки аборозширеної невизначеності вимірювання по МВВ до допуску на вимірювану величину).

Умови вимірювань задають у вигляді номінальних значень і (або) меж діапазонів можливих значень величин, що впливають. При необхідності вказують граничні швидкості вимірювань або інші характеристики величин, а також обмеження на тривалість вимірювань, число паралельних визначень та інші дані.

Якщо при встановленні вихідних вимог заздалегідь відомо, що вимірювання будуть виконуватись за допомогою вимірювальних систем, засоби вимірювань яких знаходяться в різних місцях, то умови вимірювань вказують для місць розташування всіх засобів вимірювань, що входять до вимірювальної системи.

Розробка МВВ, як правило, включає:

- Формулювання вимірювальної завдання і опис вимірюваної величини;
- Попередній відбір можливих методів вирішення вимірювальної задачі;
- Вибір методу і засобів вимірювань (у тому числі стандартних зразків, атестованих сумішей), допоміжних та інших технічних засобів;

- Встановлення послідовності і змісту операцій при підготовці і виконанні вимірювань, обробці проміжних результатів та обчисленні остаточних результатів вимірювань;

- Експериментальну апробацію встановленого алгоритму виконання вимірювань;

- Вибір показників точності (правильність, прецизійність) по СТБ ISO 5725-1;

- Організацію та проведення міжлабораторного та/або внутрішньолабораторного випробовувань по оцінці вибраних показників точності відповідно до СТБ ISO 5725-1 - СТБ ISO 5725-5;

- Встановлення приписаної характеристики похибки вимірювання, характеристик складових похибки з урахуванням вимог, що містяться у вихідних даних на розробку МВВ;

- Розробку алгоритму оцінювання невизначеності, складання бюджету невизначеності її оцінювання з урахуванням вимог, що містяться у вихідних даних на розробку МВВ, і вимог СТБ ISO / ІЕС 17025 при використанні МВВ в акредитованих лабораторіях;

- Розробку процедур оцінки стабільності одержуваних результатів вимірювань з урахуванням вимог СТБ ISO 5725-6 і СТБ ISO / ІЕС 17025 при використанні МВВ в акредитованих лабораторіях;

- Розробку проекту документа (розділу, частини проекту документа) на МВВ, в тому числі проекту стандарту, якщо це передбачено в технічному завданні на розробку МВВ;

- Метрологічну експертизу проекту документа на МВВ;

- Атестацію МВВ;

- Затвердження проекту документа на МВВ в установленому порядку.

Методи і засоби вимірювань вибирають відповідно чинним документам з вибору методів і засобів вимірювань даного виду, а за відсутності таких документів - відповідно до МІ 1967 - 89. Якщо МВВ призначена для використання

у сфері поширення державного метрологічного контролю і нагляду, то вибрані засоби вимірювань повинні бути узаконені у порядку, встановленому національним органом з метрології, стандартні зразки – відповідно з національним стандартом, а атестовані суміші - відповідно до РМГ 60 - 2003 або іншим нормативним документом держави.

Способи вираження приписаних характеристик похибки або невизначеності вимірювання повинні відповідати вихідним даним на розробку МВВ. Якщо вимоги до точності вимірювання не задані, то приписані характеристики похибки можуть бути виражені в відповідно до МІ 1317 - 86, невизначеності - відповідно до керівництва по виразу невизначеності вимірювання.

Оцінювання характеристик похибки вимірювання може виконуватися згідно з РД 50-453-84 і МІ 2232-2000.

Якщо оцінка похибки вимірювання виходить за задані межі, то похибка вимірювання може бути зменшена відповідно до МІ 2301-2000 або іншим нормативним документом.

Розробку алгоритму оцінювання невизначеності та її розрахунок слід виконувати в відповідно до керівництва по виразу невизначеності вимірювання.

При розробці МКХА способи оцінювання характеристик похибки вимірювання можуть бути обрані виходячи з заданих у вихідних даних на розробку МКХА вимог до похибки вимірювання або характеристикам її складових. Оцінювання невизначеності для МКХА слід виконувати відповідно до керівництва ЕВРАХИМ/СИТАК.

При оцінюванні невизначеності вимірювання слід враховувати отримані відповідно до СТБ ISO 5725-1 - СТБ ISO 5725-5 показники точності.

У документах, що регламентують МВВ, в загальному випадку вказують:

- Призначення МВВ;
- Метод (методи) вимірювань;
- Показники точності (правильності та / або прецизійності) відповідно до

ВИМОГ

СТБ ISO 5725-1; приписані характеристики похибки або невизначеність вимірювання;

- Вимоги до засобів вимірювань (у тому числі до стандартних зразків, атестованим сумішам), допоміжних пристроїв, матеріалами, розчинів або призводять типи засобів вимірювань, їх характеристики і позначення документів, де є вимоги до засобів вимірювань(стандарти, технічні умови);

- Умови виконання вимірювань;
- Вимоги до забезпечення безпеки виконуваних робіт;
- Вимоги до забезпечення екологічної безпеки;
- Вимоги до кваліфікації операторів;
- Операції при підготовці до виконання вимірювань;
- Операції при виконанні вимірювань;
- Операції обробки і обчислень результатів вимірювань;
- Алгоритм оцінювання невизначеності вимірювання;
- Процедури та періодичність контролю точності одержуваних результатів вимірювань з урахуванням вимог СТБ ISO 5725-6 і СТБ ISO / ІЕС 17025 при використанні МВВ в акредитованих лабораторіях;
- Вимоги до оформлення результатів вимірювань;
- Інші вимоги та операції (при необхідності).

Після розробки проекти документів на МВВ повинні піддаватися метрологічній експертизі в порядку, встановленому технічним завданням або національним органом з метрології.

При цьому можуть бути встановлені окремі вимоги до проведення метрологічної експертизи документів на МВВ, що використовуються в сферах і поза сфер поширення державного метрологічного контролю і нагляду.

2.2 Методика вимірювань

При виконанні вимірювань повинні бути дотримані наступні умови:

- потік в трубопроводі повинен бути сформованим і турбулентним, а рух - сталим;
- площа вимірювального розтину протягом усього періоду вимірювань повинна залишатися постійною;
- на стінках труби не повинно бути відкладень і наростів вимірюваного середовища або продуктів корозії.

Вимірюване середовище має бути однофазним або за своїми фізичними властивостями близьке до однофазного.

При вимірюванні витрати газу число Маха не повинно перевищувати 0,25.

Метод вимірювання витрати рідини і газу по швидкості потоку в одній точці поперечного перерізу заснований на закономірностях турбулентної течії в трубах, згідно з якими швидкість потоку в певній точці перетину труби пропорційна середній швидкості в даному перетині.

При визначенні витрати даним методом необхідно виміряти первинним перетворювачем місцеву швидкість в одній точці поперечного перерізу труби і площа даного вимірювального перетину. Витрата Q , м³/с. Визначають за формулою

$$Q = K_v v \omega,$$

де K_v - відношення середньої швидкості потоку в даному перетині до швидкості потоку в точці вимірювання;

v - місцева швидкість потоку, м/с;

ω - площа поперечного перерізу труби, м².

Примітка. Для збільшення надійності допускається встановлювати кілька первинних перетворювачів в одному перерізі.

Місцеву швидкість потоку вимірюють в точках, де вона дорівнює середній швидкості в даному перетині (в точках середньої швидкості) або на осі труби.

Точки середньої швидкості при розвиненому турбулентному потоці вимірюваного середовища розташовані на відстані $(0,242 \pm 0,013) r$ - від

внутрішньої поверхні стінки труби, де r - внутрішній радіус труби в вимірювальному перерізі.

Коефіцієнт K_v при вимірюванні в точках середньої швидкості залишається постійним і рівним одиниці у всьому діапазоні турбулентного потоку. При вимірюванні швидкості потоку на осі труби коефіцієнт K_v залишається постійним тільки в автомобельної області турбулентного режиму течії.

При вимірюванні швидкості потоку на осі труби значення коефіцієнта K_v залежить від гідравлічних характеристик труб (шорсткості поверхні, числа Рейнольдса Re) і його необхідно попередньо визначати експериментально для кожного вимірювального перетину.

Примітка. При достовірно відомому значення коефіцієнта гідравлічного тертя λ , коефіцієнт K_v допускається приймати за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 Залежність коефіцієнта K_v від коефіцієнта тертя λ .

λ	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
K_v	0,875	0,84	0,80	0,77	0,74	0,713

Для вимірювання витрати рідини і газу необхідна наявність прямої ділянки трубопроводу, що забезпечує симетричний усталений розподіл швидкостей потоку, відповідно розвиненому турбулентному потоку в трубі. Значення коефіцієнта гідравлічного тертя λ трубопроводу не повинно перевищувати 0,06. При вимірюванні швидкості на осі труби режим течії повинен відповідати автомобельної області турбулентної течії.

Режим течії визначають залежно від значень числа Re і коефіцієнта λ за графіком (рисунок 2.1).

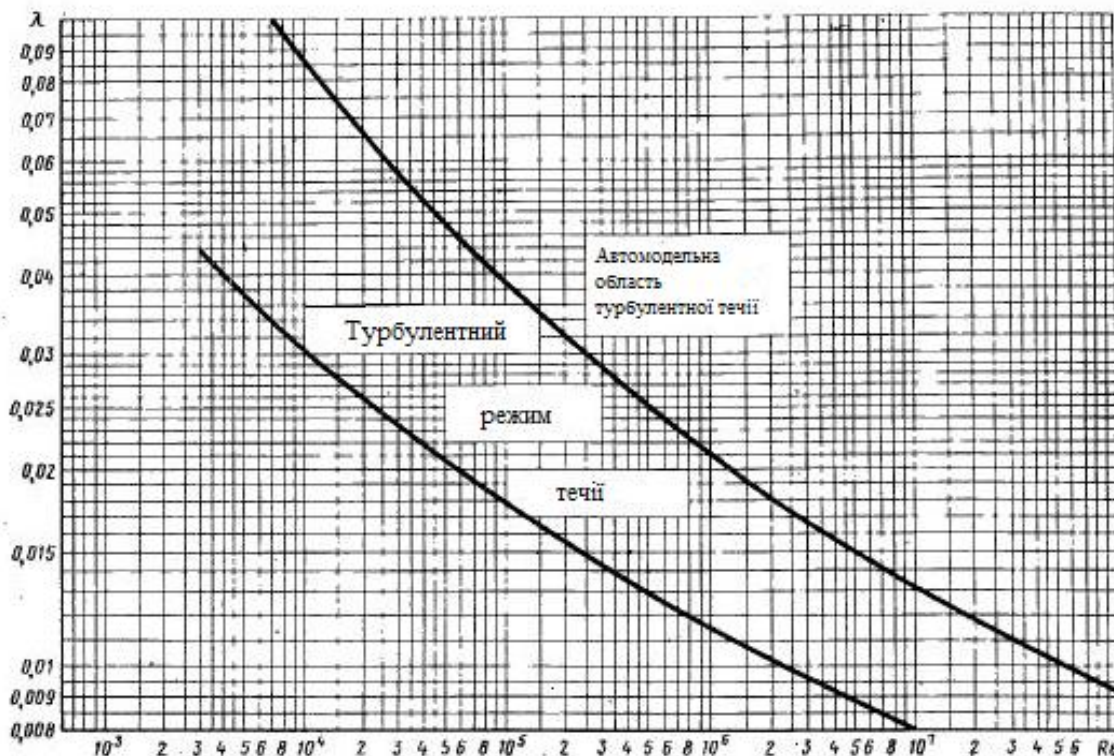


Рисунок 2.1 Графік визначення режиму течії

Для вимірювання швидкості потоку застосовують первинний перетворювач. Первинним перетворювачем швидкості може служити пристрій, що перетворює місцеву швидкість потоку в сигнал, зручний для передачі, обробки та реєстрації. В якості первинних перетворювачів швидкості використовують напірні трубки, спеціальні тахометричні перетворювачі, термоанемометри, термогідрометри, електромагнітні перетворювачі швидкості і т. п. Первинний перетворювач вибирають залежно від діаметра труби, значення місцевої швидкості потоку, діапазону вимірювань, надлишкового тиску і властивостей вимірюваного середовища (щільності, агресивності, наявності твердих включень і т. п.), приведенні у додатку 1.

Межа допустимої похибки вимірювання швидкості потоку первинним перетворювачем не повинна перевищувати $\pm 3\%$.

Відношення максимального розміру поперечного перерізу первинного перетворювача швидкості до діаметру труби не повинно перевищувати 0,06.

Показання первинного перетворювача швидкості, розташованого в точці середньої швидкості, не повинні залежати від поперечного градієнта швидкості. Для напірних трубок, загнутих назустріч потоку, свідчення не залежать від градієнта швидкості потоку, якщо відношення діаметра трубки до діаметру труби не перевищує 0,02.

Первинний перетворювач швидкості встановлюють як до початку експлуатації трубопроводу, так і під час експлуатації без припинення подачі по ньому вимірюваного середовища.

Пристрій для введення первинного перетворювача швидкості повинен забезпечувати можливість визначення відстані від стінки труби до осі первинного перетворювача, докладніше приведений у додатку 2.

Відстань від стінки труби до первинного перетворювача приймають рівним $0,242 r$ або r

Цю відстань контролюють безпосереднім виміром або за допомогою пристрою введення первинного перетворювача. Похибка визначення відстані від внутрішньої поверхні стінки труби до первинного перетворювача не повинна перевищувати 0,005 внутрішнього діаметра труби.

Пристрої для установки первинного перетворювача швидкості повинні забезпечувати стійкість штанги. Рівень вібрації штанги не повинен перевищувати допустимий для прийнятого первинного перетворювача у всьому діапазоні вимірюваних швидкостей.

2.3 Підготовка до вимірювань

Вимірювальний перетин вибирають на прямій ділянці труби, довжина якого перед вимірювальним перетином повинна бути якомога більшою, але залежно від розташованих перед ним місцевих опорів, не менше значень, наведених в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Найменування місцевих опорів	Довжина ділянки, яка виражена в діаметрах труби при вимірюванні	
	у точці місцевої швидкості	на вісі труби
Коліно або трійник	55	25
Два або більше колін в одній площині	50	25
Два або більше колін в різних площинах	80	50
Конфузор	30	10
Дифузор	55	22
Повністю відкритий клапан	45	25
Повністю відкрита засувка	30	15

Відстань від вимірювального перерізу до кінця прямої ділянки в будь-якому випадку повинно бути більше рівним 5 діаметрам труби

Площину вимірювального перерізу визначають за середнім арифметичним значенням 4 діаметрів рівномірно покладених в перерізі. Вимірювання необхідно проводити мікрометричним нутроміром по ГОСТ 10-75.

При неможливості безпосереднього вимірювання внутрішнього діаметру труби допускається визначати площу вимірювального перетину виміром зовнішнього периметра і товщини стінки труби. Зовнішня поверхня труби повинна бути ретельно захищена і не мати вм'ятин і виступів. Вимірювання необхідно проводити металевією рулеткою за ГОСТ 7502-69. Товщину стінки вимірюють індикаторним товщиноміром по ГОСТ 11358-74, штангенциркулем за ГОСТ 166-73 або ультразвуковим товщиноміром,

2.4 Визначення похибки вимірювання витрати

При установці первинного перетворювача у точці середньої швидкості похибка вимірювання витрати складається з похибки вимірювання місцевої швидкості, похибки визначення площі вимірювального перетину, похибки установки первинного перетворювача і похибки відносної координати точки середньої швидкості.

Середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань витрати визначають за формулою

(2.1)

де σ_v - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань місцевої швидкості, м / с;

σ_ω - середнє квадратичне відхилення результатів визначення площі вимірювального перетину, м²;

λ - коефіцієнт гідравлічного тертя;

r - радіус труби у вимірювальному перетині, м;

σ_y - середнє квадратичне відхилення координати установки первинного перетворювача швидкості, м.

Межа допустимої похибки вимірювання витрати з довірчою ймовірністю 0,95 визначають за формулою

$$\delta_Q = \pm 2 \frac{\sigma_Q}{Q} \quad (2.2)$$

де δ_Q – межа допустимої похибки вимірювання витрати;

σ_Q – середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань витрати, м³/с

При установці первинного перетворювача на вісі труби та експериментальному визначенні відношення швидкості на вісі труби до середньої швидкості середнє квадратичне відхилення вимірювання витрати визначають за формулою

(2.3)

де v_{cp} і v_{max} – середня і максимальна швидкості потоку у вимірювальному перетині труби, одержувані при експериментальному визначенні відношення швидкостей, м / с;

і $\sigma_{v_{max}}$ – середні квадратичні відхилення, м/с.

Похибка визначення площини вимірювального перетину залежить від застосованих методів і засобів вимірювання. При безпосередньому вимірі внутрішнього діаметра труби середнє квадратичне відхилення визначення площі вимірювального перетину визначають за формулою

$$\frac{\sigma_{\omega}}{\omega} = 2 \frac{\sigma_D}{D} \quad (2.4)$$

де σ_{ω} - середнє квадратичне відхилення вимірювань площі вимірювального перетину, м²;

D - діаметр вимірювального перетину, м;

σ_D - середнє квадратичне відхилення вимірювань діаметра вимірювального перетину, м.

При вимірюванні зовнішнього периметра труби та товщини стінки, середнє квадратичне відхилення визначення площі вимірювального перетину обчислюють за формулою

$$\frac{\sigma_{\omega}}{\omega} = \frac{4}{D - 2c} \cdot \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \sigma_D^2 + \sigma_c^2} \quad (2.5)$$

де c - товщина стінки труби, м;

σ_c - середнє квадратичне відхилення вимірювань товщини стінки труби, м.

Похибка вимірювання витрати не перевищує $\pm 4\%$. У кожному випадку вимірювання витрати межа допустимої похибки обчислюють по формулах 2.1 і 2.2

2.5 Удосконалення методики вимірювань рідини та газу

Проблема створення і вдосконалення методів і засобів вимірювання витрат речовин, що володіють специфічними властивостями (агресивність,

нестационарність фізико-хімічних характеристик, висока в'язкість) і функціонуючих в різного роду складних умовах експлуатації, незважаючи на певний прогрес, залишається досить актуальною.

Розвиток безконтактного теплового методу в напрямку синтезу інтелектуальних багатоканальних теплових витратомірів дозволило істотно поліпшити їх метрологічні характеристики при вирішенні складних завдань вимірювання витрати. При створенні таких багатоканальних витратомірів використовувалися деякі принципи теорії інваріантності, відповідно до яких первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) теплового витратоміра повинен забезпечувати організацію як мінімум двох каналів передачі первинної інформації крім каналу компенсації збуджувального впливу температури потоку речовини [Обновлевский П.А., Соколов Г.А. "Тепловые системы контроля параметров процессов химической технологии", Л.: "Химия", 1982].

Це є необхідною умовою автономізації інформації про вимірювану величину (витрату) і неінформативних величинах (змінюються властивості речовин).

Це є необхідною умовою автономізації інформації про вимірювану величину (витрату) і неінформативних величинах (змінюються властивості речовин).

Запропоновані та реалізовані дві структури багатоканальних теплових витратомірів (БТВ), які можуть створюватися на основі термоконвективних ПВП. В БТВ першого типу організація кожного з каналів передачі первинної інформації здійснюється за допомогою окремого термоперетворювача або обидва канали базуються на комплексній інформації, що генерується одним термоперетворювачем. На основі структури другого роду синтезуються тільки поміткові БТВ.

Реалізація алгоритмів функціонування БТВ припускає використання широких можливостей обчислювальної техніки. Створення БТВ дозволило знизити методичну похибку вимірювання витрати в'язких рідин. Для цього

використовувалася структура БТВ першого типу. Так, для витратоміра під мазут додаткова похибка вимірювання зменшена у 5 разів і складає $0,2\% / 100\text{ }^\circ\text{C}$ [Соколов Г.А., Сягаев Н.А., Новичков Ю.А. "Бесконтактный метод измерения расхода мазута". Материалы 12-й Международной научно-практической конференции "Коммерческий учет энергоносителей", СПб, 2000].

Істотно знижено вплив нестабільності властивостей вимірюваних потоків розчинів рідин на показання поміткового БТВ, в використанні якого дві контрольних ділянки виміру часу перенесення мітки (t). Причому на першій ділянці по ходу мітки на інформативну величину t впливають як значення об'ємної витрати, так і властивості розчину (наприклад, щільність), а на другому величина t визначається тільки об'ємною витратою (швидкістю) розчину. Диференціальне включення цих каналів [Ляшенко А.А., Ющенко О.А., Сягаев Н.А., Соколов Г.А., Олейник В.Ю. "Способ измерения расхода потока". Патент на изобретение № 2152593//Бюл.№ 19, 10.07. 2000] дозволило знизити похибку вимірювання витрати розчинів в умовах вимірювання їх властивостей на 1-1,25%.

Поряд із зазначеним напрямком розвитку теплових витратомірів постійно вдосконалювалися структурні методи підвищення їх динамічної точності. Розроблено методи адаптивної динамічної корекції по миттєвому значенню вихідного сигналу ПВП або темпу його зміни при різних законах збурень по витраті [Соколов Г.А., Ющенко О.А., Ляшенко А.А. "Тепловые расходомеры с микропроцессорными адаптивными динамическими корректорами". Труды Международной научно-технической конференции "Совершенствование средств измерения расхода жидкости, газа и пара", СПб, 1996], реалізовані на ЕОМ і забезпечили підвищення швидкодії теплових витратомірів в 10-15 разів.

Удосконалення динамічних (поміткових) методів вимірювання включає дослідження можливості зменшення величин вимірюваних витрат газів, а також розширення динамічного діапазону вимірювання та створення методики визначення градууювальної характеристики розрахунковим шляхом. Критерієм оцінки ефективності вирішення поставлених завдань були метрологічні показники

кращих зарубіжних теплових витратомірів газів (EL-Flow виробництва компанії Bronkhorst).

Розроблено дослідний зразок парціального поміткового теплового витратоміра, структурна схема якого представлена на рисунку 2.2.

Експериментальні дослідження парціального витратоміра показали, що його динамічний діапазон збільшився більш ніж у 7 разів, що забезпечило вимірювання витрати повітря в діапазоні 10-300 мл/с з наведеної похибкою, що не перевищує 1,2%. Градувальні характеристики парціального витратоміра при різних D_y діафрагмах обвідного каналу представлені на рисунку 2.3.

Кількісно оцінено вплив нестабільності таких неінформативних величин і факторів, як температура потоку, навколишнього середовища, а також початкових параметрів теплового імпульсу.

Підтверджено перспективність організації двох каналів вимірювання, що генеруються терморезисторами 4 і 5 (рисунок 2.2) і відповідно вимір часу перенесення мітки між зонами установки цих терморезисторів. При цьому мінімізується вплив зазначених неінформативних величин. Теплові витратоміри знаходять практичне застосування для широкого спектру завдань специфічних вимірювань витрати.

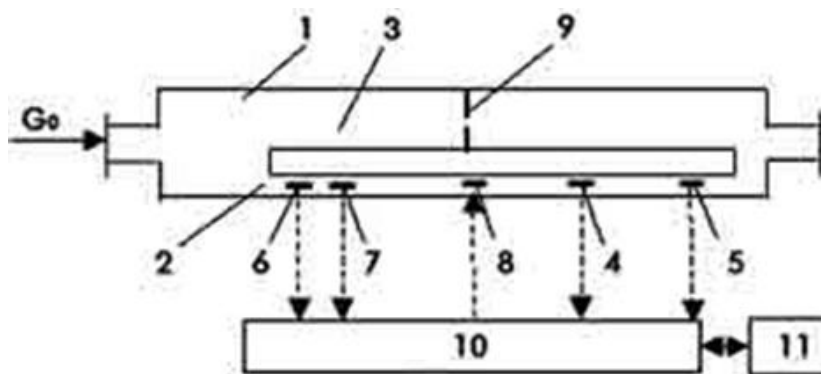


Рисунок 2.2 Структурна схема парціального витратоміра: 1 - корпус ПВП; 2 - вимірювальний (основний) канал; 3 - обвідний канал; 4, 5 - вимірювальні плівкові терморезистори; 6, 7 - компенсаційні плівкові терморезистори; 8 -

плівковий нагрівач; 9 - вставка з набором діафрагм ($D_y = 3, 5, 6$ мм); 10 - вимірювально-перетворюючий блок; 11 - ЕОМ з відео терміналом

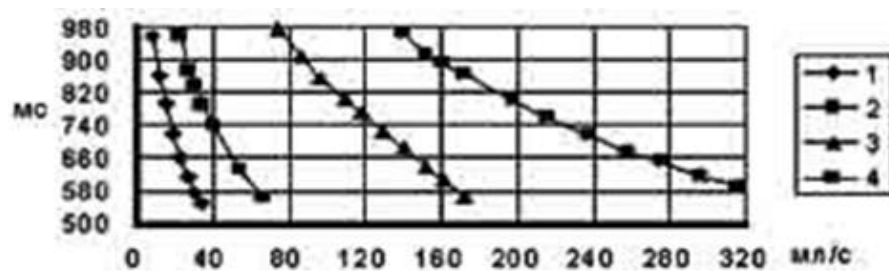


Рисунок 2.3 Градувальні характеристики витратоміра: 1 - градувальна характеристика із закритим обвідним каналом; 2, 3, 4 - градувальні характеристики з $D_y = 3; 5; 6$ мм відповідно

3 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОВІРКИ ВИТРАТОМІРІВ

3.1 Операції повірки

При проведенні повірки повинні бути виконані операції, зазначені нижче:

- зовнішній огляд;
- опробування;
- перевірка герметичності та міцності труби перетворювача витрати;
- перевірка опору ізоляції електродів перетворювача витрати;
- перевірка опору ізоляції ланцюгів живлення витрато;
- визначення основної похибки витратоміра.

3.2 Засоби перевірки

При проведенні повірки витратомірів повинні бути застосовані наступні зразкові і допоміжні засоби вимірювань:

повірочна витратомірна установка типу УГІР. Основні технічні характеристики установки наведені в додатку 3;

амперметр типу М 1104 з межею вимірювання 7,5 мА, класу точності 0.2 по ГОСТ 8711 -78 або вимірювальний перетворювач типу Ф-573 класу точності 0.1 по ГОСТ 14014-68;

мегаомметр типу М4100/1-5 на номінальну напругу 500 В за ГОСТ 23706 -79;

зразковий манометр типу МО з межею вимірювання 0-1.6 кгс/см² класу точності 0.25 по ГОСТ 6521-72;

контрольний манометр з межами виміру 0-10, 0-16 і 0-40 кгс/см², класу точності не нижче 0.4 по ГОСТ 2405-80.

Співвідношення межі відносної похибки зразкових і повірочних засобів вимірювання повинно бути не більше 1: 3 по ГОСТ 8.145-75.

Всі зразкові засоби і прилади повинні бути атестовані (повірені) органами державної метрологічної служби і мати чинні свідоцтва про повірку.

Допускається використовувати знову розроблені або ті, що знаходяться у застосуванні засоби повірки, які пройшли метрологічну атестацію в органах державної метрологічної служби і задовольняють за точністю вимогам цього стандарту.

Типи витратомірів і їх технічні характеристики приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Типи витратомірів і технічні характеристики

Тип витратоміра	D_y , м	Витрата м ³ /ч	Похибка, %
Індукція	100 - 1000	32 - 5000	1,5 – 2,5
Індукція – М	100 - 500		1 – 1,5
Індукція – 51	0 - 600		
ІР – 1	15 - 70	1 - 40	1,5
ІР – 11	10 - 300	0,32 - 2500	1,0
ІР – 51			
4 - РІМ	50 - 200	10 - 200	1,5
5 - РІМ			2,5
РГР7	0 - 100	3,5 - 350	

3.3 Умови повірки і підготовка до неї

При проведенні повірки повинні бути дотримані умови по ГОСТ 11988-72.

Перед проведенням повірки необхідно виконати наступні підготовчі роботи: встановити витратомір на повірочну витратомірну установку або підключити до установки типу УГІР;

змонтувати зовнішні електричні з'єднання та відрегулювати витратомір, що повіряється відповідно до технічної документації на нього.

При повірці витратомірів з уніфікованим струмовим сигналом у ланцюг струмового виходу потрібно включити амперметр або вимірювальний перетворювач постійного струму.

При повірці витратомірів з уніфікованим пневматичним вихідним сигналом у ланцюг виходу потрібно включити зразковий манометр.

3.4 Проведення повірки

Зовнішній огляд.

При зовнішньому огляді повинно бути встановлено:

- наявність паспорта у витратоміра, які випущені з виробництва та ремонту, та свідоцтва про попередню повірку у витратоміра, що знаходиться в експлуатації;
- наявність непошкодженою пломби і відбитка повірочного клейма органу державної метрологічної служби;
- відсутність великих дефектів у забарвленні корпусу та дефектів на шкалі вимірювального пристрою, що ускладнюють відлік показань;
- відповідність маркування вимогам ГОСТ 11988-72.

Випробування.

При випробуванні витратоміра, включеного при номінальній напрузі живлення, перевіряють:

- дію органів управління і регулювання; установку показчика витратоміра на нуль при включенні н виключенні харчуванні;
- працездатність витратоміра при подачі на вхід сигналу витрати.

Перевірка герметичності і міцності труби перетворювача витрати.

Перевірку проводять подачею води в порожнину труби перетворювача витрати під тиском, в 1,5 рази перевищує робочий. Результати перевірки вважають задовільними, якщо протягом 15 хвилин не спостерігається зниження тиску по контрольному манометру.

Перевірка опору ізоляції електродів перетворювача витрати.

Опір ізоляції електродів перетворювача витрати щодо корпусу перевіряють мегаомметром при напрузі 500 ± 50 В. На внутрішній поверхні каналу і фланцях перетворювача витрати не повинно бути слідів вологи або електропровідного поверхневого нальоту. Перед вимірюванням необхідно переконатися у відсутності напруги в електричних ланцюгах, що перевіряються. Перетворювач витрати повинен бути відключений від вимірювального пристрою.

Один затиск мегаомметра з позначенням «земля» з'єднують з корпусом, а інший – з кожним з електродів перетворювача витрати.

Вважають, що витратомір витримав випробування, якщо опір ізоляції електродів перетворювача витрати щодо корпусу не менш ніж 100 МОм.

Перевірка опору ізоляції ланцюгів живлення витратоміра.

Опір ізоляції ланцюгів живлення витратоміра щодо корпусу перевіряють виміром опору між корпусом і ланцюгом живлення перетворювача витрати і вимірювального пристрою. Опір ізоляції має бути не менш ніж 40 МОм.

Визначення основної похибки витратоміра.

До визначення основної похибки витратомір повинен бути прогрітий протягом часу, зазначеного в технічній документації на нього. Після прогріву необхідно перевірити заповнення випробувального пристрою н вивіреного витратомір вимірюваної рідиною і правильність установки показчика приладу на нуль, коли вимірювана рідина знаходиться н стані спокою.

Основну похибку визначають порівнянням показань вивіреного витратоміра з показаннями повірочної витратомірної установки або установки типу УГІР в послідовності, наведеної нижче:

- встановлюють засіб вимірювання кількості рідини в положення готовності до початку виміру;
- встановлюють стабільний потік відповідно обраному значенню вимірюваної витрати;
- подають з пристрою формування інтервалу часу команду до початку вимірювання, при цьому засіб вимірювання кількості рідини повинен відвести вимірюване середовище в мірник, а пристрій формування інтервалу часу вимірювання повинен почати відраховувати час;
- знімають показання витратоміра;
- подають команду до закінчення виміру до закінчення обраного інтервалу часу вимірювання з пристрою формування інтервалу часу. За допомогою засобу вимірювання кількості рідини середовище, яке вимірюється відводиться в пристрій спорожнення засобів вимірювання і магістралі;
- відраховують кількість рідини і інтервал часу за вказівниками засобів вимірювання рідини і пристрою формування інтервалу часу вимірювання.

Всі вищевикладені операції повторюють для всіх значень витрати. Порівнюють позначки 30, 60 і 90% верхньої межі вимірювання вивіреного витратоміра. У кожній позначці проводять не менше трьох вимірів на повір очній витратомірній установці, а за вивіреним витратоміром - не менше дев'яти вимірювань.

Основну похибку витратоміру δ у відсотках в кожній перевірений позначці визначають за формулою

$$\delta = |N/N_{\max} - Q/Q_{\max}| \cdot 100 \quad (3.1)$$

де N – показання (значення вихідного сигналу) вивіреного витратоміра;

N_{\max} – верхня межа вимірювання (максимальне значення вихідного сигналу) вивіреного витратоміра;

Q – показання повірочної витратомірної установки, м³/с;

Q_{max} – верхня межа вимірювання витрати, м³/с.

Для електромагнітних витратомірів, що використовуються в вимірювально - інформаційних системах і системах автоматичного регулювання, основну похибку в кожній перевірній позначці визначають як суму систематичної і випадкової похибок. тобто

$$\delta = \delta_c + \delta_{вип} \quad (3.2)$$

де δ_c – систематична похибка витратоміра;

$\delta_{вип}$ – випадкова похибка витратоміра.

Систематичну похибку витратоміра у відсотках визначають за формулою

$$\delta_c = \left| \frac{\bar{N}}{N_{max} - \bar{Q}} \right| \quad (3.3)$$

де \bar{N} – середнє арифметичне значення показання вивіреного витратоміра на даній позначці, що визначається за формулою

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (3.4)$$

де \bar{Q} – середнє арифметичне значення показань повірочної витратомірної установки, що визначається за формулою

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m} \quad (3.5)$$

де N_i – свідчення вивіреного витратоміра;

n – число вимірювань на одній позначці витратоміром;

Q_j – свідчення повірочної витратомірної установки, м³/с;

m – число намірів на одній позначці повірочної витратомірної установки.

Випадкову похибку витратоміра у відсотках визначають за формулою

Позначення ті ж. що і в формулах (3.2) - (3.4).

За основну похибку витратоміра приймають максимальне значення похибки для перевірених відміток, розрахованої за формулою (3.1) або (3.2).

3.5 Оформлення результатів перевірки

- На витратоміри, визнані придатними при державній повірці, видають свідоцтво про повірку встановленої форми, навішують пломбу з відбитком повірочного клейма в місцях, що перешкоджають доступу до регулюючих пристроїв витратоміра.
- Результати повірки заносить до протоколу повірки за формою, наведеною в обов'язковому додатку 4.
- Витратоміри, що не задовольняють вимогам цього стандарту, до застосування не допускають. Клеймо гасять, пломбу знімають.

4 ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ ВИТРАТАМИ І ПЕРЕПАДОМ ТИСКУ НА ЗВУЖУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ

4.1 Стандартні типи звужувальних пристроїв

В даний час найбільш поширені стандартні звужувальні пристрої трьох типів: нормальна діафрагма, нормальне сопло і труба (сопло) Вентурі.

- Нормальна діафрагма.

При кутовому відборі тиску застосовують нормальні діафрагми двох видів - плоскі (рисунок 4.1) і камерні (рисунок 4.2).

Нормальна діафрагма являє собою тонкий диск з отвором, концентрично осі труби, з гострою прямокутною кромкою зі сторони входу потоку.

Співвісність установки діафрагми, гострота вхідної крайки, що формує певний характер перебігу вимірюваного середовища через отвір діафрагми, її прямокутність і технологічний допуск на вхідний діаметр діафрагми d визначають можливість і точність непрямого (розрахункового) градування витратомірів змінного перепаду з нормальними діафрагмами. Тому до цих параметрів діафрагми пред'являють досить високі вимоги. Так, допустиме відхилення осі отвору діафрагми від осі труби не повинно перевищувати $0,015 D (D / d - 1)$, де D – діаметр трубопроводу.

Діаметр отвору діафрагми d не повинен відрізнятися від розрахункового більше ніж на $\pm (0,001-0,05)\%$ при $m < 0,45$ і на $\pm (0,005-0,05)\%$ при $m > 0,45$. Цим забезпечується геометрична подібність діафрагм.

Закруглення, зминання або затуплення вхідної крайки діафрагми не припустимі, що забезпечує ідентичність характеру перебігу вимірювальних середовищ через однотипні діафрагми.

Тиск у плоскій діафрагми відбирають за допомогою окремих свердлень. Для усереднення тисків просвердлюють кілька отворів, рівномірно розподілених по

колу труби в площинах відбору тисків. Вихідні з отворів трубки об'єднуються двома збірними колекторами, від яких тиску передаються до дифманометру.

Тиску у камерних діафрагм відбирають з камер, з'єднаних з трубою кільцевими щілинами. Перевагою камерних діафрагм є відбір дійсних середніх тисків і в зв'язку з цим дещо менш жорсткі вимоги до довжини прямолінійних ділянок трубопроводу до і після діафрагми; недоліком - необхідність спеціальних ущільнюючих пристроїв для герметизації камер.

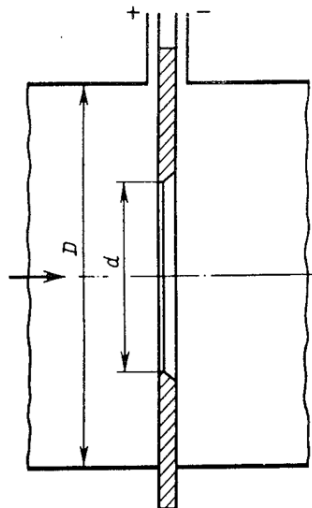


Рисунок 4.1 Плоска діафрагма

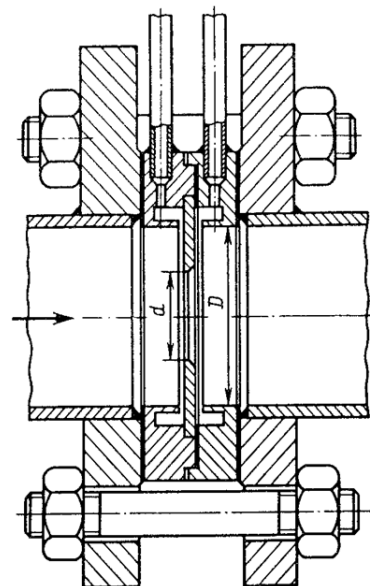


Рисунок 4.2 Камерна діафрагма

- Нормальне сопло.

Нормальне сопло (рисунок 4.3) виконують у вигляді насадки, яка має вхідну частину, що сходиться, утворену дугами кіл з радіусами r_1 і r_2 рівними $0,2 d$ і $d/3$ і циліндричну частину діаметром d і довжиною $0,3d$

Вихідна кромка сопла, як і у діафрагми, повинна бути гострою, без заокруглень і задирок. Вона оберігається на виході нішею

Тиск також можна відбирати або за допомогою камер і кільцевих щілин (рисунок 4.3, а) або через окремі отвори (рисунок 4.3, б).

- Нормальна труба (сопло) Вентурі.

Існують нормалізовані витратомірні труби Вентурі чотирьох конструктивних різновидів: труби Вентурі з сопловим і конічним входами, з довгим і коротким дифузорами.

На рисунку 4.4 зображено труба Вентурі з сопловим входом (сопло Вентурі) з довгим (знизу) і коротким (зверху) дифузорами.

Вхідна частина труби до місця відбору мінусового (меншого) тиску має той же профіль, що й нормальне сопло. Довжина циліндричної частини становить зазвичай $(0,5-0,7) d$. Кут вхідного конуса дифузора повинен бути менше 30° . Плюсний (більший) тиск відбирають як за допомогою кільцевої камери, так і за допомогою окремих свердлень; мінусове – за допомогою окремих свердлень.

Наявність стандартних звужувальних пристроїв трьох типів пояснюється відносними експлуатаційними перевагами і недоліками кожного з них. Так, діафрагми технологічно прості і в області $m < 0,3$ мають менші граничні числа Рейнольдса (Re_{np}), ніж сопла і труби Вентурі. Крім того, коефіцієнти витрати діафрагм менш схильні до впливу спотворення профілю швидкостей і пульсацій потоку. У той же час втрати тиску в соплах і трубах Вентурі (особливо в останніх) значно менше, ніж у діафрагм. Крім того, точність вимірювання витрати газів і пара за допомогою сопел в області діаметрів трубопроводів, менших 300 мм, вище, ніж при використанні діафрагм (у зв'язку з великою постійністю коефіцієнта стисливості ϵ при застосуванні сопел). Надійність сопел і труб Вентурі, пов'язана зі змінами коефіцієнта витрати а при зносі або забрудненні вхідного профілю звужувального пристрою, значно вище, чим у діафрагм.

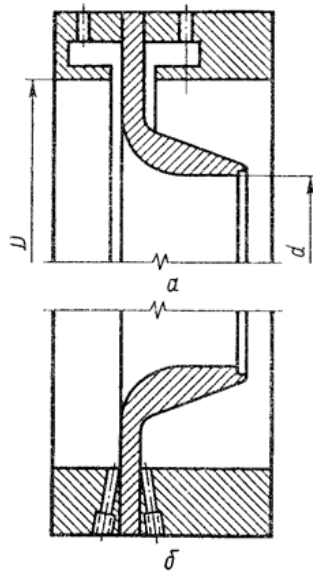


Рисунок 4.3 Нормальне сопло

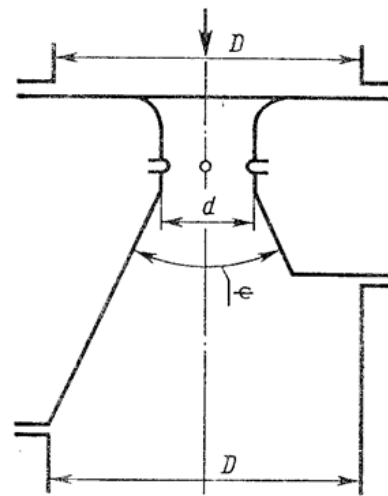


Рисунок 4.4 Нормальна труба Вентурі

4.2 Залежність між витратою і перепадом тиску у звужувальному пристрою.

На рисунку 4.5 схематично зображено рух потоку рідини чи газу через отвір діафрагми – найбільш розповсюдженого різновиду звужуючого пристрою. Діафрагма – тонкий диск з круглим отвором діаметром d , вісь диска повинна якомога точніше збігатися з віссю трубопроводу. Через А-А позначено перетин, від якого починається звуження струменя і, отже, поступове зростання середньої швидкості v_a потоку. Максимального значення v_b ця швидкість досягає в місці найбільшого стиснення струменя в перерізі В-В, яке розташоване після діафрагми на відстані, що залежить від відношення d/D і приблизно рівному $0,5D$, де D – діаметр труби. Збільшення середньої швидкості від v_a до v_b , а отже, і відповідної кінетичної енергії відбувається за рахунок зменшення початкового тиску p_a до тиску p_b в горлі (найменшому розрізі) струменя. Це падіння тиску показано на рисунку 4.5 штрих пунктирною кривою. Після розрізу В-В струмінь поступово розширюється і в перерізі С-С знову досягає стінок труби. При цьому швидкість потоку буде зменшуватися, а тиск зростати. Якщо вимірювана речовина рідина, щільність якої ρ практично не залежить від тиску, то в перерізі С-С швидкість v_c

стане рівною початкової швидкості v_a , але тиск p_c буде менше початкового p_a внаслідок втрати енергії при проходженні рідини через звуження потоку. Основна частина цієї втрати тиску відбувається в мертвих зонах за діафрагмою. Струмінь, що тече з великою швидкістю, захоплює із собою прилеглі частинки з цих зон і створює деяке падіння тиску в них, що викликає частковий рух рідини уздовж стінок від розрізу С-С до перетину В-В. В результаті в мертвих зонах виникає сильне вихроутворення і відбувається втрата потенційної енергії. Залишкова втрата тиску $(p_a - p_c)$ у діафрагмі становить від 40% до 90% від перепаду тиску $(p_a - p_b)$, зростаючи із зменшенням відносного діаметра діафрагми $P = d/D$. Втрата ж тиску від тертя і ударів в самій діафрагмі становить не більше 2% від $(p_a - p_b)$.

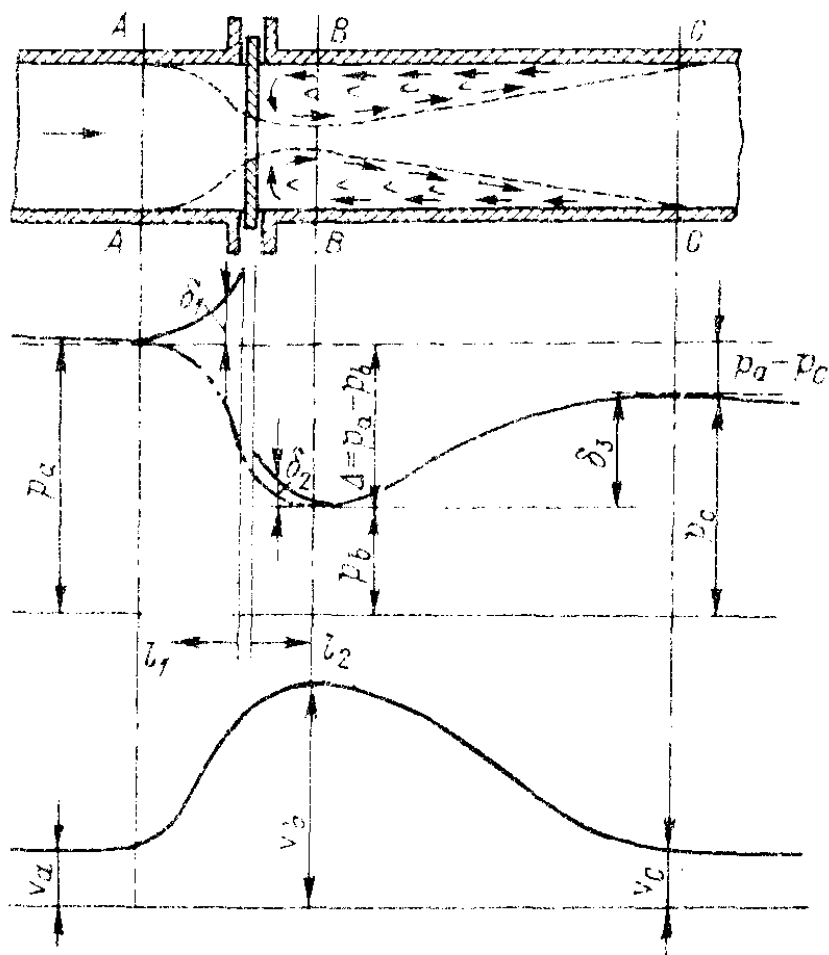


Рис 4.5. Зміна тиску p і середньої швидкості v потоку при проходженні через діафрагму:

— - Зміна p у стінки труби;

- - - - Зміна p в рухомому потоці (в середині труби)

Спільне рішення рівняння, що виражає закон збереження енергії,

$$\int v dv = - \int dp / \rho \quad (4.1)$$

і рівняння нерозривності струменя

$$Q_M = \rho Q_0 = \rho v F = const \quad (4.2)$$

дає можливість отримати залежність між масовою Q_M або об'ємною Q_0 витратою і перепадом тиску ($p_a - p_b$) між перетинами А-А і В-В або перепадом тиску ($p_1 - p_2$) між будь-якими іншими перетинами, що знаходяться з різних сторін від діафрагми. При цьому трубопровід вважаємо горизонтальним. Для рідин, у яких $\rho = const$, рівняння (4.1) і (4.2) приймають вигляд:

$$p_a \rho / + k_a v_a / 2 = p_b / \rho + k_b v_b / 2 + \xi v_b / 2; \quad (4.3)$$

$$Q_M = \rho v_a F_a = \rho v_b F_b \quad (4.4)$$

Тут k_a і k_b - поправочні множники на нерівномірність розподілу швидкості в перетинах А-А і В-В відповідно; ξ -коефіцієнт опору на ділянці від А-А до В-В, віднесений до швидкості v_b ; F_a і F_b - площа струменя в перетинах А-А і В-В відповідно.

Відношення площі горла струменя F_b до площі отвору діафрагм F_0 називають коефіцієнтом звуження струменя μ . За допомогою коефіцієнта μ можлива площа F_b , яку важко виміряти, замінити на площу F_0 згідно рівняння

$$F_b = \mu F_0 \quad (4.5)$$

Тоді з рівняння (4) випливає, що

$$v_a = v_b \mu (F_0 / F_b) = v_b \mu (d / D)^2 \quad (4.6)$$

Відношення площ F_0 / F_b називається відносною площею звужувального пристрою (раніше його називали модулем) і позначається буквою m , причому

$$m = (d / D)^2.$$

Тоді попереднє рівняння приймає вигляд

$$v_a = v_b \mu m$$

Підставляючи це значення v_a в рівняння (4.3) і вирішуючи його відносно v_b , отримаємо

$$v_b = \sqrt{\psi/\xi + k_b - k_a \mu t} \sqrt{2/\rho} (p_1 - p_2) \quad (4.7)$$

Тут за допомогою коефіцієнта $\psi = (p_a - p_b) / (p_1 - p_2)$ враховується, що в загальному випадку точки відбору тисків p_1 і p_2 після діафрагми можуть не впоратися з перетинами А-А і В-В. Так, в нашій країні і в більшості європейських країн застосовується метод відбору тисків p_1 і p_2 в кутах, утворених вхідними і вихідними площинами діафрагми зі стінками труби (кутовий метод відбору). Якщо відбір тисків проводиться в перетинах А-А і В-В, то коефіцієнт $\psi = 1$.

Підставляючи значення F_b і v_b з рівнянь (4.5) і (4.7) в рівняння (4.2), отримаємо:

$$Q_m = \alpha F_0 \sqrt{2\rho} (p_1 - p_2) \quad (4.8)$$

$$Q_o = \alpha F_0 \sqrt{2} (p_1 - p_2) / \rho \quad (4.9)$$

$$\text{де } \alpha = \mu \sqrt{\psi} / \sqrt{\xi + k_b - k_a \mu t} \quad (4.10)$$

Величина α називається коефіцієнтом витрати звужено устрою.

Формули витрати (4.8) і (4.9) справедливі для рідин. При вимірюванні витрати газу або пари ці формули множать на поправочний множник ε , який враховує зменшення густини і речовини при проходженні його через звуження потоку. Тоді (у загальному випадку) рівняння масової витрати Q_m (кг/с) і об'ємної витрати Q_o (м³/с) приймають вид;

$$Q_m = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho} (p_1 - p_2) \quad (4.11)$$

$$Q_o = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2} (p_1 - p_2) / \rho \quad (4.12)$$

При $\varepsilon = 1$ з цих рівнянь (як окремий випадок) виходять рівняння (4.8) і (4.9).

4.3 Аналіз коефіцієнта витрати α

Формули витрати (4.11) і (4.12) можна представити у наступному простому вигляді:

$$Q_m = k' \sqrt{\Delta p} \quad (4.13)$$

$$Q_o = k'' \sqrt{\Delta p} \quad (4.14)$$

де $k' = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho}$; $k'' = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2}$; $\Delta p = p_1 - p_2$

Таким чином, між витратою (Q_M або Q_o) і перепадом тиску Δp є квадратична залежність. Це суттєвий недолік, тому що його наслідок - дуже малий діапазон виміру витратоміра ($Q_{max} / Q_{min} = 1/3 / 1/4$). Так, при витраті $Q = 25\% Q_{max}$ вимірюваний перепад становить лише 6,25% від Δp_{max} . У зв'язку з цим точність витратомірного дифманометра звичайно гарантується тільки в межах від 30 до 100% від Q_{max} . Це викликає ускладнення при вимірюванні витрат, що змінюються в широких межах. Крім того, виникають труднощі при вимірюванні швидко мінливих і, зокрема, пульсуючих витрат. Інший недолік - нерівномірність видаткової шкали - менш істотний. Для обробки таких діаграм застосовуються кореневі планіметри. Крім цього існують нескладні способи отримання рівномірної шкали шляхом автоматичного через потягу квадратного кореня із значень перепаду тиску, приклад за допомогою лекала, що має параболічний профіль, яке вводиться в систему важеля передачу до стрілкою або до пера приладу.

Гранична наведена похибка витратомірів зі звужуючими пристроями рідко буває менше 1-2% внаслідок впливу похибок ряду величин (α , ε , F_o , ρ , Δp), що входять в формулу витрати.

Незважаючи на всі ці недоліки витратоміри зі звуженням потоку отримали саме широке поширення завдяки трьом важливим перевагам.

1. Винятковою універсальності застосування. Вони придатні для вимірювання витрати будь-яких однофазних речовин (а частково і двофазних) в дуже широкому діапазоні зміни тиску, температур і витрат.

2. Зручності масового виробництва. Найбільш складні частини комплексу витратоміра - дифманометр і вторинний прилад - можна виготовляти великими серіями, так як вони не залежать від роду речовини і значення витрати.

3. Відсутності необхідності в зразкових витратомірних установках для градуювання і перевірки у разі застосування нормалізованих звужуючих пристроїв в трубах діаметром не менше 12,5-50 мм.

При градуюванні витратомірних дифманометрів виходять з припущення сталості множників k' і k'' ($k' = const$ і $k'' = const$) у вищенаведених формулах

витрати. Для цього потребується сталість величин α , ε , F_0 і ρ , що визначають значення k' і k'' .

Хоча жоден звужувальний пристрій не забезпечує постійності α при будь-якій витраті (або точніше в будь-якій області чисел Рейнольдса Re), але застосовують ті з них, які в даній області чисел Re досить добре зберігають сталість α .

Число Рейнольдса - безрозмірна величина, що представляє собою відношення сил інерції до сил в'язкого тертя в потоці. Воно виражається формулою

$$Re = vD / \nu = \nu \rho D / \mu, \quad (4.15)$$

де ν - кінематична в'язкість;

μ - динамічна в'язкість, причому $\nu = \mu / \rho$

Часто цю формулу виражають через об'ємну Q_0 або масову Q_M витрату, маючи на увазі, що $\nu = 4Q_0 / \pi D^2$ і $Q_M = Q_0 \rho$.

Якщо вимірювати ν ($\text{м}^2 / \text{с}$), μ ($\text{Н с} / \text{м}^2$), Q_0 ($\text{м}^3 / \text{год}$), D (м), то

$$Re = 0,354Q_0 / D\nu = 0,354Q_0 \rho / D \mu \quad (4.16)$$

Якщо ж вимірювати μ ($\text{кгс с} / \text{м}^2$), то

$$Re = 0,0361Q_0 \rho / D \mu \quad (4.17)$$

Якщо ці формули виразити через масову витрату, то отримаємо:

$$Re = 0,354Q_M / D\rho\nu = 0,354Q_M / D\mu \quad (4.18)$$

$$Re = 0,0361Q_M / D\mu \quad (4.19)$$

Множник ε не зберігається постійним при зміні витрати від 0 до Q_{max} , а безперервно зменшується у зв'язку з ростом витрати $\Delta p / p_1$, від якого залежить значення ε . При градуванні дифманометра доцільно приймати значення ε , що відповідає середній витраті, за яку зазвичай приймається витрата, що лежить в межах від $(2/3) Q_{max}$ до Q_{max} . Вплив зміни ε при інших витратах треба враховувати при підрахунку загальної похибки вимірювання витрати. Необхідність такого обліку недоцільно, якщо при підрахунку витрат визначається істинне значення множника ε , що найлегше виконати за допомогою ЕОМ.

Площа отвору F_o зберігає постійне значення завдяки тому, що звужувальний пристрій виготовляється з матеріалу, стійкого до корозії та ерозії.

Найбільші побоювання викликає ймовірність мінливості щільності ρ (особливо при вимірюванні витрати пари та газу). Якщо дійсне значення ρ відрізняється від градуовального ρ_z , то свідчення масового витратоміра треба помножити на множник

$$k_m = \varepsilon \sqrt{\rho} / \varepsilon_z \sqrt{\rho_z} \approx \sqrt{\rho} / \rho_z$$

а об'ємного на множник

$$k_o = \varepsilon \sqrt{\rho_z} / \varepsilon_z \sqrt{\rho} \approx \sqrt{\rho_z} / \rho$$

Зазвичай щільність ρ визначають, вимірюючи температуру T_1 і тиск p_1 речовини.

Для введення поправки на зміну щільності речовини треба поряд з дифманометром мати прилади або, хоча б, перетворювачі тиску і температури. Поки найчастіше користуються самописними манометрами і термометрами, хоча вже давно були запропоновані витратоміри з автоматичною корекцією значень p_1 і T_1

Найбільш перспективне застосування для цієї мети обчислювальних пристроїв.

4.4 Криві розподілу тиску у діафрагм та їх аналіз.

Виходячи з даних експериментальної роботи, на рисунках 4.6 і 4.7 наведено криві розподілу тиску в межах деяких відстаней l_1 до і l_2 після діафрагми. На цих малюнках для різних m дано залежності $\delta_1 / \Delta 100\%$ від l_1/D і $\delta_2 / \Delta 100\%$ від l_2/D , де $\Delta = p_a - p_b$; $\delta_1 = p_1 - p_a$; $\delta_2 = p_2 - p_b$

Численні дані інших дослідів підтверджують правильність цих кривих. Їх аналіз дозволяє визначити значення коефіцієнта k_{ψ} для різних методів відбору тисків. У відповідності зі схемою, наведеною на рисунку 4.5, спочатку розглянемо ділянку кривих, які знаходяться між перетином А-А і вхідною площиною

діафрагми, а потім - від вихідної площини діафрагми до перетину В-В і далі третя ділянка - між перетинами В-В і С-С.

На першій ділянці тиск у стінки труби зростає внаслідок гальмування потоку стінкою діафрагми тим сильніше, чим більше m .

Зі спільного вирішення рівнянь;

$$\delta_1 = x\rho va^2 / 2$$

$$Q_0 = F_1 va = \alpha F_0 \sqrt{2 \Delta} / \rho$$

де x - частка початкової кінетичної енергії тієї частини потоку, що рухається поблизу стінок і перетворюється на приріст тиску.

$$\delta_1 = p_1 - p_a, \text{ впливає, що}$$

$$\rho va^2 / 2\Delta = \alpha^2 m^2$$

$$\delta_1 / \Delta = x\alpha^2 m^2$$

З першого виразу впливає, що з ростом m збільшується відношення початкової кінетичної енергії $\rho va^2 / 2$ до перепаду Δ . Ця обставина є причиною зростання відносини δ_1/Δ . Друге рівняння дозволяє визначити x , використовуючи рисунок 4.7, на якому наведені значення m і відповідні їм значення δ_1/Δ (у площині діафрагми). Підрахунок показує, що частка x для всіх m вельми постійна і знаходиться в межах від 0,31 до 0,37.

Якщо проаналізувати інші аналогічні досліді, результати яких відображені на рисунку 4.8, де наведені криві δ_1 / Δ у 100% і δ_2 / Δ у 100% (Δ у - перепад, вимірний при кутовому методі відбору тисків), то отримаємо досить близькі значення x ; причому ці досліді дозволяють з'ясувати вплив шорсткості труби на x . Обробка цих кривих дає: для гладких труб $x = 0,32$:- 0,34 (відповідає результатам, отриманим за рисунку 4.7) і для шорсткуватих труб $x = 0,26$:- 0,31. Зменшення x у останніх пояснюється тим, що у них дію стінок, що гальмує дається взнаки на велику товщину шару потоку і швидкість в цьому шарі тому менше. З цих же дослідів впливає, що значення x залежить від діаметра трубопроводу D , зі збільшенням якого x зростає; пояснюється це зменшенням відносної шорсткості труби. Так, при збільшенні D від 75 до 200 мм ($m = 0,64$)

значення x зростає від 0,31 до 0,4, отже маємо: $x = 0,32$:- 0,35 при $D = 76$ мм (труба гладка), $x = 0,3$:- 0,33 при $D = 79$ мм (труба шорстка) і $x = 0,41$:- 0,46 при $D = 1000$ мм (труба практично гладка).

На другій ділянці від вихідній площині діафрагми до розрізу В-В тиск у стінки труби незначно (δ_2 / Δ в середньому дорівнює 2-3%) падає. Це можна пояснити впливом швидкості v_{cm} зворотного струму рідини біля стінки труби, що виникає в результаті ежектуючої дії основного потоку, який виходить з великою швидкістю v_b з отвору діафрагми. Логічно вважати, що v_{cm} залежить від v_b , а саме: $v_{cm} = zv_b$, де $z < 1$.

Значення z можна визначити зі спільного рішення рівнянь:

$$\delta_2 = x\rho v_{cm}^2 / 2 = x\rho z^2 v_b^2 / 2$$

$$Q_0 = \mu F_0 v_b = \alpha F_0 \sqrt{2 \Delta / \rho}$$

Вважаючи для простоти $\mu / \alpha = 1$, отримаємо

$$\delta_2 / \Delta = xz^2.$$

Вибираючи значення δ_2 / Δ і $\delta_2 / \Delta u$ з кривих на рисунках 4.7 і 4.8, а x з результатів попереднього підрахунку (криві δ_1 / Δ на рисунок 4.7), знайдемо, що зі зміною m в дуже широких межах від 0,1 до 7 значення z змінюється незначно від 0,16 до 0,27; цей висновок добре узгоджується з результатами дослідів з пофарбованої струменем рідини в скляній трубі.

Згідно дослідів, відносна відстань l_2/D від діафрагми до перетину В-В дещо зменшується зі збільшенням m .

На третій ділянці від перетину В-В до перетину С-С потік розширюється, його швидкість зменшується до $v_c = v_a$, а тиск зростає до значення p_c . Якщо позначити перепад тиску в діафрагмі через $\Delta = p_a - p_b$, а відновлену частину перепаду через $\delta_3 = p_c - p_b$, то залишкова втрата тиску $p_a - p_b$ буде дорівнювати $\Delta - \delta_3$. Вона визначається за формулою Борда-Карно

$$\Delta - \delta_3 = \rho (v_b - v_c)^2 / 2$$

Звідси, враховуючи, що $v_c = v_a$, отримаємо

$$\delta_3 / \Delta = km \approx m,$$

так як $k = 2\mu / (1 + \mu t) \approx 1$ для всіх значень t в межах від 0,05 до 0,6.
Відстань між перетинами В-В і С-С дорівнює $(4 \text{ :-: } 5) D$.

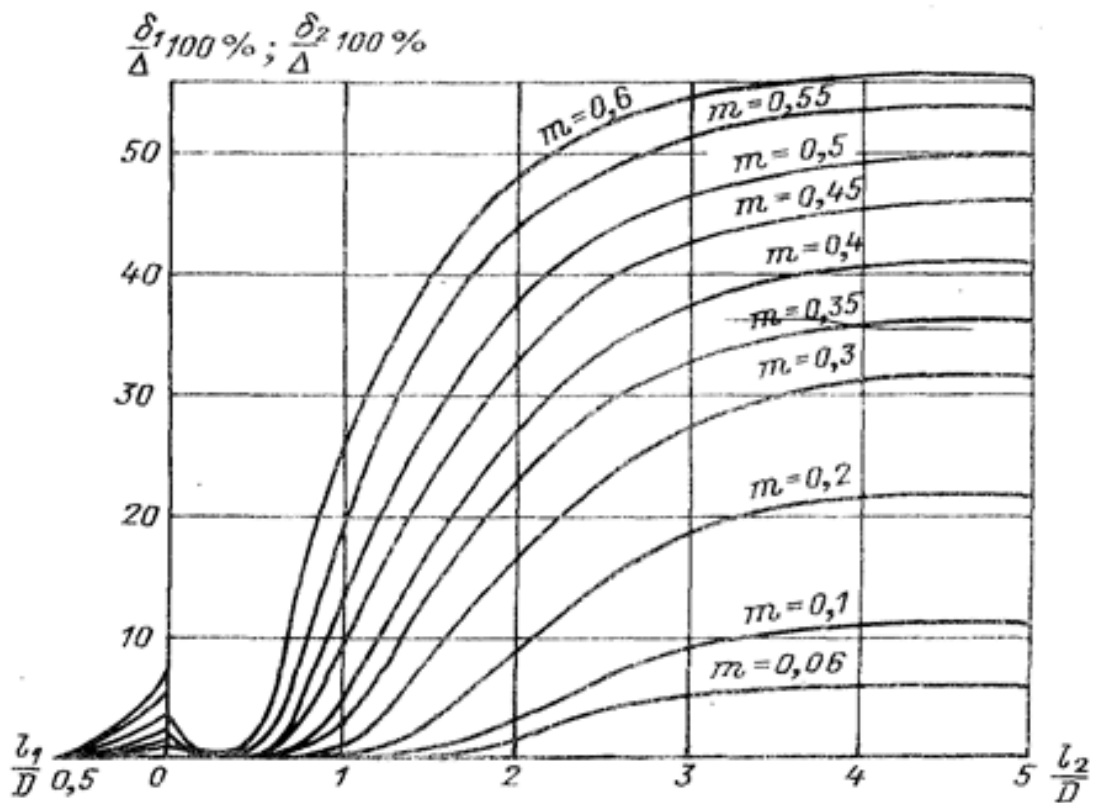


Рисунок 4.6. Розподіл тиску до і після діафрагми при різних m

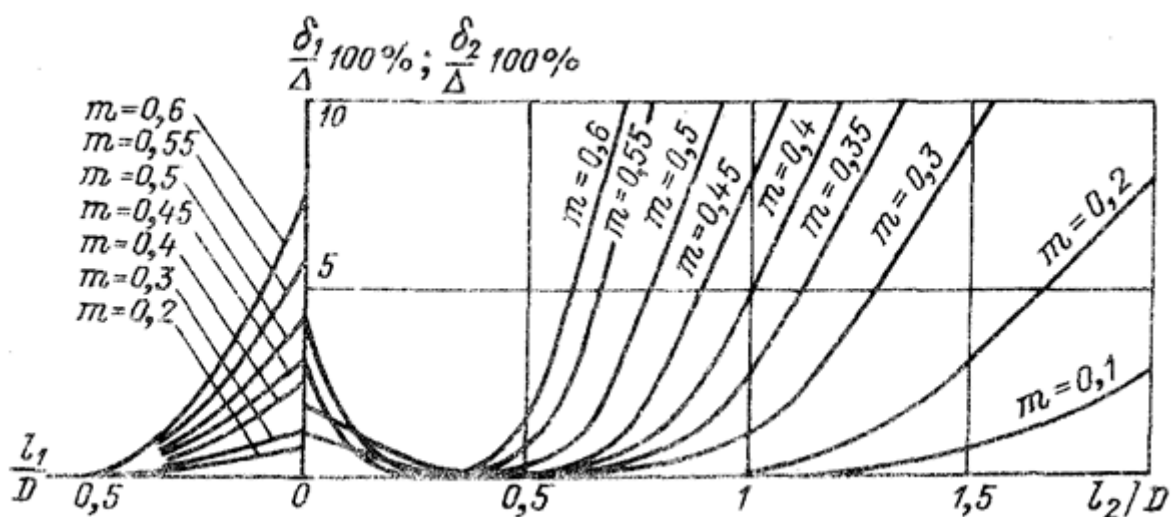


Рисунок 4.7 Розподіл тиску в безпосередній близькості віддіафрагми

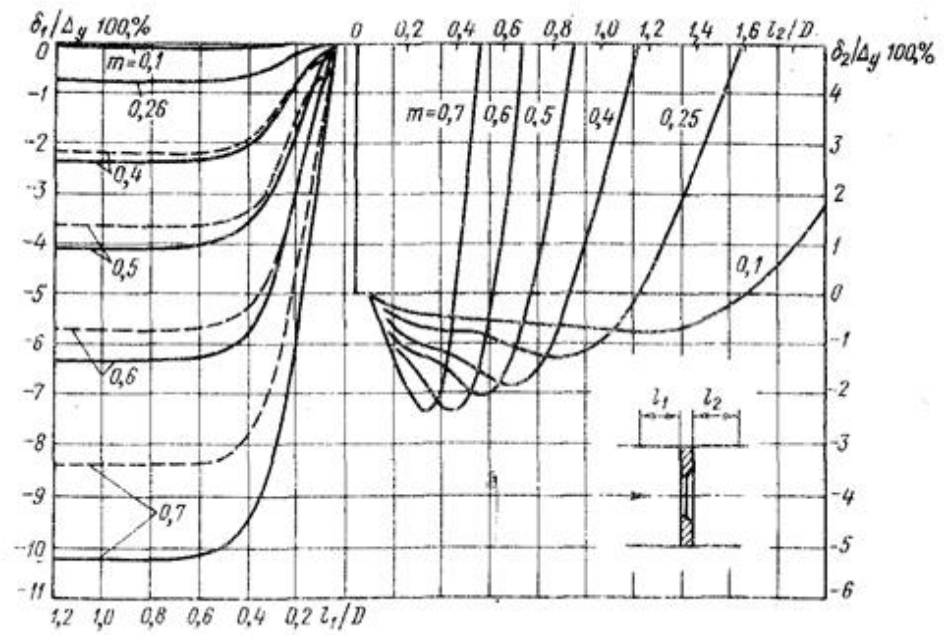


Рисунок 4.8. Розподіл тиску до і після діафрагми при використанні гладких (- - - -) і шорстких (- - - - -) труб

5 КОРЕКТОР ОБ'ЄМУ ГАЗУ В25

5.1 Призначення

Коректор об'єму газу В25 призначений для використання в промисловості. Перетворює обсяг газу, виміряний лічильником з імпульсним виходом типу «сухий контакт», в обсяг при стандартних умовах з урахуванням діючих робочих температури, тиску і хімічного складу газу згідно ГОСТ 30319.2-96. Коректор може застосовуватися при обліку газу, в тому числі комерційному, на газорозподільних пунктах, промислових об'єктах, об'єктах енергетики та комунального господарства. Коректор може застосовуватися в складі автоматизованих систем обліку газу.

Накопичує масиви даних часових, добових і задаються користувачем інтервалів часу, а також робочих та аварійних подій. Зчитування накопиченої архівної інформації проводиться через приладовий інтерфейс на комп'ютер. Інтерфейс трьохпровідний з одночасним підключенням до двадцяти коректорів і передачею інформації на відстань до 2500 м. Реалізована телефонно-модемний зв'язок. Реалізовано програмний комплекс мережевого автоматичного збору даних. Можливість безпосередньої роздрукування звітів на принтері реалізована за допомогою адаптера В25А. Коректор реалізує обчислення за методами NX-19 mod., GERG-91 mod., УС АGA8- 92DC (за замовленням клієнта).

Має кілька мов діалогу, в тому числі російський, український, англійська. Працює від вбудованої літієвої батареї, що забезпечує термін служби до 10 років при роботі індикатора не більше 5 хвилин на добу. Реалізовано автоматичний перехід на зимовий і літній час, зимовий і літній режими роботи по витраті газу, режим відкладеного до заданого часу введення параметрів газу.

До складу коректора входять: обчислювач, датчик тиску, датчик температури, а також як додаткові опції: перехідник RS232 зв'язку (телефонним

модемом, адаптером), кабельний розгалужувач, інтерфейсний кабель, адаптер В25А.

Обчислювач відповідає ГОСТ 22782.0-81, ГОСТ 22782.5-78 і може встановлюватися у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок, які регламентують застосування електрообладнання у вибухонебезпечних зонах. Коректор укомплектований датчиками тиску і температури.

Кабель інтерфейсу використовується для інтегрування коректорів в інформаційну мережу і зчитування накопиченої інформації через перехідник RS232.

5.2 Технічні дані

Коректор забезпечує:

- Вимірювання:
- Температури (К, °С) і абсолютного тиску газу (кПа, МПа),
- Об'єм газу в робочих умовах (м³),
- Об'єм газу при стандартних умовах (м³) при абсолютному тиску 0,101325 МПа і температурі 20 °С,
- Індикацію:
- Накопиченої витрати газу при стандартних умовах (м³),
- Накопиченої витрати газу в робочих умовах (м³),
- Поточної годинної витрати газу при стандартних умовах (м³ / год),
- Поточної годинної витрати газу в робочих умовах (м³ / год),
- Робочих температур (К, °С) і абсолютного тиску газу (кПа, МПа),
- Коефіцієнта корекції і коефіцієнта стисливості газу,
- Часу роботи, поточного часу і дати,
- Максимальної та мінімальної теплоти згорання газу (МДж / м³) та інших параметрів системи.

Вимірювання температури газу: використовується термоперетворювач

опору з характеристикою Pt 1000 с чотирьохпроводною схемою підключення. Діапазон вимірювання - $-40 \dots +70^{\circ}\text{C}$ ($230 \dots 340\text{K}$). Межа абсолютної похибки вимірювання - $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Вимірювання тиску газу: Використовується температурно-компенсований датчик (первинний перетворювач) абсолютного тиску з шестипроводною схемою підключення. Діапазон вимірювання - $(0,07 \dots 1) \cdot P_{max}$, де P_{max} - 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16 МПа - верхня межа робочого діапазону вимірювання абсолютного тиску. Для датчиків з P_{max} 0,2; 0,3 і 0,5 МПа нижня межа вимірювання абсолютного тиску встановлений рівним 0,07 МПа. Межа відносної похибки вимірювання - $\pm (0,15 + 0,03 \cdot P_{max} / P_u)\%$, де P_u - виміряний тиск. Гранично допустимий тиск на вході датчика - $1,5 \cdot P_{max}$.

Підключений лічильник газу: вихід - нормально замкнутий (розімкнутий) типу «сухий контакт» з частотою імпульсів до 50 Гц. Ціна одиниці імпульсу лічильника газу може бути в межах $0,001 \dots 1000 \text{ м}^3$.

Системні параметри коректора: Межа відносної похибки коректора при вимірюванні об'єму газу за стандартних умов - $\pm (0,2 + 0,03 \cdot P_{max} / P_u)\%$, тобто при абсолютному тиску газу від $0,3 \cdot P_{max}$ до P_{max} значення зазначеної похибки знаходиться в межах: $\pm 0,3\%$.

Похибка вимірювання часу - не більше $\pm 5\text{с}$ за 24 години.

Відносна похибка перетворення вхідних сигналів лічильника газу та обчислення обсягу газу за робочих умов - не більше $\pm 0,01\%$.

Максимальна ємність лічильника об'єму - 4200000 000,0 м³.

Дисплеї час роботи коректора не менше 10 років

Кількість розрядів індикатора для відображення: температури - 5, тиску - 6, обсягу - 11, витрати - 5, часу роботи - 9, коефіцієнта корекції - 9. Ціна одиниці молодшого розряду для індикації: температури - 0,01 К, °С, тиску - 0,0001 МПа, обсягу - 0,1 м³, витрати - 0,1 ... 0,00001 м³ / год, часу - 1 с, коефіцієнта корекції - 0,000001. Цикл опитування датчиків - 5 ... 60 с.

Коректор накопичує архівну інформацію про середні і накопичених значеннях вимірюваних параметрів (температури, тиску, обсягу газу в робочих і при стандартних умовах) за добу, годинник і запрограмованих користувачем інтервали часу в межах 5 ... 30 хвилин. Також формується архів подій, аварійних і робочих, де містяться дані про помилки в роботі коректора, про внесення змін до системних параметрів, корекції поточного часу, зміни складу газу. Обсяг добового архіву вимірюваних параметрів становить 1,5 року, часового - 45 діб, додаткового (задається користувачем) - 250 записів, подій - 250 записів. Добові архіви формуються з урахуванням заданої контрактної години. Є можливість виведення на індикатор обсягу газу, накопиченого за поточні і будь-які з попередніх 45 діб.

Коректор призначений для безперервної роботи. Вбудована батарея живлення забезпечує працездатність строком до десяти років. Забезпечуються необхідні параметри через дві хвилини після установки коректора. Для економії харчування індикатор включається після натискання на будь-яку з кнопок і вимикається через 30 секунд після останнього натискання. Максимальний термін служби батареї забезпечується при циклі опитування датчиків не менше 30 с і при одночасному виборі методу обчислень за методами NX-19 mod. або GERG-91 mod. За інших рівних умов тут рекомендується вибір методу ERG-91 mod., Що характеризується в порівнянні з NX-19 mod. Меншою методичною похибкою і ширшими робочими діапазонами температури, тиску і теплоти згорання газу. При цьому досягається рівень споживання струму батареї порівняємо з струмом саморозряду, і час роботи батареї визначається терміном її служби. При зниженні циклу опитування датчиків енергоспоживання від батареї пропорційно зростає. Використання методу обчислень УС AGA8-92DC збільшує енергоспоживання приблизно в чотири рази. Використання комп'ютера забезпечує: зчитування архівної інформації і формування баз даних, друк від-парних документів, функцію віддаленого індикатора, модемний зв'язок, режими перевірки та завдання системних параметрів і установок.

Коректор зберігає свої характеристики в межах норм при температурі навколишнього повітря – 30 ... + 60 °С, атмосферному тиску від 66 до 106, 7 кПа, відносній вологості до 95% при температурі 35 °С без конденсації вологи. Ступінь пиловологозахисту - IP65. Міцність електричної ізоляції: приладового інтерфейсу обчислювача - 500 В, приладового інтерфейси перехідника RS232 - 1500 В. Стійкість до впливу синусоїдальних вібрацій високої частоти по групі V1 ГОСТ 12997. Середнє напрацювання на відмову - 50000 год. Середній повний термін служби не менше 10 років. Маса обчислювача не більше 0,5 кг, габаритні розміри не перевищують 135x125x42мм.

5.3 Пристрій і принцип роботи. Забезпечення вибухозахищеності

Обсяг газу при стандартних умовах V_n при температурі T_n і тиску P_n пов'язані з обсягом газу в робочих умовах V_w при температурі T_w і тиску P_w співвідношенням виду

$$V_n = V_w \cdot (P_w \cdot T_n) / (P_n \cdot T_w \cdot K) = V_w \cdot C_f,$$

де K - коефіцієнт стисливості, який визначається температурою, тиском і компонентним (хімічним) складом газової суміші,

C_f - коефіцієнт корекції газу.

Наведене співвідношення реалізується обчислювачем коректора. Обчислювач виконаний в прямокутному алюмінієвому корпусі з трьома кнопками управління і рідкокристалічним індикатором. На лицьовій панелі є написи з найменуванням виробу «Коректор об'єму газу В25», а також пояснюють призначення елементів управління і комутації. Кнопка із стилізованою точкою виконує функцію вводу - старту. Дві кнопки зі стрілками, ліва і права, виконують функцію вибору. Надалі по тексту ці кнопки називаються, відповідно, кнопками «КВ», «КЛ» і «КП».

Іскробезпека коректора забезпечується обмеженням струму в його електричних ланцюгах до безпечних значень, гальванічним поділом іскробезпечних електричних ланцюгів інтерфейсного виходу обчислювачів і іскробезпечних електричних ланцюгів перехідника RS232 від комп'ютера

(модему), вибором параметрів схем електричних принципів відповідно до ГОСТ 22782.5-78.

Застосована в обчислювачі літієва батарея LS14500 ємністю 2,75А / год іскробезпечна і має вихідні параметри: $U_{x.x} = 3,67$ В; $I_{к.з.} = 1,8$ А. Ємності конденсаторів, електричної принципової схеми обчислювача не перевищують допустимих значень по ГОСТ 22782.5-78.

В обчислювачі застосований інтерфейсний вузол на оптронах, що здійснює гальванічне розділення обчислювачів коректорів при включенні їх в інформаційну мережу.

Іскробезпека електричних ланцюгів інтерфейсних виходів обчислювачів в інформаційній мережі забезпечується обмеженням струму в ланцюгах приладового інтерфейсу перехідника RS232 (струм двох послідовно включених літієвих батарей типу LS14500 загальною напругою 7,34 В у складі перехідника RS232 обмежується резисторами) і значенням допустимої сумарної ємності конденсаторів обчислювачів за умови одночасного включення в інформаційну мережу до двадцяти коректорів.

У перехіднику RS232 по входу зв'язку з комп'ютером (модемом) є захист від перенапруги, реалізована на плавких запобіжниках і стабілітронах. Додатково допомогою оптронів виконано гальванічне розділення іскробезпечних електричних ланцюгів приладового інтерфейсу. Друкована плата перехідника RS232 залита з двох сторін герметиком. Реалізована нерозбірна конструкція перехідника. Параметри вихідних іскробезпечних електричних ланцюгів перехідника: $U_o = 7,34$ В; $I_o = 100$ мА; $C_o = 10$ мкФ; $L_o = 2,3$ мГ; $P_o = 0,734$ Вт.

5.4 Порядок роботи

Програма функціонування коректора (див. РК 14.03.СХ) містить шість режимів індикації: індикація основних параметрів, індикація додаткових параметрів, редагування параметрів, перегляд 45-ти добового архіву, сервісний режим і режим захисту корекції. При натисканні будь-якої кнопки активізується індикатор і відбувається введення в індикацію основних параметрів. Переміщення

вправо і вліво за програмою проводиться, відповідно КЛ і КП. Переміщення вгору-вниз - КВ.

Індикація основних параметрів дозволяє переглянути всі вимірювані величини: об'єм газу при стандартних умовах V_c , робочий об'єм газу V_w по лічильнику, сумарний обсяг газу $V \cdot \Sigma (V_w + V(Q_{min}))$, робочий (A_w) і приведений до стандартних умов (A_c) при аварійному режимі роботи, витрата газу за годину при стандартних умовах Q_c , часовий витрата газу в робочих умовах Q_w , робочу температуру T_w і тиск P_w (оновлення в ручному режимі - КВ), коефіцієнт стисливості K і коефіцієнт корекції газу C_f , загальне робочий час і поточний час коректора.

Перегляд аварійних повідомлень, їх дата виникнення і тривалість здійснюється з пункту поточні повідомлення, в якому відображається загальний час аварійних ситуацій і кількість встановлених повідомлень на поточний час. Поточна помилка при перегляді відзначена «□».

Аварійним режимом роботи коректора є вихід робочої витрати за встановлений $Q_{max}(Q_w > Q_{max})$, вихід тиску за встановлені межі ($P_w > P_{max}$ або $P_w < P_{min}$), вихід температури за встановлені межі ($T_w > T_{max}$ або $T_w < T_{min}$), встановлені користувачем і методом розрахунку, помилка датчика тиску і помилка датчика температури. До попереджень відносяться повідомлення витрата менше $Q_{min}(Q_w < Q_{min})$ і низька напруга - потрібно замінити батарею.

Детальну інформацію про параметри подій см. в архівах робочих та аварійних подій. Якщо нижня межа Q_{min} робочого діапазону зміни витрати встановлена рівною нулю (може бути рекомендовано для низькочастотних лічильників газу з періодом проходження імпульсів більше 1 хвилини), коректор виробляє накопичення робочого об'єму газу і, відповідно, обсягу газу при стандартних умовах з урахуванням кожного імпульсу лічильника газу поза Залежно від величини витрати газу. Якщо Q_{min} не дорівнює нулю, визначення обсягу газу в робочих умовах проводиться з урахуванням значення поточної

витрати газу в робочих умовах: якщо витрата газу стає менше Q_{min} , при накопиченні обсягу інтегрується витрата, відповідно Q_{min} .

При цьому витрата приймається рівним нулю, якщо період проходження імпульсів лічильника газу перевищує 1 годину. Витрата перераховується по приходу імпульсу від лічильника газу, тоді ж відбувається заміна обсягу $V(Q_{min}, t)$ за умови що $Q_w < Q_{min}$, де t - час між імпульсами.