

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РОБОТОТЕХНІКИ

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК**
до практичних робіт
для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузі знань
15 «Автоматизація та приладобудування»
та 18 «Виробництво та технології»
усіх форм навчання

Черкаси 2020

УДК 681.7 (076)
П79

*Затверджено вченою радою ФЕТР,
протокол №9 від 24.06.2020 р.,
згідно з рішенням кафедри
приладобудування, мехатроніки та
комп'ютеризованих технологій
протокол № 9 від 23.06.2020 р.*

Упорядники: Тичков В.В., к.т.н., доцент, Гальченко В.Я., д.т.н.,
професор, Трембовецька Р.В., к.т.н., доцент, Базіло К.В., к.т.н., доцент.
Рецензент: Бондаренко М.О., д.т.н., доцент.

Автоматизація виробничих процесів. Технічні засоби автоматизації. Навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступенів «бакалавр» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання [Електронний ресурс] / [Упоряд. В.В. Тичков, В.Я. Гальченко, Р.В. Трембовецька, К.В. Базіло]; М-во освіти и науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. - Черкаси: ЧДТУ, 2020. - 321 с.

Видання поглиблює знання здобувачів освітнього ступеня «бакалавра» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» з критеріями вибору технічних засобів автоматизації виробничих процесів. Запропоновані сучасні технічні засоби автоматизації та приклади практичних розрахунків з використанням пакету прикладних програм MathCAD та CurveExpert.

Навчальне електронне видання
мережного використання

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.

Навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступенів «бакалавр» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання

упорядник: **Тичков Володимир Володимирович**
Гальченко Володимир Якович
Трембовецька Руслана Володимирівна
Базіло Костянтин Вікторович
В авторській редакції.

ВСТУП

Приладобудівна, харчова та переробна промисловості з кожним роком набувають нових темпів розвитку. Прискоренню прогресу в даних галузях промисловості сприяє автоматизація виробничих процесів.

Комп'ютери, мікроконтролери та мікропроцесорна техніка, що впровадилися в промисловість, сприяли тому, що в даних галузях стали використовуватися найновітніші, технічно складні автоматизовані системи управління. Саме вони привели до того, що був інтегрований в єдине ціле весь виробничий процес на підприємствах приладобудівної, харчової та переробної промисловості.

До сьогодні головним завданням автоматизації даних галузей є формування комп'ютерно-інтегрованого виробництва. Для цього створюються різні комплекси програм, що дозволяють інтегрувати процес управління на підприємстві або заводі. Автоматизується в даному випадку не окремий виробничий процес, а цілий комплекс, який характеризується складними взаємозв'язками між його підсистемами. Останнім часом були розроблені такі автоматизовані системи управління вищевказаних виробничих процесів, які мають широкий спектр функціональних можливостей. Технічні параметри даних систем поставлені таким чином, що система працює оперативно, швидко і надійно. Також вона дуже комфортна у використанні оператором.

Багатофункціональність автоматизованої системи управління виробничих процесів ґрунтується на можливості різноманітного графічного зображення інформації. Так сучасні системи дозволяють оперативно створювати динамічні мнемосхеми, графіки, таблиці та інші. Робота проводиться не тільки з реальними даними, а й з тими, що були збережені та заархівовані. При розробці автоматизованої системи управління виробничими процесами застосовуються багатоконтурні системи. У них реалізуються такі важливі принципи, як адаптація та компенсація, а також розкриваються структури каскадних систем, системи тривожної сигналізації та інших.

Даний посібник являється продовженням серії посібників для дисципліни «Автоматизація виробничих процесів» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузей знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання. Перша частина [1] була присвячена теплообмінним процесам у виробництві, друга частина [2] була присвячена дифузійним процесам (обладнанню для сушіння) у виробництві.

Даний посібник дає уяву про технічні засоби в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та передбачає виконання трьох практичних робіт.

Опанування навчального матеріалу посібника в процесі вивчення дисципліни «Автоматизація виробничих процесів» (за галузями діяльності) допомагає здобувачам або набути наступних компетентностей:

- здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації

експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування (ПК₂);

- здатність виконувати електричні та інженерні розрахунки широкого класу пристроїв, математично описувати та досліджувати їх характеристики, складати та досліджувати моделі фізичних процесів, проводити експерименти на функціонуючих об'єктах (ПК₃);

- здатність проектування систем автоматизації з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів (ПК₆);

- здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації (ПК₇).

- врахування комерційного та економічного контексту при проектуванні систем автоматизації (ПК₂₁);

- здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування (ПК₂₂).

Опанування навчального матеріалу посібника сприяє оволодінню такими програмними результатами навчання:

- ПР04. Розуміє суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміє проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

- ПР07. Вміє застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних виробничих параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

- ПР08. Знає принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміє обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; має навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

- ПР09. Вміє проектувати багаторівневі системи керування і збору даних для формування бази параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу, використовуючи новітні комп'ютерно-інтегровані технології.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Вимірювальним приладом називають механізми і пристрої, що мають рухомі частини і елементи, розміщення, форма і стан яких змінюється відповідно із зміною вимірюваної величини, утворюючи візуально при цьому число. Всі вимірювальні прилади можна поділити на два види: самопоказуючі і з ручним наведенням (компаруючі). Показуючі (самопоказуючі) прилади у робочому стані, неперервно, без участі людини показують на шкалі значення вимірюваної величини; прилад змінює покази при зміні вимірюваної величини, а спостерігач тільки читає готовий результат. Приклади: амперметр, манометр. Приладами з наведенням називаються такі, при використанні яких вимагається ряд допоміжних (ручних) дій спостерігача, крім того у комплект такого приладу обов'язково входять міри. Наприклад: настільні гирьові ваги.

Показуючий вимірювальний прилад — це механізм, положення рухомої частини якого залежить від значення вимірюваної величини. Переміщення рухомих частин будь-яких механізмів, у тому числі і рухомих частин електровимірювальних приладів, може відбуватися тільки під дією відповідної механічної сили із затратаю певної роботи на подолання тертя і на зміну запасу потенціальної енергії у даній механічній системі. Тому у кожному показуючому електровимірювальному приладі повинно відбуватися створення механічних сил і роботи за рахунок енергії електричного і магнітного поля. Це може бути здійснено різними способами. Залежно від характеру явища, що використовується для створення необхідної механічної сили, різні види електровимірювальних приладів отримали назви, які характеризують принцип дії приладу. Наприклад, прилад, який використовує механічну взаємодію поля постійного магніту з електричним струмом називають магнітоелектричним приладом; прилад, який використовує тепловий ефект при проходженні струму через опір, називають приладом теплової системи та інші.

У деяких випадках прилад оснащується додатковим пристроєм-перетворювачем для перетворення підведеного до приладу струму чи напруги у струм, величина і рід якого більш зручні для використання у вимірювальному механізмі. Наприклад у термоперетворювачах змінний струм перетворюється у постійний. Вимірювальні (аналогові) прилади відрізняються простотою і високою надійністю і випускаються з класами точності до 0,05 включно. За конструктивним виконанням прилади поділяються на електромеханічні та електронні. Електромеханічний прилад складається з вимірювального кола (схеми), вимірювального механізму і додаткових елементів.

Вимірювальним механізмом називають електромеханічний прилад, положення рухомих частин якого функціонально залежить від підведених до нього електричних струмів або напруг; призначенням вимірювального механізму є перетворення підведеної до нього електричної енергії у механічну енергію, яка необхідна для переміщення рухомої частини механізму і зв'язаного з нею вказівника (стрілки).

Вимірювальною схемою називають сукупність активних і реактивних

опорів, які служать для перетворення вимірювальної величини (напруга, струм, потужність, опір та інші) у струм або напругу, що підводяться до вимірювального механізму

1.1 Методи вимірювань

Залежно від того, як отримують результати вимірювань, вимірювання поділяються на: прямі, непрямі і сукупні. Якщо результат вимірювання безпосередньо дає шукане значення досліджуваної величини, то таке вимірювання належить до *прямих*. Наприклад, вимірювання струму амперметром.

Якщо вимірювану величину доводиться визначати на основі прямих вимірювань інших фізичних величин, з якими вимірювана величина зв'язана певною залежністю, то вимірювання називається *непрямим*. Наприклад, вимірювання опору елемента електричного кола при визначенні напруги вольтметром і струму амперметром. При непрямому вимірюванні можливе суттєве зниження точності порівняно з точністю при прямому вимірюванні через додавання похибок прямих вимірювань величин, які входять у розрахункові формули.

У деяких випадках кінцевий результат виводиться з результатів декількох груп прямих і непрямих вимірювань окремих величин, причому досліджувана величина залежить від вимірюваних величин. Таке вимірювання називають *сукупним*. Наприклад, визначення температурного коефіцієнта опору матеріалу при різних температурах. Сукупні вимірювання характерні для лабораторних досліджень.

Залежно від способу застосування приладів і мір прийнято розрізняти основні методи вимірювань: безпосереднє вимірювання, нульовий і диференційний методи.

При використанні *методу безпосереднього вимірювання* (або безпосереднього відліку) вимірювана величина визначається шляхом безпосереднього підрахунку показів вимірювального приладу або безпосереднього порівняння з мірою даної фізичної величини (вимірювання струму амперметром, вимірювання довжини метром). У цьому випадку верхньою межею точності вимірювань є точність приладу, яка не може бути високою.

При вимірюванні *нульовим методом* зразкова (відома) величина (або ефект її дії) регулюються і значення її доводиться до рівності із значенням вимірювальної величини (або ефектом її дії). За допомогою вимірювального приладу у цьому випадку тільки домагаються рівності. Прилад повинен бути високої чутливості і він називається нульовим приладом або нуль-індикатором. Як нульові прилади при постійному струмі звичайно застосовуються магнітоелектричні гальванометри, а при змінному струмі — електронні нуль-індикатори. Точність вимірювання нульовим методом дуже висока і в основному визначається точністю зразкових мір і чутливістю нульових приладів. Серед нульових методів електричних вимірювань найважливішими є мостові і компенсаційні.

Мостові методи вимірювання застосовуються для вимірювання

параметрів резисторів, котушок індуктивності і конденсаторів. Основне призначення компенсаційного методу — це вимірювання малих ЕРС, наприклад термопари, і градування електровимірювальних приладів.

Ще більша точність може бути досягнута при *диференційних методах* вимірювання. У цих випадках вимірювана величина врівноважується відомою величиною, але до повної рівноваги вимірювальне коло не доводиться, а шляхом прямого відліку вимірюється різниця вимірюваної і відомої величини. Диференційні методи застосовуються для порівняння двох величин, значення яких мало відрізняється один від іншого.

1.2 Засоби вимірювань

Залежно від призначення прилади для вимірювання поділяють на ряд груп. Основна класифікація передбачає поділ приладів за родом вимірюваних величин. Умовно прийняті такі найменування найпоширеніших приладів, призначених для вимірювання:

температури — термометри, пірометри, тепловізори;

тиску — манометри, вакуумметри, нановакуумметри, тягоміри, напороміри і барометри;

витрати і кількості речовини — витратоміри, лічильники і ваги;

рівня рідини і сипучих тіл — рівнеміри і покажчики рівня;

складу газових сумішей та їх вологості — газоаналізатори і психрометри;

густини — денсиметри;

в'язкості — віскозиметри;

теплоти згорання — калориметри;

якості води і пари — кондуктометри, іономіри, полярографи і вимірювачі кисню.

Додаткова класифікація підрозділяє зазначені прилади на такі групи:

за призначенням - промислові (технічні), лабораторні, зразкові і еталонні;

за характером показань — ті, що показують і реєструють (самописні і друкуючі) та інтегруючі;

за формою подання показань — аналогові і цифрові;

за принципом дії — механічні, електричні, рідинні, хімічні, радіоізотопні та ін.;

за характером використання — оперативні, облікові і розрахункові;

за місцем розташування — місцеві і з дистанційною передачею показань;

за умовами роботи — стаціонарні (щитові) і переносні.

Промислові прилади є найпоширенішими засобами вимірювання, застосовуваними для практичних цілей, і мають порівняно просту і міцну конструкцію і високу надійність дії. Точність цих приладів, призначених для роботи в несприятливих умовах (за наявності пилу, вологи, вібрації та інші), порівняно невисока. Показання промислових приладів добре бачимо на відстані.

Лабораторні прилади служать звичайно для точних вимірювань. Ними користуються, як правило, при дослідницьких і налагоджувальних роботах. Для одержання великої точності вимірювання лабораторні прилади мають ретельне

виконання, удосконалені схеми і спеціальні пристосування для відліку показань. При користуванні цими приладами до їх показань вводяться виправлення, обумовлені дослідним або розрахунковим шляхом.

Еталонні і зразкові прилади призначені головним чином для перевірки засобів вимірювання. Еталонами називаються міри і прилади, призначені для зберігання одиниць вимірювання і відтворення їх з найвищою точністю. Еталони бувають первинними і вторинними. Найбільш точними є первинні еталони, які є державними еталонами одиниць вимірювання. Значення вторинних еталонів устанавлюються за первинними. До вторинних відносять також робочі еталони, призначені для передачі розмірів одиниць зразковим мірам і приладам. Зразкові прилади використовуються для передачі шляхом перевірки і градування правильних значень одиниць вимірювання від еталонів до інших приладів. Зразкові прилади бувають чотирьох розрядів залежно від їхньої точності і способів перевірки. Прилади 1-го розряду перевіряються тільки за робочими еталонами, 2-го розряду - за приладами 1-го розряду та інші.

Прилади, що показують, дають миттєве значення вимірюваної величини, відлічуваної за шкалою, а **прилади, що реєструють**, записують зміну цього значення в часі на діаграмному папері (самописні прилади) або друкують ці показання в цифровій формі (друкуючі прилади).

Самописні прилади виконуються для запису однієї (одноточкові, або одноканальні прилади) або декількох (багатоточкові, або багаканальні прилади) вимірювальних величин.

Інтегруючі прилади (лічильники або інтегратори) дозволяють визначати сумарне значення вимірюваної величини за будь-який проміжок часу. Для цього показання приладу відраховують на початку і кінці вимірювання, і сумарне значення вимірюваної величини визначається як різниця між кінцевим і початковим відрахуванням.

Аналогові прилади дають показання у вигляді безперервної функції вимірюваної величини. До них відносять, наприклад стрілочні, що показують, і більшість самописних приладів.

Цифрові прилади мають показання у вигляді окремих дискретних сигналів вимірюваної інформації в цифровій формі. До цих приладів входять прилади-показчики із цифровим відліком, друкуючі і більшість самописних.

Оперативні прилади є промисловими засобами вимірювання. За їх показниками проводиться керування роботою виробничих установок. Ці прилади мають велике значення для забезпечення корисної експлуатації виробничого устаткування, виконуються приладами-показчиками і самописними приладами.

Облікові і розрахункові прилади служать відповідно для технічного обліку роботи установок і взаємних розрахунків, бувають самописними та інтегруючими.

Місцеві прилади встановлюються безпосередньо в місцях вимірювання. У більшості випадків вони призначаються для менш відповідальних спостережень, а також для періодичних вимірювань при пуску і зупинці агрегатів.

Прилади з дистанційною передачею показань на щити керування є

основним видом промислових приладів, що забезпечують централізацію контролю за роботою установок. Промислові вимірювальні прилади звичайно є стаціонарними, тобто призначеними для установлення (монтажу) на щитах, стінах, колонах, кронштейнах та ін. Більшість інших приладів (лабораторні, зразкові та ін.) виконуються переносними, установлюваними при вимірюваннях на столах, стендах та інші

Види приладів

Щитові вимірювальні прилади. Для них характерно загально промислове виконання, вузько направлене використання, постійний моніторинг результатів вимірювання. Як приклад - стаціонарні амперметри та вольтметри, вмонтовуються безпосередньо в приладову панель.

Портативні вимірювальні прилади. У даній групі знаходяться пристрої мобільні, які потребують постійного місця перебування. Приклад - портативні прилади для вимірювання параметрів води, характеристик ґрунту.

Барографи. Складніша вимірювальна техніка. Характеризується можливістю підключення декількох видів сигналів, їх обробки та подання в наочному вигляді на своєму табло.

Реєстратори та самописці. Складні пристрої. В окремих випадках є ядром системи. Їх функціоналу найчастіше досить, щоб вирішити всі завдання з централізованого контролю виробничого процесу.

Нормуючі перетворювачі. Призначення приладів зводиться до перетворення різноманітних типів сигналів або їх параметрів в уніфіковані струмові або потенційні (по напрузі) сигнали виходу.

Аналогові перетворювачі. Пристрої забезпечують підключення датчиків з передачею їх сигналу на аналоговий вихід перетворювача, зазвичай - ізольований.

Цифрові перетворювачі. Пристрої як правило програмовані і багатофункціональні. Використовують мікропроцесори і АЦП.

Великогабаритні цифрові дисплеї. Прилади, почасти схожі з барографами і щитовими вимірювальними приладами. Забезпечують індикацію отриманих вимірювальних параметрів.

Сучасна промислова автоматика включає в себе кілька основних видів робочого устаткування:

- **Програмовані контролери** призначені для автоматизації процесів управління обладнанням. Робота більшості сучасних технічних засобів АСУ ТП будується на використанні контролерів. Контролери дозволяють значно зменшити роль людського фактору в робочих процесах і підвищити продуктивність обладнання.

- **Панелі оператора** використовуються для управління багатьма виробничими і виробничими процесами. Використання панелей при роботі з іншим промисловим обладнанням забезпечує просту настройку роботи автоматичної системи управління, а також при наявності дисплея відображає всю необхідну інформацію про поточний стан обладнання і процесів, що протікають.

- **Лічильники** призначені для підрахунку частоти виникнення певних подій, а також для акумуляції отриманих величин протягом часу. Використання

лічильників спільно з іншими пристроями автоматики дозволяє автоматизувати робочі процеси і налаштувати роботу в залежності від підрахунку.

- **Таймери** призначені для відстеження часу роботи системи і завдання моменту запуску і зупинки обладнання. Таймери для вимірювання часу можуть запускатися при старті роботи системи автоматично з можливістю зупинки в момент зупинки обладнання чи ж управлятися вручну. Використання таймерів в рамках систем управління промислової автоматикою дозволяє налаштувати обладнання таким чином, щоб початок і кінець роботи здійснювалися в заданий час.

- **Промислові джерела живлення** розроблені для забезпечення робочого обладнання в рамках різних виробничих процесів необхідним електроживленням з необхідними характеристиками. Промислові джерела живлення служать для подачі на пристрої автоматики необхідної потужності, для перетворення і стабілізації напруги, для забезпечення додаткової електричної захисту. Деякі моделі дозволяють регулювати характеристики живлення безпосередньо в процесі роботи, здійснювати автоматичне керування і віддалений контроль роботи.

- **Регулятори потужності** призначені для плавного управління поданого навантаження на робоче обладнання. Регулювання потужності дозволяє підтримувати необхідну напругу струму в робочій мережі, а також забезпечує додатковий захист при роботі з промисловою автоматикою.

- **Контролери датчиків** призначені для підключення різних видів датчиків до робочого обладнання, а також управління ними. В рамках систем управління на базі промислової автоматики контролери можуть доповнювати датчики різними функціями, забезпечувати перетворення струму в необхідні показники, керувати кількома датчиками одночасно.

- **GSM-контролери** дозволяють дистанційно керувати робочим обладнанням завдяки роботі в GSM-мережі. Використання GSM-контролерів дозволяє забезпечити зв'язок обладнання без необхідності безпосереднього з'єднання між собою і отримувати інформацію про робочих процесах на стільниковий телефон. Управління також може здійснюватися з телефону при заданні відповідних параметрів при установці контролерів.

- **Ємнісні датчики наближення** широко поширені в промисловості і застосовуються практично у всіх галузях. Ємнісні датчики наближення порівняно недорогі, але надійні.

- **Ультразвукові датчики** являють собою різні види датчиків контролю, що працюють на принципі аналізу звукових хвиль, що мають певну довжину. При роботі з промисловим обладнанням ультразвукові датчики можуть використовуватися для контролю положення, рівня, відстані та інші.

- **Оптичні датчики** призначені для безконтактної роботи з різними об'єктами контролю. Датчики оптичного дії працюють за допомогою інфрачервоного, видимого або ультрафіолетового випромінювання і застосовуються для виробничих процесів, що працюють з об'єктами, недоступними для інших форм контролю, в тому числі прозорими предметами,

парами, димом і ін.

- **Індуктивні датчики положення** призначені для контролю наявності металевих об'єктів в активній зоні дії датчика. Датчик застосовується в основному з метою збору інформації про знаходження і переміщення окремих металевих елементів, а також деталей і органів машин і механізмів.
- **Датчики для автоматичних дверей і воріт**, щоб керувати автоматичним дверним приводом. Датчики визначають присутність або відсутність контрольованого об'єкта безпосередньо в зоні своєї дії, подаючи відповідні сигнали на привід управління автоматичними дверима.
- **Енкодер або датчики кута повороту** представляють групу приладів, призначених для перетворення вимірюваного параметра виробничого процесу в електричний сигнал. Енкодери розроблені для вимірювання кута повороту різних обертових об'єктів та елементів системи, що дозволяє вимірювати і контролювати процес обертання і переміщення об'єктів з плином часу.
- **Засоби візуалізації даних**, перш за все, включають в себе спеціалізоване програмне забезпечення для настройки робочого обладнання, збору і аналізу інформації, яка надходить від нього, а також пристрої для безпосереднього візуального відображення - дисплеї та монітори.
- **Перемикачі і кнопки в промисловості** використовуються для замикання і розмикання ланцюга керування або перемикання станів ланцюга між різними режимами.
- **Сигнальні лампи** призначені для оптимізації роботи оператора виробничого процесу обладнання за допомогою сигналізації про поточні стани ланцюгів управління.
- **Зумери в промисловості** застосовуються для звукової сигналізації роботи обладнання і звукового супроводу різних виробничих процесів.

В рамках кожної групи представлена велика кількість підгруп і моделей, що виконують різні функції і мають відмінні технічні характеристики. Виходячи з вимог кожного конкретного виробничого процесу, відбувається вибір між тим чи іншим пристроєм автоматички. Також часто випускаються пристрої, що поєднують в собі можливості кількох видів обладнання для економії робочого простору, зниження енергоспоживання і скорочення інших витрат.

1.3 Похибки вимірювальних приладів

При багаторазовому вимірюванні певної величини легко переконатися, що результат вимірювання увесь час змінюється, тобто в кожному випадку спостерігається відхилення результату вимірювання від середнього значення вимірювальної величини. Крім того, проведення вимірювань тієї самої величини в інший проміжок часу дає не тільки інші відхилення від середнього значення, але й інше середнє значення вимірювальної величини. Це пояснюється тим, що вимірювальна фізична величина досліджуваного тіла так само, як і використовувана міра, протягом часу вимірювань зазнає змін. Ці зміни викликані впливом зовнішніх факторів: зміною температури навколишнього середовища, атмосферного тиску, вологості повітря, вібрації приміщення, електростатичними

блукуючими зарядами, струмами і так далі. Отже, “точне” визначення вимірювальної величини, тобто без появи певних відхилень при багаторазових вимірюваннях, неможливе.

Відхилення від середнього результату вимірювань ми називаємо помилками, або похибками вимірювань, і в підсумку вимірювань зазначаємо не тільки середню величину, але і можливе відхилення від цієї величини. Наприклад, довжина тіла дорівнює $1,2 \pm 0,3$ м.

На практиці при постановці вимірювального завдання потрібно не просто визначити значення вимірюваної величини, але і визначити її з максимально припустимою похибкою. Максимально припустима похибка визначається технологією подальших практичних дій з матеріальним об'єктом. Таким чином, визначення похибки результату вимірювання є не самоціллю, а вимогою практики.

Похибка – кількісна характеристика невизначеності, або неоднозначності, результату вимірювання. Її оцінюють, виходячи із всієї інформації, накопиченої при підготовці і виконанні вимірювань. Цю інформацію обробляють для спільного одночасного визначення остаточного результату вимірювання і його похибок. Остаточний результат не можна розцінювати як “істинне значення” вимірюваної фізичної величини, тому що в цьому нема сенсу через наявність похибки.

З вищесказаного зрозуміло, що чим більшу кількість однакових вимірювань ми проводимо за одиницю часу, тим більше осереднюємо вплив зовнішніх факторів на вимірювальну величину, тим менше відхилення від середнього значення вимірювальної величини, тобто менше похибка вимірювання.

Основними джерелами похибок вимірювань може бути таке:

1. **Похибка інструмента.** Вимірювальний прилад неможливо виготовити абсолютно точно.

2. **Похибка методу вимірювань.** Наприклад, при зважуванні тіла ми не враховуємо виштовхувальну силу повітря, а вона по-різному впливає на тіла, що мають різну густину.

3. **Похибки, пов'язані з фізіологією спостерігача.** Наприклад, відраховуючи показання за стрілочним приладом, спостерігач помиляється через поганий зір або має повільну реакцію при спостереженні за миттєвими змінами величини, яка вимірюється.

4. **Похибки, пов'язані з особливостями об'єкта і залежністю вимірювальної величини від контрольованих навколишніх умов.** Наприклад, ми вимірюємо діаметр деталі на токарному верстаті, а деталь у результаті обробки нагрілася і має температуру вище кімнатної або, наприклад, сильно шорстка.

5. **Похибки, пов'язані із впливом неконтрольованих зовнішніх умов.** Наприклад, при зважуванні тіла на аналітичних вагах на точність показань можуть впливати потоки повітря, електричні поля, порошини, що осідають на зважувальне тіло і гирі.

При кожному вимірюванні повинна бути відома ступінь точності його результату, оцінювана похибкою вимірювання. Тільки тоді отримане значення тієї або іншої величини має практичний сенс. Похибка вимірювання може бути

виражена у вигляді *абсолютної* або *відносної величини* і буває позитивною або негативною.

Оскільки не існує абсолютно точних приладів і методів вимірювань, то результат вимірювання $x_{вим}$ певною мірою відрізняється від істинного значення x .

Абсолютною похибкою (помилкою) вимірювання називають різницю між обмірюваним та істинним значенням фізичної величини:

$$\pm\Delta_x = x_{вим} - x.$$

До завдання вимірювання входить також оцінка похибки вимірювання, тому що без цього не можна робити висновки про те, у якій мірі достовірний отриманий результат. Оскільки істинне значення звичайно невідоме, обчислити похибку, зрозуміло, не можна. Похибку визначають, виходячи з точності вимірювальних приладів, розкиду експериментальних даних, методики вимірювання та інші. У результаті одержують не δ_x , а її наближене значення Δ_x , у якому невідомий, як правило, навіть знак.

Типова форма подання результату вимірювання така:

$$x = x_{вим} \pm \Delta_x.$$

Це означає, що істинне значення з досить високою ймовірністю перебуває в інтервалі:

$$x_{вим} - \Delta_x < x < x_{вим} + \Delta_x$$

Інтервал називається довірчим *інтервалом*.

Іноді для одержання точного результату показання приладу множаться на поправочний множник k , тобто $x = k x_{вим}$.

Звичайно для визначення дійсного значення до показання приладу вводиться поправка c , що чисельно дорівнює абсолютній похибці, узятій з оберненим знаком. Значення Δ , c і k у більшості випадків отримують експериментальним шляхом. Для стаціонарних промислових вимірювань використовуються прилади, найбільші похибки яких перебувають у межах існуючих норм (стандартів), що задовольняють вимоги практики. Тому до показань цих приладів виправлення не вводяться.

Відносна похибка вимірювання — відношення абсолютної похибки до вимірюваної величини, виражена в одиницях (відсотках) вимірювальної величини:

$$\delta = \frac{\Delta_x}{x_{вим}} \cdot 100\%.$$

Якість вимірювань, їх точність зручно характеризувати саме відносною похибкою. Наприклад, швидкість світла $c = 299792459$ м/с обмірювана з

абсолютною похибкою $\Delta c = 1$ м/с або відносною похибкою $\delta = 3 \times 10^{-9} = 3 \times 10^{-7} \%$. Це дуже висока точність вимірювання. Якщо з такою ж абсолютною похибкою вимірюється мала швидкість, наприклад, $v = 10 \pm 1$ м/с, то $\delta = 10 \%$ - це досить посередня точність.

При лабораторних і точних промислових вимірюваннях враховуються по можливості всі виникаючі похибки. У цих випадках відлік показань приладу проводиться кілька разів підряд з метою визначення середнього значення вимірювальної величини, вірогідність якого зростає зі збільшенням числа відліку.

РОЗДІЛ 2. ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Вимірювання температури (термометрія) в промисловості представлено обладнанням, призначеним для вимірювання рівня і контролю температури. Основна частина термометричного обладнання представлена різними типами датчиків і вимірювачів температури та температурними контролерами.

Термометрія забезпечує збір інформації про нагрівання об'єктів контролю з необхідною частотою. За допомогою термометрії відбувається управління рівнем температури.

Область застосування термометрії

Вимірювання температури затребуване в рамках багатьох виробничих процесів. Крім того, контроль температури необхідний при організації роботи в офісних, виробничих, складських приміщеннях. Це дозволяє застосовувати термометричне обладнання у всіх сучасних галузях промисловості практично без обмежень.

Термометрія особливо важлива для роботи з такими видами обладнання:

- системи вентиляції, кондиціонування, управління мікрокліматом,
- сушильні камери, промислові печі, котельні установки,
- охолоджуючі установки, промислові холодильники, рефрижераторні системи,
- нагрівальні елементи машин і механізмів,
- складські комплекси, сховища,
- вбудовані і зовнішні пристрої захисту техніки і обладнання, електроприладів,
- електродвигуни, компресорні установки та ін.

Види термометричного обладнання та їх призначення

Робота з термометрією будується на базі використання трьох основних компонентів:

1. **датчики температури** призначені для визначення температури в рамках різних виробничих процесів. Датчики застосовуються для контролю рівня нагріву окремих об'єктів, виробничих та офісних приміщень, робочих процесів. Залежно від розв'язуваних завдань в роботі можуть використовуватися як зовнішні переносні датчики, так і датчики температури, вбудовані в робоче обладнання. Для деяких процесів датчики температури можуть бути об'єднані з іншими видами вимірювального обладнання.

2. **температурні контролери** дозволяють не тільки проводити прості вимірювання температури, але і контролювати її рівень для забезпечення необхідних показників для різних виробництв. За допомогою контролерів установка необхідної температури може відбуватися вручну або автоматично за допомогою завдання відповідних налаштувань.

3. **засоби візуалізації даних** в рамках роботи з термометричною обладнанням є обладнання та відповідне програмне забезпечення для

перетворення вхідних електронних сигналів, що надходять від температурних датчиків і контролерів, у візуальну інформацію.

Моделі термометричних датчиків і контролерів відрізняються за способом вимірювань, принципом роботи, можливостям підключення до робочого обладнання. При виборі велике значення має область застосування і поставлені завдання. Основну увагу необхідно приділити контролерам температури, на роботу з якими розраховане термометричне обладнання.

2.1 Термопари



Термопари не вимагають зовнішнього джерела живлення і мають найвищий температурний діапазон серед інших датчиків температури. Термопари прості у виготовленні і надійні.

Області застосування термопар

Термопари головним чином застосовуються для вимірювання високих температур, до декількох тисяч градусів. Типові сфери:

- металургійна промисловість (температура розплавлених металів)
- електронні термометри
- спецтехніка, транспорт (температура вихлопних газів, гарячих місць двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ))
- системи пожежної безпеки
- енергетика (газові котли)
- тверді, рідкі, газоподібні речовини в діапазоні температур від - 270 до 3000 °С (в загальному випадку)

Призначення термопар

- Вимірювання наднизьких (до - 270 °С) і високих температур (до 3000 °С) і передача сигналу в системи автоматичного контролю і управління, термоконтролер, індикатори температури і модулі програмованих логічних контролерів (ПЛК)
- контроль полум'я/загазованості, діагностика стану ДВЗ
- в окремих випадках - термогенератор для слабкострумних приладів

Переваги

Основні переваги термопар:

- найширший діапазон роботи з температурних датчиків (- 270 ... + 3000 °С), стабільність градування
- простота і надійність, відносна дешевизна
- компактність
- мала інерційність
- відсутність живлення

Недоліки

Недоліки термопар, що вимагають уваги:

1. Для високої точності (0,01 градуса) необхідне індивідуальне градуювання
2. Потрібно вносити поправки по температурі холодного спаю (вільного кінця)
3. Істотна нелінійність термо-ЕРС
4. При знятті сигналу потрібно забезпечити захист від перешкод і наведень електромагнітних полів
5. Механічні фактори, знос, корозія впливають на градуювальну характеристику

Принцип роботи термопар

Термопара являє собою сплав металів, розмежований на «холодний» і «гарячий» (або вимірювальний) кінці, один з яких поміщається в середовище вимірювання. В роботі використовується ефект виникнення термо-ЕРС, що залежить від різниці температур між двома кінцями. Цей сигнал необхідно спеціально обробляти. Сучасні виробники випускають стандартизовані термопари згідно номінальних статичних характеристик.

2.2 Термометри опору

Термоперетворювачі опору оптимальні для високоточних вимірювань в вузьких діапазонах вимірювання. Термоопори взаємозамінні і мають практично лінійні характеристики.



вимірювачі температури
Thermocont T

вимірювачі температури
Innocont TS

Області застосування термоопорів

Термоопори широко використовуються в промисловості і їх застосування в тому чи іншому середовищі залежить головним чином від корпусу приладу:

- нафтогазовий, паливно-енергетичний комплекс
- машинобудування, автомобільна індустрія і спецтехніка
- хімічна промисловість, будівництво
- системи контролю води

- системи охолодження
- моніторинг температур масла, охолоджувальної рідини, палива в рухомій техніці і т.д.
- харчова промисловість та харчові технології

Призначення термоперетворювачів опору

- Високоточний (до 0,001 градуса) і високо стабільний вимір температури середовища в середніх температурних діапазонах (-200 ... + 600 °С в більшості випадків) з передачею сигналу в інформаційно-керуючу систему (використовуються 2, 3, і 4-х провідні схеми зняття даних)
 - Лабораторні стенди, еталонні вимірювання температур
 - Уніфіковані системи, що вимагають високої взаємозамінності датчиків

переваги

Основні переваги термоперетворювачів опору:

- Взаємозамінність (датчики стандартизовані по номінальним статичним характеристикам)
- Висока точність, а також стабільність вимірювань (може доходити до тисячних), можливість виключення опору лінії зв'язку з факторів, що впливають на точність (при 3 або 4-провідній схемі)
- Близькість характеристик до лінійним (майже лінійна залежність)

недоліки

Недоліки в основному виходять з принципу роботи:

1. Потрібно джерело живлення (струму) для живлення резистора.
2. Дорожнеча щодо простих термопар.
3. Малий в порівнянні з термопарами діапазон вимірювань

Принцип роботи термоперетворювачів опору

Термоперетворювачі опору представляють собою більш складні прилади, ніж прості резистори. Їх принцип роботи заснований на зміні електричного опору напівпровідникових матеріалів або металів/сплавів під впливом температури навколишнього середовища. Для промислових приладів виведені номінальні статичні характеристики, на які орієнтуються виробники.

2-провідна схема. Живлення і інформаційний сигнал мають спільну точку. Тому виникає невелика похибка через вплив опору проводів.

3-дротова схема. Вхід живлення окремих, але один з вимірювальних проводів має спільну точку з мінусом живлення.

4-провідна схема. Вхід живлення і вимірювальні дроти відділені одна від одної. У цій схемі забезпечується найкраща точність зняття сигналу.

На прикладі термоперетворювачів опору типові схеми підключення виглядають так:

Схеми з'єднання внутрішніх проводів	2-дротова	3-дротова	4-дротова
Один чутливий елемент			
Два чутливих елемента			

Вимірювач температури Thermosont T для рідин та газових середовищ

Температурний перетворювач Thermosont T призначений для безперервного вимірювання і сигналізації температури з передачею на підключене устаткування.

Серія Thermosont T включає кілька варіантів вимірювачів температури, включаючи вибухозахищені модифікації. Пристрої розраховані на роботу з газоподібними і рідкими середовищами, сумішами, парами, в тому числі вибухонебезпечними.

Модифікації температурних перетворювачів Thermosont T

Модель	Діапазон вимірювання температури	Номинальна статична характеристика (НСХ)	Особливості
TFP 	-50 ... + 200°C	Pt100	Мініатюрний датчик температури
TS 	-50 ... + 600°C	Pt100, K, J	Стандартний датчик температури (модифікації TSP, TSV, TSG)
TGP 	-50 ... + 180°C	Pt100	Датчик температури для підшипників
TRP 			Датчик температури з пластиковим покриттям
TN 			Датчик температури з посиленням захистом



Переваги використання перетворювачів температури серії Thermosont

T

Нова серія датчиків температури Thermosont T відрізняється від інших вимірювачів рядом істотних переваг:

- велика різноманітність моделей для різних умов застосування,
- сумісність з різними контрольованими матеріалами,
- можливість вимірювання підвищених температур до + 600°C,
- вбудована інтелектуальна електроніка,
- універсальний термометр опору високої точності в якості датчика температури,
- простота установки і експлуатації,
- висока швидкість спрацьовування і передачі даних,
- робота по протоколу HART,
- наявність спеціальних виконань, стійких до вібрації і вибухонебезпечним матеріалами.

Датчики температури серії Thermosont T є універсальними вимірювачами, придатними для роботи і з газами, і з рідинами. Серія включає в себе різноманітні за конструкцією прилади, призначені для установки в ємності, трубопроводи, печі і в інше обладнання. Завдяки цьому вимірювачі Thermosont T можуть застосовуватися в багатьох галузях промисловості:

- в металургії, в тому числі при видобутку руди, виробництві металів і сплавів,
- в гірничодобувній галузі, включно із застосуванням у вибухонебезпечних шахтах, рудниках,
- в нафтогазовій промисловості,
- в транспортній галузі,
- в хімічній промисловості,
- в сільському господарстві, аграрної промисловості,
- в харчовій промисловості і в багатьох інших.

Спеціальне виконання термоперетворювачів Thermosont T і можливість роботи з небезпечними матеріалами значно розширює можливості застосування в небезпечних галузях.

Принцип роботи вимірювача температури Thermosont T

Датчики температури Thermosont T працюють за простим принципом. Вимірювальний елемент датчика опускається в контрольоване середовище. Термометр опору, вбудований в датчик, фіксує поточний рівень температури. Електронний блок датчика перетворює отримане значення в електронний сигнал і передає інформацію на підключене устаткування.

Вимірювач температури Thermocont T працездатний відразу після включення. Також в налаштуваннях передбачена можливість спеціального програмування виходу, параметрів сигналізації, протоколу обміну даних та інших параметрів.

Основні характеристики датчиків температури Thermocont T

Перетворювачі температури Thermocont T розроблені з поліпшеними технічними характеристиками, що вигідно відрізняють серію від аналогів:

- датчик температури - термометр опору Pt100,
- довжина вимірювального елемента - до 3 метрів (можливе виконання без чутливого елемента для настінного монтажу),
- вимір температури в межах $-50 \dots + 600^{\circ}\text{C}$,
- 2 клас точності результатів вимірювання,
- допустимий тиск процесу - не більше 25 бар,
- стандартний вихід управління - аналоговий по струму $4 \dots 20 \text{ mA}$,
- додатковий вихід - протокол обміну HART,
- напруга живлення - $10 \dots 36 \text{ V DC}$,
- допустима температура експлуатації в межах $-20 \dots + 80^{\circ}\text{C}$,
- захист корпусу класу IP65.

Використовувані матеріали корпусу і вимірювального елемента, точність і тип приєднання залежать від обраного варіанту виконання датчика Thermocont T.

Вимірювач температури Innocont TS


Температурні датчики Innocont TS - надійне рішення задач, пов'язаних з вимірюванням температури рідких, газоподібних середовищ, твердих і сипучих матеріалів.



Лите виконання датчика з виведеним кабелем для підключення спрощує експлуатацію приладу і збільшує термін його служби.

У температурних датчиків з кабелем Innocont відмінне співвідношення ціна/якість. А можливість підібрати довжину кабелю і робочої частини дозволяє придбати датчик під конкретну задачу.

Модельний ряд вимірювачів температури Innocont TS

Лінійка температурних датчиків Innocont TS представлена наступними серіями

серія	Вимірюється температура за номінальною статичною характеристикою (НСХ)	підключення	Ступінь захисту
TS-WN 	СА: $-50 \dots + 400^{\circ}\text{C}$ (до 600°C короткотермінове) Pt100: $-50 \dots + 250^{\circ}\text{C}$	Різьба 1/8" або M10x1,5	IP65

 <p>TS-WS</p>	<p>СА: -50 ... + 400°C (до 600°C короткотермінове) ІС: -50 ... + 300°C Pt100: -50 ... + 250°C</p>	<p>Поворотна муфта М12х1,5 в комплекті</p>	<p>IP42</p>
 <p>TS-WV</p>	<p>СА: -50 ... + 400°C (до 600°C короткотермінове) Pt100: -50 ... + 250°C</p>	<p>Різьба 3/8" або М10х1,5</p>	<p>IP65</p>

Технічні характеристики температурних датчиків Innosont TS

Датчики серії Innosont TS володіють наступними технічними характеристиками:

- Тип датчика:
 - СА - термопара хромель-алюмель;
 - ІС - термопара залізо-константан;
 - Pt100 - термоопір платиновий.
- Діапазон вимірювання (в залежності від типу датчика):
 - СА: -50 ... + 400 °С (короткочасно до + 600 °С);
 - ІС: -50 ... + 300 °С;
 - Pt100: -50 ... + 250 °С.
- Допустима похибка: для СА і ІС $\pm 2,5$, для Pt100 $\pm 0,3$;
- Робочий тиск: до 10 бар;
- Робочий спай ізолюваний щодо корпусу;
- Теплова інерція: <30 секунд;
- Опір ізоляції: <100 МОм;
- Захисне виконання: IP65 (виконання «N» і «V») і IP42 (виконання «S»);
- Довжина робочої частини датчика до 300 мм;
- Довжина кабелів для підключення до 3 метрів.

Переваги використання вимірювачів температури Innosont TS

Однією з переваг є те, що температурні датчики мають кабель для підключення. Це значно підвищує надійність і зручність експлуатації, так як немає необхідності постійно підключати дроти до корпусу датчика, як це часто буває у датчиків температури. Також термодатчики Innosont TS мають ряд інших переваг:

- високі метрологічні характеристики;
- широкий температурний діапазон;
- невисока ціна;
- високий ступінь захисту;
- високий робочий тиск;
- різні варіанти підключення до виробничого процесу.

недоліки

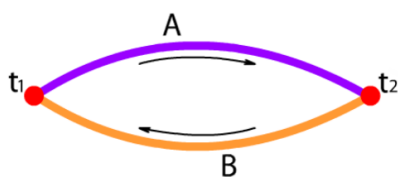
До недоліків в роботі температурних датчиків Innoscont TS можна віднести той факт, що для роботи в агресивних середовищах потрібна установка хімічно стійкої гільзи для захисту чутливого елемента.

Область застосування температурних датчиків Innoscont TS

Температурні датчики Innoscont з кабелем для підключення завдяки своїм відмінним експлуатаційним і метрологічним характеристикам можуть використовуватися практично в будь-якій сфері. Вони підходять для вимірювання температури рідких, газоподібних, твердих, а також сипучих речовин в наступних галузях промисловості:

- хімічна,
- газова і нафтова;
- металургія;
- харчова і фармацевтична;
- сільська;
- обробна;
- машинобудування та інші

Принцип роботи датчиків серії Innoscont TS



Температурні датчики Innoscont можуть бути виконані у вигляді термопари або термоопору.

Принцип вимірювання температури для першого типу датчика (термопара) ґрунтується на ефекті виникнення термічної електрорушійної сили

або термо-ЕРС.

Виникає ця сила в замкнутому контурі, що складається з двох різнорідних металів або сплавів, спаяних між собою на кінцях.

Один із спайів знаходиться безпосередньо біля об'єкта, температуру якого потрібно виміряти, і називається робочим. Інший спай називають холодним. Фізично холодний спай не береться зварюванням, а замикається за допомогою підключення до вимірювального приладу. Підсумкова формула для розрахунку виглядає наступним чином:

$$E = \alpha \cdot (t_2 - t_1),$$

де E - термо-ЕРС;

α - коефіцієнт термо-ЕРС;

t_1 - температура гарячого спаю;

t_2 - температура холодного спаю.

Коефіцієнт термо-ЕРС залежить від матеріалу термопари. У термодатчику Innoscont використовуються одні з найпопулярніших матеріалів хромель-алюмель і залізо-константан.

Датчик температуры Модель TS-W-..

Руководство пользователя.

Датчики температуры предназначены для непрерывного измерения жидких, паро- и газообразных сред, сыпучих материалов и твердых тел в различных отраслях промышленности.



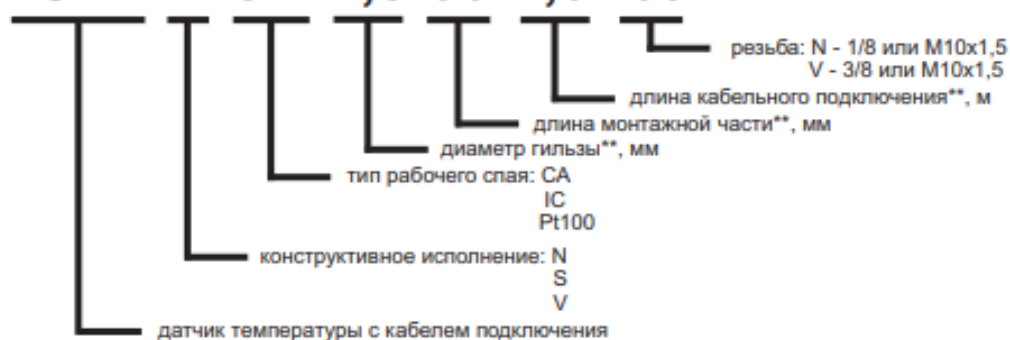
Технические характеристики

Характеристика	Значение		
	TS-W-x-CA	TS-W-x-IC	TS-W-x-Pt100
Номинальная статическая характеристика	CA	IC	Pt100
Рабочий диапазон измеряемых температур, °C	-50...+400 (до +600 кратковременно)	-50...+300	-50...+250
Пределы допустимых отклонений, °C	+ 2,5		+ 0,3
Условное давление, бар	10 (только для исполнения «N» и «V»)		
Исполнение рабочего спая относительно корпуса	изолированный		
Показатель тепловой инерции, сек, не более	30		
Сопrotивление изоляции, МОм, не менее	100*		
Степень защиты	IP65 (для исполнения «N» и «V»); IP 42 (для исполнения «S»)		

* при температуре 10-30 °C, при испытательном напряжении 200В

Кодообразование

TS-W-N-CA-4,8-30-1,5-1/8

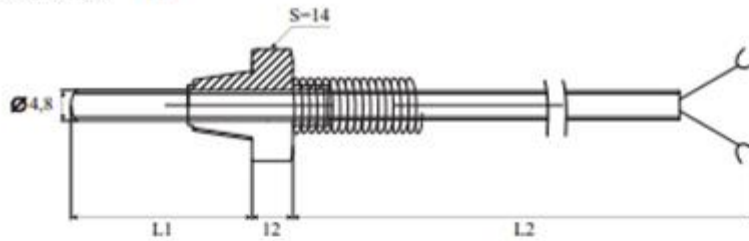


** указано в разделе Размеры

1

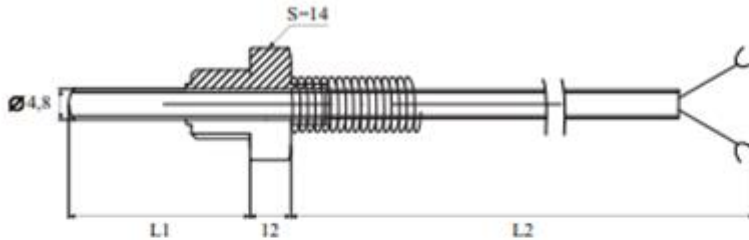
Другий тип використуванних датчиків - це термоопори. Принцип роботи для даного типу ґрунтується на зміні електричного опору певних матеріалів при зміні температури. У датчиках Inposont використується платина (Pt), а цифра 100 позначає, що датчик має опір 100 Ом, при температурі 0°C.

Виконання N

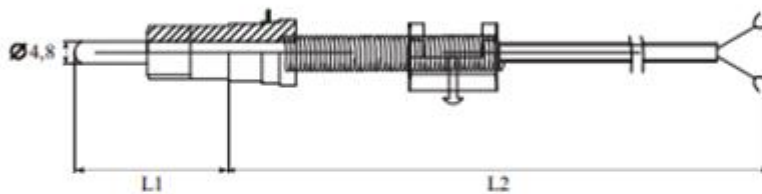


L1: 30
150
300

L2: 1500
3000



Виконання S

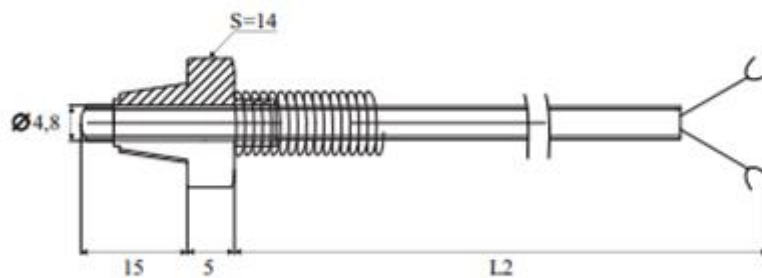


L1: 30
150
300

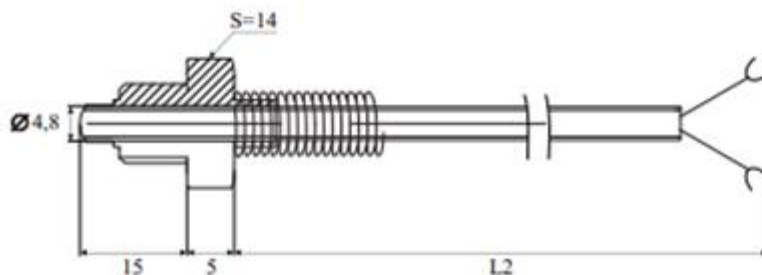
L2: 1500
3000

M12x1,5

Виконання V



L2: 1500
3000



Розміри вказані в мм

Обидва способи вимірювання відмінно виконують свою задачу. Різниця полягає лише в температурному діапазоні. Так, термопары, зазвичай мають більш широкий діапазон, при цьому термоопори мають кращі метрологічними характеристиками.


2.3 Багатоточкові перетворювачі температури

Багатоточковий перетворювач температури являє собою високовиробничий кабель з датчиками по всій довжині для відстеження температури на кожному рівні сховища.

У порівнянні з аналогами ці датчики значно простіші в установці і експлуатації.

Багатоточковий датчик температури - це кабель, що передає на комп'ютер точні дані про температуру всередині сховища, дозволяючи контролювати якість зерна.

Модельний ряд багатоточкових перетворювачів температури

серія	Тип кабелю	Довжина / глибина вимірювання	температура вимірювання	виходи	Робоча напруга живлення
 Thermopoint	Алюмінієвий, нержавіюча сталь + антистатик	до 22 м	-10 ... + 85 °C	HART	12,5 ... 30 В
 EST	Сталевий з ПВХ-покриттям	до 30 м	-10 ... + 85 °C	RS485 MODBUS	12,5 ... 30 В

Серії налічують кілька моделей, які вимірюють температуру як в рідких, так і твердих матеріалах. Залежно від потрібної площі вимірювання необхідно підбирати певну кількість датчиків. Кожен датчик вимірює температуру в радіусі 2 метрів.

У кожній моделі датчики розташовані на відстані 1 м один від одного по всій довжині кабелю. Кожен датчик приєднується до передавачів, які здатні одночасно передавати дані прямо на комп'ютер до 15 перетворювачів.

Область застосування багатоточкових перетворювачів температури

Область застосування багатоточкових перетворювачів температури:

- зернова промисловість,
- кормова промисловість,
- харчова промисловість,
- місця зберігання вибухонебезпечних матеріалів.

Не рекомендується використовувати в сховищах абразивних сипучих матеріалів на зразок гравію та інші

Завдання, які вирішуються за допомогою багатоточкових перетворювачів температури

Збираючи дані з багатоточкових датчиків температури, фахівці можуть:

- відслідковувати процеси гниття в сховищах;
- підбирати оптимальну температуру для системи кондиціонування;
- відслідковувати появу грибків та комах;
- моніторити в режимі реального часу температуру зерна, корми та ін.;
- вчасно помітити тління всередині сховища.

Так як дані зберігаються на комп'ютері, фахівці можуть стежити за станом зерна, оцінювати якість і вживати заходів щодо її збереження.

Переваги багатоточкових перетворювачів температури

Датчики даної серії мають безліч переваг в своєму класі:

- простота і дешевизна установки;
- точність вимірювання температур - похибка не більше 0,2 °С;
- можливість передачі даних в режимі реального часу;
- широке покриття площі вимірювання;
- можливість перегляду даних окремо з кожного датчика;
- можливість бездротової комунікації.

У комплект поставки входить програмне забезпечення, яке становитиме детальну картину температурного режиму всередині сховища.

недоліки

Хоча вимір температур багатоточковими перетворювачами зручно, завдяки великій концентрації датчиків в одному кабелі може спостерігатися ефект «антени» під впливом електромагнітних полів.

Також, щоб датчики заміряють всю площу поперечного перерізу сховища, важливо дотримуватися рекомендованої схеми розташування кабелів в залежності від діаметра силосу. Кожен провід з термодатчиками здатний заміряти температуру в радіусі близько 2 м.

Наприклад, для силосу Ø4 м знадобиться тільки один кабель, розташований строго по центру, а для сховища Ø8 м вже 3 кабелі.

Принцип роботи багатоточкових перетворювачів температури

Залежно від площі сховища або діаметра силосу датчики розташовуються так, щоб покрити всю площу. У самому датчику знаходиться перетворювач, який конвертує температуру в електричний сигнал. Наприклад, в датчиках Termopoint дані перетворюються в HART-протокол, а в EST в цифровий код FineLink. Далі сигнал йде по проводах в передавач Wi-Fi або безпосередньо в комп'ютер.








На комп'ютер встановлюється програмне забезпечення, яке приймає, розшифровує і виводить на екран отримані вимірювання.

2.4 Безконтактні датчики температури

Безконтактні датчики температури створені для забезпечення контролю температури віддалених або важкодоступних об'єктів. Відсутність необхідності дотику дозволяє безконтактним датчикам вимірювати дуже великі діапазони температур.

Варіанти виконання безконтактних датчиків температури

В якості датчиків з безконтактним вимірюванням температури застосовуються переносні датчики з інфрачервоним випромінюванням. Вони відрізняються діапазоном вимірюваних температур, використовуваними матеріалами і часом відгуку.

Модель	діапазон вимірів, °C	робоча напруга	вихід	Крок виміру, °C	Точність виміру, %	захист
 TW2000	0 ... 999,5	18 ... 32 В DC	4 ... 20 мА; NO / NC програмований	0,5	<+ 1%	IP65
 TW2001	250 ... 1600	18 ... 32 В DC	4 ... 20 мА; NO / NC програмований	1	<+ 0,5%	IP65
 TW2002	500 ... 2500	18 ... 32 В DC	4 ... 20 мА; NO / NC програмований	1	<+ 0,3%	IP65
 TW2011	300 ... 1600	18 ... 32 В DC	4 ... 20 мА; NO / NC програмований	1	<+ 0,5%	IP65
 TW7000	50 ... 500	10 ... 34 В DC	NO / NC програмований	4,5	<+ 1%	IP65
 TW7001	250 ... 1250	10 ... 34 В DC	NO / NC програмований	10	<+ 1%	IP65
 TW7011	350 ... 1350	10 ... 34 В DC	NO / NC програмований	10	<+ 1%	IP65

Область застосування безконтактних датчиків вимірювання температури

Безконтактні датчики застосовуються для контролю температури в багатьох галузях, де потрібно віддалений контроль стану об'єктів і можливість оцінки температури без безпосереднього контакту:

- енергетична галузь, включаючи тепло- та електропостачання,
- металургія і металообробка,
- виробництво електронних компонентів,

- машинобудування і автомобілебудування,
- сфера будівництва і житлово-комунального господарства,
- транспортна галузь, включаючи діагностику роботи транспорту,
- виробництво продуктів харчування,
- фармацевтика,
- складські комплекси різних галузей.

Крім цього, безконтактні датчики використовуються для контролю температури різних виробничих процесів.

Завдання, які вирішуються за допомогою безконтактних датчиків температури

Можливість вимірювання температури без безпосереднього контакту дозволяє вирішувати кілька завдань:

- контроль температури віддалених і малодоступних об'єктів,
- визначення температури рухомих частин машин і механізмів,
- вимір температури елементів під напругою або в небезпечних умовах,
- контроль високотемпературних виробничих процесів,
- безперервне відстеження зміни температури,
- контроль елементів і поверхонь об'єктів, недоступних для стандартних способів вимірювання,
- робота з об'єктами з матеріалів з невисокою теплопровідністю або низьку теплоємність.

Переваги використання безконтактного датчика температури

Незаперечні переваги безконтактних датчиків температури забезпечують велику кількість переваг перед будь-якими контактними способами температурного контролю:

- вимір температури віддалених і малодоступних об'єктів і їх поверхонь, включаючи роботу в небезпечних умовах,
- вимір дуже високих значень температур, при яких інші датчики не здатні працювати,
- датчик завжди чистий, тому що відсутня необхідність контакту з об'єктом контролю,
- малий час відгуку, що дозволяє забезпечити високу швидкість отримання результатів вимірювання,
- можливість роботи з будь-якими матеріалами.

При цьому безконтактні датчики дуже прості у використанні.

Можливі недоліки роботи з безконтактними датчиками температури

Основним недоліком роботи безконтактних датчиків є необхідність ретельного налаштування роботи приладу для забезпечення високої точності результатів. При цьому необхідно вносити поправочні коефіцієнти, враховуючи тип контрольованої поверхні.

Для отримання найбільш точних результатів вимірювання необхідно ретельно підбирати безконтактний датчик температури для роботи в конкретних умовах і з заданими контрольованими об'єктами і поверхнями.

Принцип роботи безконтактного датчика температури

Сучасні безконтактні датчики температури за своїм принципом роботи є детекторами інфрачервоного випромінювання. Датчик здатний визначати температуру завдяки визначенню рівня електромагнітної енергії, випромінюваної об'єктом контролю в інфрачервоному діапазоні. При цьому датчик може визначати як дуже низькі температури до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, так і дуже високі - аж до $+3000\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Для роботи з різними матеріалами і температурами необхідно проводити налаштування приладу в залежності від конкретних умов роботи. Точність результатів вимірювання залежить від характеристик датчика, включаючи діапазон вимірюваної довжини хвилі, і випромінювальної здатності об'єкта контролю. Ці параметри впливають на коефіцієнти налаштування датчика.


Сучасні безконтактні датчики температури здатні визначати температуру на великій відстані. Деякі моделі датчиків можуть бути додатково забезпечені лазерним покажчиком, що дозволяє більш точно захоплювати об'єкт для вимірювання.

2.5 Датчики температури з аналоговими виходами

Датчики температури з аналоговим виходом - затребувані прилади у всіх сферах людської діяльності. Практично в кожному технологічному процесі є необхідність контролювати і коригувати температурний режим. Це обумовлено прагненням отримати максимально якісний продукт на виході.

Модельний ряд датчиків температури з аналоговим виходом

серія	установка	Тип чутливого елемента	Температура вимірюваного середовища	середовище застосування
 <p>TER8</p>	Вузькі труби (зовнішній + погрузний елемент)	Pt100 класів В, АА, 1/6 В, А	$-40 \dots + 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	Продукти харчування та напої, Washdown зони (СІР-процеси)
 <p>TE-2</p>	Вузькі і малодоступні місця (зовнішній + погрузний елемент)	Pt100 класів В, АА, 1/6 В, А	$-50 \dots + 250\text{ }^{\circ}\text{C}$	Продукти харчування та напої, Washdown зони (СІР-процеси)

 <p>Thermocont T</p>	<p>Плоскі поверхні, трубопроводи, вертикальні поверхні, всередині обладнання, вулична установка</p>	<p>Pt100</p>	<p>-50 ... + 600 °C</p>	<p>Рідини, рідини зі збільшеними частинками, гази, пар</p>
---	---	--------------	-------------------------	--

CIP-процеси (cleaning-in-place, тобто «мити на місці») - один з ключових елементів забезпечення і підтримання належного санітарно-гігієнічного стану на сучасних харчових виробництвах.

Технічні характеристики датчиків температури з аналоговим виходом

- Стандартний вихід управління - аналоговий по струму 4 ... 20 мА,
- Діапазон прогріву / охолодження робочого середовища: -40 ... + 800 °C
- Діапазон прогріву / охолодження навколишнього середовища: -20 ... + 80 °C
- Напруга живлення: 7,5 ... 36 В DC;
- Висока швидкість спрацьовування і передачі даних;
- Конструктивне виконання: з різьбою або без, погружний, поверхневий, для приміщень (в тому числі чистих), для систем вентиляції, з легко змінним кріпленням DIN (DIN-рейка - стандартна металева рейка шириною 35 мм спеціального профілю, використовується для кріплення різного модульного обладнання (автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимкнення, стандартних за розмірами (кратних юніту) обладнання в стандартних стійках серверного та комутаційного обладнання та електричних щитах);
- Можлива робота по протоколу HART (HART-протокол *Highway Addressable Remote Transducer* — віддалений адресний перетворювач з високою пропускною спроможністю) — цифровий промисловий протокол передавання даних) (наприклад, модель Thermocont T);
- Вид чутливого елемента: термопара або термоопір.

Область застосування датчиків температури з виходом 4 ... 20мА

Область застосування у температурних датчиків досить обширна і залежить від виконання чутливого елемента - санітарно-гігієнічного або стандартного:

- харчова промисловість;
- хімічна промисловість;
- гірничодобувна;
- нафтогазова;
- сільське господарство;
- комунальне господарство;
- системи вентиляції і кондиціонування.

Призначення температурних датчиків з струмовим виходом

Призначення датчиків температури з струмовим виходом - контроль температурних показників великого переліку сипучих матеріалів, рідин, газів, повітря. Також використовується для роботи з відстеження температури нагрівання або охолодження твердих поверхонь. Діапазон використання від строгих санітарно-гігієнічних умов до хімічних реагентів і вибухонебезпечних рідин і газів.

Переваги та недоліки датчиків температури з аналоговим виходом

Датчики температури з аналоговим виходом прості при монтажі і в експлуатації. При невисокій вартості вони видають точні дані, які без втрат можна передавати на велику відстань, і ця сукупність факторів є їх основною перевагою.

- Можлива установка
 - у вуличних умовах,
 - всередині стерильного приміщення,
 - у вибухонебезпечних зонах;
- Застосовується в зонах підвищеного тиску;
- Налаштовується віддалене підключення (по HART-протоколу).

Недоліки

Основним недоліком датчиків температури з аналоговим виходом є низька швидкість передачі даних, особливо при великих відстанях.

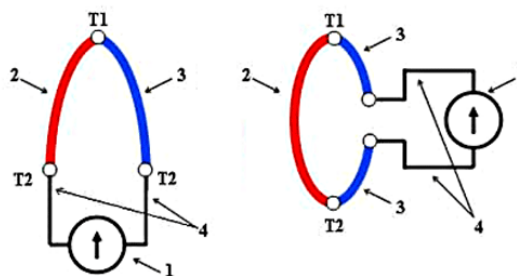
Принцип роботи датчика температури з аналоговим виходом

Датчики температури зі струмовим виходом прості в монтажі та експлуатації. Вимірювання температури відбувається за допомогою чутливого елемента і потім сигнал перетворюється в струм на виході.

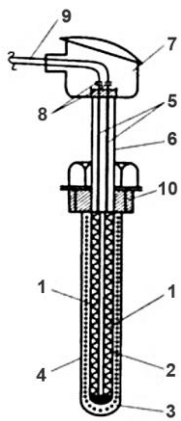
Як правило для контролю температури вимірюваної речовини (тверда речовина, рідина, сипучі матеріали) застосовують термоопір, для вимірювання температури повітря (газів) і температур понад 500 °С використовують термопари.

Принцип роботи термопари заснований на з'єднанні двох дротів з різних металів. Заміри температури робляться між «гарячим» і «холодним» кінцями - різниця показань дає напругу, величина якого коливається від 40 до 60 мкВ.

Принцип роботи терморезисторів заснований на залежності електричного опору металів, сплавів і напівпровідникових матеріалів від температури.



1 - Вимірювальний прилад, 2, 3 - термоелектроди, 4 - сполучні дроти, T1, T2 - температура "гарячого" і "холодного" спаїв термопари



1 - чутливий елемент з платинового або мідного дроту, в формі спіралі, розташований на керамічному стрижні; 2 - пористий керамічний циліндр; 3 - керамічний порошок; 4 - захисна зовнішня трубка з нержавіючої сталі; 5 – струмопередаючі виводи; 6 - зовнішня захисна трубка з нержавіючої сталі; 7 - головка термометра з кришкою, 8 - клеми для приєднання вивідного дроту; 9 - провід до фіксуєного приладу; 10 - втулка з різьбою для установки в трубопровід, що має патрубкі з внутрішньою різьбою.

Для коректного вибору температурних датчиків з струмовим виходом необхідно враховувати безліч факторів: температурний діапазон робочого середовища, можливість і необхідність занурення, зовнішні умови проведення вимірювань, тривалість проведених замірів, допустима похибка, напруга живлення, час спрацьовування.

2.6 Перетворювачі температури і вологості

Кімнатний датчик температури і вологості серії THD-R



Датчик призначений для контролю температури і вологості навколишнього повітря в приміщенні. Має вбудований термоперетворювач Pt100. Відсутня індикація результатів вимірювання.

- Діапазон вимірювання температури: -20 ... + 60 °C
- Точність вимірювання температури: ± 0,5 °C
- Діапазон вимірювання вологості: 0 ... 99,9%
- Точність вимірювання вологості: ± 3%
- Періодичність вимірювання: 0,5 сек.
- Вихід: струмовий 4-20 мА, по напрузі 1-5 В, інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)
- Кріплення: настінне
- Живлення: 24 В DC

Приклад датчика серії THD-R

Модель	Тип виходу	Джерело живлення
THD-RT	інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)	24 В DC
THD-RC	струмовий 4 ... 20 мА	24 В DC
THD-R-PT	термоопір Pt100 Ом	немає
THD-R-PT / C	термоопір Pt100 Ом / струмовий 4-20 мА	24 В DC

Настінний датчик температури і вологості серії THD-W з виносним термоперетворювачем



Датчик призначений для контролю температури і вологості навколишнього повітря в приміщенні. Має виносний (100 мм / 200 мм) термоперетворювач Pt100. Доступні виконання без індикації результатів вимірювання або з двома трьох розрядним семисегментним світлодіодним індикатором.

- Діапазон вимірювання температури: -20 ... + 60 °C
- Точність вимірювання температури: ± 0,5 °C
- Діапазон вимірювання вологості: 0 ... 99,9%
- Точність вимірювання вологості: ± 3%
- Періодичність вимірювання: 0,5 сек.
- Вихід: струмовий 4-20 мА, по напрузі 1-5 В, інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)
- Кріплення: настінне
- Живлення: 24 В DC

Приклади я датчика серії THD-W

Модель	Тип виходу	дисплей	довжина сенсора	Напруга живлення
THD-W1-T	інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)	без дисплея	100 мм	24 В DC
THD-W1-C	струмовий 4-20 мА	без дисплея	100 мм	24 В DC
THD-WD1-T	інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)	7-сегментний, світлодіодний	100 мм	24 В DC
THD-WD1-C	струмовий 4-20 мА	7-сегментний, світлодіодний	100 мм	24 В DC

Датчик температури і вологості повітря серії THD-D для систем вентиляції та кондиціонування



Датчик призначений для контролю температури і вологості повітря в повітроводі. Має виносний (100 мм / 200 мм) термоперетворювач Pt100. Кріплення: на трубу. Доступні виконання без індикації результатів вимірювання або з двома трьох розрядним семисегментним світлодіодним індикатором.

- Діапазон вимірювання температури: -20 ... + 60 °C
- Точність вимірювання температури: ± 0,5 °C

- Діапазон вимірювання вологості: 0 ... 99,9%
- Точність вимірювання вологості: $\pm 3\%$
- Періодичність вимірювання: 0,5 сек.
- Вихід: струмовий 4-20 мА, по напрузі 1-5 В, інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)
- Кріплення: в трубі
- Живлення: 24 В DC

Приклади замовлення датчиків серії THD-D

Модель	Тип виходу	дисплей	довжина сенсора	Напруга живлення
THD-D1-T	інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)	без дисплея	100 мм	24 В DC
THD-D1-C	струмовий 4-20 мА	без дисплея	100 мм	24 В DC
THD-DD2-T	інтерфейс RS485 (MODBUS RTU)	7-сегментний, світлодіодний	200 мм	24 В DC
THD-DD2-V	вихід по напрузі 1-5 В DC	7-сегментний, світлодіодний	200 мм	24 В DC

2.7 Температурні контролери

Температурні контролери призначені для регулювання температури в рамках технічних засобів автоматизованих систем управління різними виробничими процесами.



Термоконтролери з ПІД-регулятором



Термоконтролери аналогового типу



Термоконтролери цифрові



Індикатори температури



Температурні контролери Autonics



Температурні контролери Delta

Основне поширення отримали температурні контролери на базі ПІД (пропорційно-інтегрально-диференціальних)-регуляторів. Контролери відрізняються варіантами регулювання параметрів і особливостями роботи.

Сучасні моделі температурних контролерів з ПІД-регуляторами забезпечені світлодіодною індикацією, яка виконує різні функції:

- відображення поточного значення вимірюваного параметра,
- відображення заданого в налаштуваннях значення,
- відхилення поточного значення від заданого в абсолютних числах або відсотках,
- індикація станів роботи приладу,
- аварійна сигналізація.

Велика частина моделей терморегуляторів дозволяє вбудовувати контролери в шафу управління або монтувати на DIN-рейку. Для простоти монтажу деякі варіанти мають безкорпусні модифікації.

Область застосування контролерів температури

Температурні контролери застосовуються практично у всіх сучасних галузях промисловості для контролю різних процесів температурної обробки:

- системи гарячого водопостачання, опалення, вентиляції, кондиціонування будівель і приміщень,
- сушильні камери, промислові печі різного призначення,
- холодильні установки,
- системи пожеже-охоронної і аварійної сигналізації,
- термічна обробка різних матеріалів: термопластоавтомати, вулканізатори, зварювальне обладнання та багато іншого.

Багато контролерів крім термодатчиків можуть працювати з іншими видами вимірювальних приладів: датчиками тиску, витрати, вологомірами, датчиками струму, датчиками положення засувки, кутового положення та інші.

Це дозволяє застосовувати контролери температури в металургійній галузі, машинобудуванні, виробництві верстатів і устаткування, харчовій промисловості, сільському господарстві, сфері ЖКГ, добувній та переробній промисловості.

Призначення контролерів температури

Терморегулятори забезпечують різні температурні процеси: нагрівання, охолодження, підтримка заданого параметра та інші. Температурні контролери вбудовуються в автоматичні керуючі системи і здійснюють регулювання заданих параметрів за допомогою управління виконавчим обладнанням.

Також контролери можуть працювати з іншими видами датчиків, наприклад, тиску, струму, вологості і іншими, для управління відповідними параметрами виробничих процесів.

Переваги температурних контролерів

Сучасні температурні контролери в залежності від конкретної моделі

можуть мати різні переваги:

- одночасне вимірювання і регулювання рівня температури,
- висока точність роботи,
- різні варіанти управління параметрами, включаючи ПД-регулятор,
- широкий модельний ряд,
- можливість багатоканального вимірювання,
- одночасне управління процесами нагрівання та охолодження,
- управління різними параметрами виробничих процесів: тиском, витратою, властивостями струму, мікрокліматом та інші.

Можливі недоліки роботи з термодатчиками

Основним недоліком температурних датчиків є точність вимірювання і регулювання. На цей показник впливає використовуваний датчик температури, а також можливості самого приладу. Для процесів, що вимагають високої точності управління, слід вибрати моделі з мінімальною похибкою і можливістю роботи з високоточними датчиками.

Принцип роботи температурних датчиків

Принцип роботи температурного датчика полягає в отриманні вхідного сигналу з датчика температури і формуванні сигналу управління обладнанням на базі величини отриманого значення вимірюваного параметра. Залежно від особливостей роботи вихідного сигналу, керуючий сигнал може формуватися різним способом.

Сигнал управління температурного датчика з ПД-регулятором формується на базі повного або часткового пропорційно-інтегрально-диференціального регулювання. При цьому відбувається розрахунок трьох величин:

- пропорційного - відхилення поточного результату вимірювання від заданого значення,
- інтегрального - інтеграла за часом від різниці значень,
- диференціального - швидкості зміни різниці значень.

Вихідний сигнал при ПД-регулюванні включає в себе суму всіх трьох величин. Часткове ПД-регулювання може включати в себе тільки одну або дві величини:

- пропорційне регулювання,
- пропорційно-інтегральне регулювання,
- пропорційно-диференціальне регулювання.

Сучасні температурні датчики включають в себе функції автоматичного регулятора за заданою програмою з декількох кроків.

2.8 Термодатчики з ПД-регулятором


Термодатчики з ПД-регулятором розроблені для високоточного регулювання температури в автоматичних системах управління промисловими процесами.



Моделі термоконтролерів з ПДД-регулятором і їх характеристики





Температурні контролери з функцією ПДД-регулятора відрізняються рядом характеристик:

- можливістю підключення різноманітних варіантів датчиків температури, включаючи окремі типи термометрів опору, термопар та ін.;
- можливістю підключення додаткових видів датчиків: тиску, вологості, струму, витрати та ін.;
- наявністю різних виходів управління;
- методом налаштування параметрів і управління роботою.


Контролери мають різні модифікації з певним набором параметрів, що дозволяє підібрати найбільш відповідний варіант. Основні моделі термоконтролерів із загальним описом характеристик представлені в таблиці.




Модель	Варіанти входу датчиків температури	Варіанти виходу управління	Напруга живлення	Особливості налаштування роботи і установка параметрів
<p>TK</p> 	<p>Термопара: K, J, E, T, L, N, U, R, S, B, C, G, PLII Термометр опору: JPT100, DPT100, DPT50, CU100, CU50, Nikel120 Аналоговий вхід: 0...100 мВ; 0...5 В; 1...5 В; 0...10 В; 0...20 мА; 4...20 мА</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 11 В DC ± 2 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4–20 мА DC чи 0–20 мА DC, навантаження максимум 500 Ом</p>	<p>100 - 240 В АС при 50/60 Гц</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі.</p>
<p>TM</p> 	<p>Термопара: K, J, E, T, L, N, U, R, S, B, C, G, PLII Термометр опору: DPt100, JPt100</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В DC ± 3 В, не менше 30 мА</p>	<p>24 В DC</p>	<p><i>Модульний термоконтролер з можливістю підключення трансформатора струму.</i> Налаштування та управління за</p>



		22 В DC \pm 3 В, не менше 30мА Аналоговий вихід: 4–20 мА DC чи 0–20 мА DC, навантаження максимум 500 Ом		допомогою ПК або ПЛК.
<p>ТМН</p> 	<p>Термопара: K(CA), J(IC), E(CR), T(CC), B(PR), R(PR), S(PR), N(NN), C(TT), G(TT), L(IC), U(CC), Platinel II Термометр опору: Pt100, JPt100, DPt50, Cu100, Cu50, Nikel 120, 3- провідний тип Аналоговий вхід Напруга: 0-100 мВ, 0-5 В, 1-5 В, 0-10 В Струм: 0-20 мА, 4-20 мА</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1а Твердотільне реле: 12 В DC \pm 3 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4-20 мА чи 0-20 мА</p>	24 В DC	<p><i>Вдосконалений багатоканальний модульний регулятор температури.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК або ПЛК</p>
<p>ТС</p> 	<p>Термопара: K(CA), J(IC), L(IC) Термометр опору: DIN Pt100, Cu50</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3А, 1с Твердотільне реле: 12 В DC \pm 2 В, не менше 20 мА</p>	100 – 240 В АС при 50/60 Гц 24 В АС при 50/60 Гц; 24–48 В DC	Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.
<p>TD</p>	<p>Термометр опору: DIN Pt 100</p>	<p>Релейний вихід: 250 В ~ 3 А 1с;</p>	100–240 В ~ при 50/60 Гц	Налаштування та управління за допомогою ПК і

		<p>Твердотільне реле: 24 В ± 3 В 20 мА; Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом</p>		<p>кнопок на корпусі / панелі.</p>
<p>TX</p> 	<p>Термопара: К (CA), J (IC), L (IC), T (CC), R(PR), S(PR) Термометр опору: DIN Pt100, Cu50</p>	<p>Релейний вихід: 250 В ~ 3 А 30 В= 1 А; Твердотільне реле: 12 В, 20 мА; 30 В, 20 мА; Аналоговий вихід: 4...20 мА, 0...20 мА</p>	<p>100 – 240 В ~ при 50/60 Гц</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>
<p>TZN/TZ</p> 	<p>Термопара: К(CA), J(IC), R(PR), E(CR), T(CC), S(PR), N(NN), W(TT) Термометр опору: Pt100, JIS Pt100 Аналоговий вхід 1...5 В, 0...10 В, 4...20 мА</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В DC ± 3 В, не менше 30мА Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>100 – 240 В ~ при 50/60 Гц 24 В АС при 50/60 Гц; 24 – 48 В DC</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>
<p>ТВ42</p> 	<p>Термопара: К(CA), J(IC) Термометр опору: Pt100, JIS Pt100</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В DC ± 3 В, не менше 30мА</p>	<p>100 - 240 В АС при 50/60 Гц</p>	<p><i>Безкорпусне виконання</i> Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>

		Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 600 Ом		
<p>TCN</p> 	<p>Термопара: K(CA), J(IC), L(IC), T(CC), R(PR), S(PR) Термометр опору: DPt100, Cu50</p>	<p>Реле: 250 В АС, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В DC ± 2 В, не менше 20 мА</p>	<p>100 – 240 В АС при 50/60 Гц 24 В АС при 50/60 Гц 24 – 48 В DC</p>	<p><i>Сенсорне управління. Налаштування та управління за допомогою ПК і сенсорних кнопок на корпусі / панелі.</i></p>
<p>DT3</p> 	<p>Термопара: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50, Ni120 Аналоговий вихід 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ</p>	<p>Реле: 250 В АС 5 А Твердотільне реле: 12 В DC ± 3 В, не менше 4 0мА Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 500 Ом 0...10 В DC, навантаження максимум 1000 Ом</p>	<p>80 - 260 В АС при 50/60 Гц 24 В DC</p>	<p><i>Мікропроцесорний термоконтролер з можливістю модульного розширення. Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</i></p>
<p>DTK</p> 	<p>Термопара: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50, Ni120</p>	<p>Реле: 250 В АС 5 А Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 40мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>80 - 260 В АС при 50/60 Гц</p>	<p><i>Економічний термоконтролер нового покоління. Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</i></p>

 <p>DTB</p>	<p>Термопара: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК</p> <p>Термометр опору: Pt100, Pt100, 50M</p> <p>Аналоговий вихід: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ</p>	<p>Реле: 250 ВАС 5 А</p> <p>Твердотільне реле: 14 В АС, не менше 40 мА</p> <p>Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>100 - 240 В АС при 50/60 Гц</p>	<p><i>Робота з датчиками витрат, тиску, вологості та інших.</i></p> <p>Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>
 <p>DTA</p>	<p>Термопара: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК</p> <p>Термометр опору: 50M, Pt100, JPt100</p>	<p>Реле: 250 В АС 5 А</p> <p>Твердотільне реле: 14 В АС, не менше 40 мА</p> <p>Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>100 - 240 В АС при 50/60 Гц</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>
 <p>DTC</p>	<p>Термопара: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК</p> <p>Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50</p> <p>Аналоговий вихід: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ</p>	<p>Реле: 250 В АС 3 А</p> <p>Твердотільне реле: 12 В DC, не менше 40 мА</p> <p>Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 500 Ом</p> <p>0...10 В DC, навантаження максимум 1000 Ом</p>	<p>24 В DC</p>	<p><i>Модульний термоконтролер на 8 пристроїв.</i></p> <p>Налаштування та управління за допомогою ПК.</p>
<p>DTE</p>	<p>Термопара:</p>	<p>Реле: 250 В АС</p>	<p>24 В DC</p>	<p><i>Модульний</i></p>

	<p>К, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50</p>	<p>3 А Твердотільне реле: 12 В DC, не менше 40мА Аналоговий вихід: 4...20 мА DC, навантаження максимум 500 Ом 0...10 В DC, навантаження максимум 1000 Ом</p>		<p><i>термоконтролер на 8 пристроїв. Налаштування та управління за допомогою ПК.</i></p>
<p>DTV</p> 	<p>Термопара: К, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100 Аналоговий вихід: 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5 В, 0...10 В, 0...70 мВ</p>	<p>Реле: 250 В AC 5 А</p>	<p>100 - 240 В AC при 50/60 Гц</p>	<p><i>Робота з датчиком положення здвижки. Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</i></p>
<p>DVP-TK</p> 	<p>Термопара: J, К, R, S, T, E, N, B, U, L, ТХК (L), C, PL II Термоопір: Pt100, JPt100, Pt1000, Ni100, Ni1000, Cu50, Cu100, GNi1000 Аналоговий вхід: 0...+50 мВ, 0...+5 В,</p>	<p>4 релейні (R) – 250 В AC / 24 В DC, 2 А (резистивне навантаження); 4 транзисторні імпульсні (NPN), 0,3 А (резистивне навантаження); 2 аналогових (L) – 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА; RS-485:</p>	<p>24 В DC</p>	<p><i>Модульний термоконтролер. Датчик зворотного зв'язку з сигналом 4- 20 мА. Збірка до 8 модулів розширення.</i></p>

	0...+10 В, 0...+20 мА, 4...+20 мА	Modbus ASCII/RTU, швидкість 9600...115200 біт/с		
 <p>OM 402PID</p>	<p>Термопара: J, K, T, E, B, S, R, N, L Термометр опору: Pt100, Pt500, Pt1000, Cu50, Cu100, Ni1000, Ni10000 Аналоговий вихід: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА</p>	<p>Реле: 250 В АС 3 А, 30 В DC 3 А, 50 В DC 3 А Твердотільне реле: 12 В DC, не менше 40 мА Аналоговий вихід: 0...2 В, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА</p>	<p>10...30 В АС/DC 80...250 В АС/DC</p>	<p><i>Робота з датчиками струму, тиску та інші.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК і кнопок на корпусі / панелі.</p>
 <p>KPN</p>	<p>Термопара: J, K, R, S, T, E, N, B, U, L, ТХК (L), С, PL II Термоопір: Pt100, JPt100, Pt1000, Ni100, Ni1000, Cu50, Cu100, GNi1000 Аналоговий вхід: 0...+50 мВ, 0...+5 В, 0...+10 В, 0...+20 мА, 4...+20 мА</p>	<p>4 релейні (R) – 250 В АС /24 В DC, 2 А (резистивне навантаження); 4 транзисторні імпульсні (NPN), 0,3 А (резистивне навантаження); 2 аналогові (L) – 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА; RS-485: Modbus ASCII/RTU, швидкість 9600...115200 біт/с</p>	<p>100...240 В АС при 50/60 Гц</p>	<p><i>Високопродуктивний, високоточний контролер виробничого процесу.</i> Малий інтервал вимірювань (50 мс), точна індикація ($\pm 0,3$ %).</p>

Можливості застосування температурних контролерів з ПД-регулюванням

Широкий модельний ряд з різними робочими характеристиками дозволяє практично необмежено застосовувати контролери температури з ПІД-регулятором в промисловості. Пристрої можуть інтегруватися в автоматичні системи управління, в тому числі спільно з ПЛК і ПК.

Термоконтролер застосовуються для управління різними виробничими процесами, пов'язаними з температурною обробкою в енергетиці, металургії, хімічній промисловості, харчовому виробництві та багатьох інших. Можливість підключення різних термодатчиків дозволяє контролювати як високотемпературні процеси, так і негативні значення температур, що дозволяє застосовувати термоконтролер з ПІД-регулятором не тільки при виробництві, а й для контролю перевезення і зберігання продуктів і матеріалів, а також для контролю мікроклімату будівель і приміщень.

Термоконтролер з ПІД-регулятором вирішує завдання

Температурні контролери з можливістю ПІД-регулювання можуть вирішувати кілька завдань одночасно:

- забезпечення зворотного зв'язку в системах контролю температури,
- індикація поточного рівня контрольованих параметрів,
- регулювання і підтримка температури та інших фізичних величин в автоматичних системах,
- одночасне управління нагріванням і охолодженням,
- модульне виконання для збору інформації від декількох датчиків температури і управління декількома пристроями.

В окремих моделях можуть бути реалізовані додаткові можливості застосування для розширення функціоналу.

Переваги застосування температурних контролерів з ПІД-регулятором

Пропорційно-інтегрально-диференціальне регулювання, що використовується термоконтролером, дозволяє більш точно управляти рівнем температури і задавати необхідне значення уставки. Різні варіанти виконання ПІД-регуляторів температури можуть мати додаткові переваги:

- великий вибір підключаємих датчиків температури,
- низька похибка роботи,
- наявність індикатора для відображення результатів вимірювання, значення уставки і робочих станів,
- зручне програмне забезпечення для налаштування і управління,
- кілька режимів регулювання, включаючи можливість автоматичного управління роботою,
- різні керуючі виходи,
- можливість монтажу в шафу управління і на DIN-рейку і багато інших.

Можливі недоліки роботи температурного контролера з ПІД-регулятором

При використанні пропорційного режиму роботи ПІД-регулятора

термоконтролера необхідно враховувати появу статистичної помилки, що впливає на стабілізацію значення температури. Вплив статистичної помилки на роботу знижується при використанні інших режимів ПД-регулювання.

Обмеженням у використанні окремих моделей контролерів температури з ПД-регулюванням може стати несумісність з окремими видами термодатчиків і відсутність необхідних виходів для підключення обладнання. Це необхідно враховувати при підборі конкретної моделі контролера для роботи в конкретних умовах.

Принцип роботи термоконтролера з ПД-регулятором

Температурний контролер з ПД-регулятором формує сигнал зворотного зв'язку для виконавчого обладнання на основі інформації, що надходить від підключеного датчика температури. Сигнал управління складається з трьох величин: пропорційної, інтегруючої і диференціюючої, що розраховуються на підставі вхідного сигналу.

1. Пропорційна величина показує відхилення поточної величини контрольованої температури від заданого значення уставки. Чим більше відхилення, тим більше вихідний сигнал.

2. Інтегруюча величина визначає інтеграл зміни відхилення значень за часом.

3. Диференціююча величина показує швидкість зміни відхилення.

Робота ПД-регулятора в залежності від термоконтролера може відбуватися в різних режимах:

- ПД-регулювання, при якому керуючий сигнал складається з суми всіх трьох величин,
- П-регулювання - сума пропорційної і інтегруючої величин,
- ІД-регулювання - сума пропорційної і диференціюючої величин,
- ПІД-регулювання, при якому для формування вихідного сигналу розраховується тільки пропорційна величина.

Регулювання може здійснюватися в ручному або автоматичному режимах, а також за заданою програмою, якщо це передбачено контролером.


В якості виконавчого обладнання використовуються нагрівач і охолоджувач, або пристрої для подачі гарячого теплоносія або холодоагента. Багатоканальні термоконтролери можуть здійснювати одночасне керування нагрівальними і охолоджуючими процесами за двома і більше вихідних каналах управління.

2.9 Термоконтролери аналогового типу

Термоконтролери аналогового типу здійснюють регулювання температури і підтримку значення уставки за допомогою аналогової установки параметрів.

Моделі температурних контролерів аналогового типу

Аналогові термоконтролери розрізняються за технічними характеристиками і можливостям.

Модель	Варіанти входу датчиків температури	Варіанти виходу управління	Напруга живлення	Доступні габарити, мм	Особливості. Налаштування роботи і установка параметрів
<p>ТА</p> 	<p>Термопара: К(СА), J(ІС) Термометр опору: Pt100</p>	<p>Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА</p>	<p>100 – 240 В ~ при 50/60 Гц</p>	<p>48×48×67 мм 72×72×64,5 мм 96×96×64,5 мм</p>	<p><i>Кругова шкала управління.</i> Налаштування та управління за допомогою кругової шкали і перемикачів на корпусі.</p>

Область застосування аналогових контролерів температури

Температурні контролери аналогового типу застосовні в багатьох сферах і галузях для роботи з різними видами промислового обладнання:

- зварювальні апарати,
- паяльні установки,
- відливні машини,
- камери для спікання, агломераційні машини,
- пристрої для високотемпературного різання, в тому числі плазмотрони,
- промислові печі різного призначення, в тому числі електропечі,
- сушильні камери,
- котельне обладнання,
- системи нагрівання та подачі води, опалення, кондиціонування повітря, вентиляції,
- інкубатори, теплиці,
- термопластоавтомати,
- термостати та інші види.

Також аналогові контролери підійдуть для управління температурою в системах зберігання, складських комплексах, торговому обладнанні і для забезпечення необхідних умов перевезення товарів і матеріалів.

Аналогові термоконтролери вирішують завдання

Аналогові температурні контролери призначені:

- для контролю рівня температури об'єктів або середовищ,
- для приведення показника до заданого значення за допомогою управління процесами зниження або підвищення температури,
- для підтримки температури на необхідному рівні.

Залежно від підключених датчиків температури контролери можуть працювати з різним діапазоном контролю.

Переваги роботи з аналоговими температурними контролерами

Аналогові термоконтролери дозволяють просто задавати необхідне значення температури за допомогою перемикачів на корпусі. Також контроль роботи може здійснюватися за допомогою ручок управління. Контролери відрізняються простотою монтажу та інтеграції з робочим обладнанням і не вимагають довгого налаштування для роботи.

Важливою перевагою аналогових температурних контролерів є низька вартість приладів на відміну від інших видів обладнання.

Можливі недоліки аналогових термоконтролерів

Основним недоліком роботи з аналоговими контролерами температури є більш низька надійність роботи, а також високий рівень похибки при заданні і регулюванні температури. Цифрові пристрої відрізняються більш високою точністю.

У деяких випадках для роботи може знадобитися додатковий зовнішній перетворювач сигналів, що також обмежує можливість застосування термоконтролера аналогового вигляду.

При виборі для роботи аналогового контролера необхідно приділити особливу увагу таким функціональним характеристикам, як наявність тих чи інших виходів управління для приєднання виконавчого обладнання, а також можливість підключення необхідних варіантів датчиків температури.

Принцип роботи термоконтролера з аналоговим управлінням

При роботі з аналоговими контролерами необхідний рівень температури задається аналоговим способом за допомогою кнопок або ручок управління на корпусі пристрою. В іншому випадку термоконтролери працюють за загальним принципом для аналогічних пристроїв.

Температурні контролери аналогового типу отримують сигнал від підключених термодатчиків, інформують про поточний рівень контрольованої температури. Отримане значення порівнюється зі значенням уставки. Якщо поточне значення відрізняється від заданого, термоконтролер формує вихідний сигнал управління для приведення температури до заданого значення.





Наявність ПД-регулятора дозволяє більш точно регулювати рівень температури при роботі з аналоговими термоконтролерами.






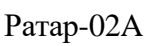
2.10 Термоконтролери цифрові


Термоконтролер цифровий призначений для регулювання температури і підтримки заданого рівня через управління процесами нагрівання та охолодження.

Моделі цифрових температурних контролерів

Цифрові термоконтролери мають широкий вибір варіантів виконання з різними технічними характеристиками.

Модель	Варіанти входу датчиків температури	Варіанти виходу управління	Напруга живлення	Доступні габарити, мм	Особливості. Налаштування роботи і установка параметрів
<p>T3S/T3H/T4M/T4L</p> 	<p>Термопара: К (CA), J (IC), R (PR) Термометр опору: Pt100</p>	<p>Реле: 250 В~ 3 А 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>100 – 240 В при 50/60 Гц 110 – 220 В при 50/60 Гц</p>	<p>48x48x100 мм 48x96x146 мм 72x72x125 мм 96x96x118 мм</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.</p>
<p>T3HS/T3HA T4MA/T4LA</p> 	<p>Термопара: К (CA), J (IC), R (PR) Термометр опору: Pt100</p>	<p>Реле: 250 В~ 3 А 1 с Твердотільне реле: 24 В ± 3 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>110 – 220 В~, 50/60 Гц</p>	<p>48x96x146 Мм 72x72x125 мм 96x96x118 мм</p>	<p><i>Подвійна уставка.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.</p>
<p>T4LP</p> 	<p>Термопара: К (CA), J (IC), R (PR) Термометр опору: Pt100</p>	<p>Реле: 250 В~, 2 А, 1 с 250В~, 3А, 1с Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом</p>	<p>100 – 240 В~, 50/60 Гц</p>	<p>96x96x118 мм</p>	<p><i>Двоконтурне регулювання.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.</p>
<p>ТС3УФ</p> 	<p>Термістор NTC Термометр опору: Pt100</p>	<p>Компресор: 250 В~ 5 А Вихід відтаювання: 250 В ~ 10 А</p>	<p>100 – 240 В~, 50/60 Гц</p>	<p>72x36x77 мм</p>	<p><i>Управління охолодженням та відтаюванням.</i> Налаштування</p>

		Вихід випарника: 250 В~ 5 А			та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Термопара: К(СА), J(ІС) Термометр опору: Pt100	Реле: 250 В ~ 3 А 1 с чи 250 В ~ 16 А 1 с	100 – 240 В~, 50/60 Гц	72x36x77 мм	Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Термометр опору: 50М, 100П, Pt100	Реле 220 В~ 8 А чи 220 В~16 А Опторезистор 220 В~ 200 мА Оптотранзистор 50 мА при 5,5...6,5 В	85...250 В~ 50/60Гц 120...250 В	72x88x54 мм	<i>Вбудоване реле контролю рівня.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Напівпровідниковий термоперетворювач ТС1047 Термопара: ХК(L), ХА(К) Термометр опору: 50М, 100П, Pt100	Реле 220В~ 5А Опторезистор 220 В~ 200 мА Оптотранзистор 50 мА при 5,5...6,5 В	198...242 В~ 50/60 Гц 100...250 В~ 50/60 Гц	72x88x54 мм 82x128x63,5 мм 96x48x112 мм 48x48x112 мм	<i>Наявність моделей зі входом для датчика рівня.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Термометр опору: 50М, 100П, Pt100	Реле 220 В ~ 8 А чи 220 В~16 А Опторезистор 220 В ~ 200 мА Оптотранзистор 50 мА при 5,5...6,5 В	100...250 В~ 50/60 Гц	48x48x112 мм	<i>Наявність моделей зі входом для датчика рівня.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Напівпровідниковий термоперетворювач ТС1047	Реле 220 В ~ 7 А чи 220 В ~ 10 А Симістор 220 В ~ 200 мА	150...250 В~ 50/60 Гц	72x88x54 мм	<i>Вбудований таймер та вхід для датчика рівня.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
	Напівпровідниковий термоперетворювач ТС1047	Реле 220 В ~ 14 А чи 220 В ~ 16 А	198...242 В ~ 50/60 Гц	128x82x63,5 мм	<i>Виносний датчик температури та вбудований автомат включення</i>

					<i>навантаження.</i> Налаштування та управління за допомогою кнопок на корпусі.
---	--	--	--	--	--

Область застосування цифрових термоконтролерів

Контролери цифрового типу застосовуються для регулювання температури в різноманітних виробничих процесах багатьох галузей промисловості:

- в сільському господарстві, аграрній промисловості, харчовому виробництві,
- при видобутку і переробці металів, виробництві сплавів, для термічної обробки металів і металевих виробів,
- при видобутку і переробці рудних копалин, нафти, газу, при виробництві нафтопродуктів,
- в сфері ЖКГ в системах опалення, вентиляції, кондиціонування, для забезпечення гарячого водопостачання,
- в енергетичній галузі і т. ін.

Контролери температури цифрового типу вирішують завдання

Цифрові контролери дозволяють вирішувати кілька завдань:

- регулювання температури контрольованих об'єктів і середовищ,
- підтримку заданого в налаштуваннях рівня температури,
- контроль процесів нагрівання та охолодження об'єкта або середовища,
- цифрове управління роботою обладнання.

При наявності сигналізаційного або аварійного виходу контролери також можуть здійснювати аварійну сигналізацію при виході температури за задані межі або при виникненні неполадок в роботі.

Переваги вибору цифрових термоконтролерів

Температурні контролери цифрового типу мають ряд переваг перед іншими видами пристроїв:

- цифрове задання необхідного значення температури,
- формування цифрового сигналу управління без додаткових перетворювачів,
- можливість підключення до ПК або ПЛК,
- зручне програмне забезпечення для налаштування і управління,
- можливість управління за допомогою ПК або кнопок на корпусі,
- наявність моделей з аналоговим виходом для роботи з різними видами пристроїв,
- можливість багатоканального або модульного виконання для підключення до декількох датчиків температури і управління декількома виконавчими пристроями одночасно.

Крім того, багато видів цифрових термоконтролерів можуть працювати з

датчиками інших видів, наприклад, тиску, вологості, струму для об'єднання функцій декількох контролерів.

Можливі недоліки термоконтролерів цифрового типу

Недоліком роботи з цифровими контролерами температури можуть стати обмежені технічні параметри, що обмежують можливість підключення різних видів термодатчиків і робочого обладнання. Також використовуються датчики температури визначають діапазон контрольованих температур, що вносить додаткові обмеження при використанні.

При підборі моделі цифрового термоконтролера для конкретних умов роботи необхідно приділити велику увагу технічним характеристикам приладів і сумісності з іншим робочим обладнанням.

Принцип роботи цифрових температурних контролерів

Цифровий термоконтролер формує вихідний сигнал управління виконавчим обладнанням на базі даних підключеного датчика температури. Підключений термодатчик вимірює поточний рівень температури контрольованого об'єкта або середовища. Отримане значення порівнюється із заданою в налаштуваннях величиною уставки. При відміні поточного значення від заданого цифровий вихідний сигнал контролера регулює роботу нагрівача або охолоджувача для підвищення або зниження температури.

Принцип роботи цифрового контролера температури забезпечує перетворення вхідного аналогового сигналу різних видів датчиків температури в цифровий сигнал на виході для простого підключення термоконтролера безпосередньо до ПК або ПЛК, а також до цифрових виконавчих пристроїв. Також сучасні цифрові температурні контролери мають можливість ПД-регулювання температури, що підвищує точність регулювання.





2.11 Індикатори температури

Індикатори температури призначені для візуального контролю станів і відстеження результатів роботи датчиків температури, контролерів, регуляторів.

Сучасні моделі індикаторів температури

В основному для промислового застосування використовуються зовнішні електронні індикатори, що підключаються до датчиків температури та до іншого робочого обладнання. Дані моделі індикаторів виконані у вигляді цифрових табло з відображенням поточного рівня температури контролю. Різні варіанти індикаторів мають різні технічні параметри роботи, що впливають на підбір моделі.

Модель	Розрядність дисплею	Точність індикації	Варіанти входу датчиків температури	Доступні габарити
Autonics T3NI/T4YI/T4WI/T3SI/	3- чи 4- розрядний	До $\pm 0,5$ % шкали ± 1	Термопара: K(CA), J(IC),	48x24x52 мм 72x36x100 мм

 <p>T3NI/T4MI/T4LI</p>		розряд	R(PR) Термометр опору: Pt100	96x48x112 мм 48x48x100 мм 48x96x146 мм 72x72x125 мм 96x96x118 мм
 <p>Autonics T4WM</p>	4- розрядний	До $\pm 0,5$ % шкали ± 1 розряд	Термопара: K(CA), J(IC) Термометр опору: Pt100	96x48x100 мм
 <p>Orbit Merret OM 47RTD</p>	4,5- розрядний	До $\pm 0,2$ % шкали ± 1 розряд	Термометр опору: Pt100, Pt500, Pt1000	96x48x110 мм
 <p>Orbit Merret OM 36RTD</p>	3,5- розрядний	До $\pm 0,3$ % шкали ± 1 розряд	Термометр опору: Pt100, Pt500, Pt1000	96x48x110 мм

Область застосування індикаторів температури

Індикатори застосовуються в тих процесах, де важливо візуально відслідковувати поточний рівень температури, а також спостерігати за станом роботи обладнання. Завдяки універсальним технічним характеристикам і можливості підключення до різних видів датчиків індикатори температури знайдуть застосування в різних галузях:

- в хімічній промисловості,
- в нафтогазовій галузі,
- в металургії,
- при виробництві продуктів харчування і багатьох інших.

Також індикатори температури необхідні для контролю процесів зберігання, транспортування, забезпечення необхідних умов виробництва, контролю мікроклімату будівель і приміщень.

Призначення температурних індикаторів

За допомогою індикаторів температури може вирішуватися велика кількість різних завдань:

- відображення поточного рівня контрольованої температури,
- відображення необхідного рівня температури, заданого в налаштуваннях,
- індикація станів роботи термообладнання, перемикання робочих режимів, контрольованих процесів,
- сигналізація досягнення заданого рівня,
- аварійна сигналізація та інші.

Переваги роботи з індикаторами температури

Сучасні температурні індикатори відрізняються рядом переваг:

- яскрава світлодіодна індикація,
- висока точність індикації,
- швидке отримання відповіді від підключених датчиків температури,
- широкий вибір обладнання, що підключається,
- широкий температурний діапазон виміру.

Деякі моделі індикаторів мають можливість підключення до інших видів датчиків завдяки аналоговому входу. Це дозволяє здійснювати індикацію інших робочих параметрів виробничих процесів.

Можливі недоліки застосування індикаторів температури

Для роботи з зовнішніми індикаторами температури необхідно передбачити додаткові роз'єми для підключення в робочому обладнанні, а також забезпечити додаткове джерело живлення, якщо індикатор не споряджений внутрішнім. При неможливості дотримання даних умов для відображення результатів вимірювання необхідно використовувати пристрої з вбудованими індикаторами.

Принцип роботи температурних індикаторів


Індикатор температури має простий принцип роботи, заснований на перетворенні аналогового сигналу від підключеного датчика температури в цифровий сигнал для виведення даних на дисплей. За допомогою підключеного термодатчика індикатор отримує інформацію про поточний рівень контрольованої температури. Вбудований процесор індикатора перетворює отриману інформацію і виводить її в числовому вигляді на цифрове табло. При наявності інших функцій індикатор також може візуалізувати поточний режим роботи обладнання.





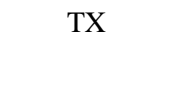
2.12 Температурні контролери Autonics



Температурні контролери Autonics являють собою пристрої для регулювання температури в рамках різних виробничих процесів.





Моделі температурних контролерів Autonics


Всі моделі контролерів температури Autonics мають вбудований ПД-регулятор і відрізняються зовнішнім виконанням, а також використовуваними керуючими виходами.

Модель	Варіанти входу датчиків температури	Варіанти виходу управління	Напруга живлення	Доступні габарити, мм	Особливості. Налаштування роботи і установка параметрів
<p>ТК</p> 	<p>Термопара: K, J, E, T, L, N, U, R, S, B, C, G, PLII Термометр опору: JPT100, DPT100, DPT50, CU100,</p>	<p>Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 11 В ± 2 В, не менше 20мА</p>	<p>100 -240 В~ при 50/60 Гц</p>	<p>48x48x72,2 48x48x64,5 96x48x64,5 48x48x64,5 72x72x64,5 96x96x64,5</p>	<p>Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</p>

	CU50, Nickel120 Аналоговий вхід: 0...100 мВ; 0...5 В; 1...5 В; 0...10 В; 0...20 мА; 4...20 мА	Аналоговий вихід: 4 – 20 мА чи 0 – 20 мА			
	Термопара: К, J, E, T, L, N, U, R, S, B, C, G, PLII Термометр опору: DPt100, JPt100	Реле: 250 В ~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 30 мА 22 В ± 3 В, не менше 30 мА Аналоговий вихід: 4 – 20 мА чи 0 – 20 мА	24 В	30x110x103,4	<i>Модульний термоконтроль з можливістю підключення трансформатора струму. Налаштування и управління с допомогою ПК чи ПЛК</i>
	Термопара: К(СA), J(ІC), E(CR), T(CC), B(PR), R(PR), S(PR), N(NN), C(TT), G(TT), L(IC), U(CC), Platinel II Термометр опору: Pt100, JPt100, DPt50, Cu100, Cu50, Nickel 120, 3- провідниковий тип Аналоговий вхід. Напруга: 0-100 мВ , 0-5 В, 1-5 В, 0-10 В Струм: 0-20 мА, 4- 20 мА	Реле: 250 В ~ 3 А 1 с Твердотільне реле: Максимально 12 В ± 3 В 20 мА Аналоговий вихід: 4-20 мА чи 0-20 мА	24 В	30x100x85	<i>Вдосконалений багатоканалний модульний регулятор температури. Налаштування и управління с допомогою ПК чи ПЛК</i>
	Термопара: К(СA), J(ІC), L(IC) Термометр опору: DIN Pt100, Cu50	Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА	100 – 240 В ~ при 50/60 Гц 24 В~ при 50/60 Гц; 24 – 48 В	48x48x64,5 48x48x72,2 72x36x77 72x72x64,5 96x48x64,5 48x96x64,5 96x96x64,5	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі /панелі
	Термометр опору: DIN Pt 100	Релейний вихід: 250 В~ 3 А 1 с; 250 В~ 3 А 1 с; Твердотільне реле: 24 В ± 3 В 20 мА; Аналоговий вихід: 4...20 мА	100 –240 В~ при 50/60 Гц	48x48x50 48x96x64,5 72x72x64,5 96x96x64,5	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі /панелі
	Термопара: К (СA), J (ІC), L (IC), T (СC), R(PR), S(PR) Термометр опору:	Релейний вихід: 250 В~ 3 А 30 В 1с; Твердотільне реле: 12 В 20 мА; 30 В 20 мА;	100 –240 В~ при 50/60 Гц	48x48x51 48x96x51 72x72x51 6x96x51	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі

	DIN Pt100, Cu50	Аналоговий вихід: 4...20 мА, 0...20 мА			/панелі
	Термопара: К(СА), J(ІС), R(РR), E(СR), T(СC), S(РR), N(НN), W(ТТ) Термометр опору: Pt100, JIS Pt100 Аналоговий вхід: 1...5 В, 0...10 В, 4...20 мА	Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 30 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА	100 – 240 В~ при 50/60 Гц 24 В~ при 50/60 Гц; 24 – 48 В	40x48x95 8x48x90 48x48x95 72x72x85 6x48x100 96x48x110 48x96x100 48x96x110 96x96x100 96x96x110	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі /панелі
	Термопара: К(СА), J(ІС) Термометр опору: Pt100, JIS Pt100	Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 30 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА	100 -240 В~ при 50/60 Гц	дисплей 60x60, панель управління 65x78	<i>Безкорпусне виконання.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі /панелі
	Термопара: К(СА), J(ІС), L(ІС), T(СC), R(РR), S(РR) Термометр опору: DPt100, Cu50	Реле: 250 В~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА	100 –240 В~ при 50/60 Гц 24 В~ при 50/60 Гц 24 – 48 В	48x56x64,5 72x77,5x64, 48x101,5x64,5 96x101,5x64,5	<i>Сенсорне управління.</i> Налаштування та управління за допомогою сенсорних кнопок на панелі
	Термопара: К(СА), J(ІС) Термометр опору: Pt100	Реле: 250В ~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА	100 – 240 В~ при 50/60 Гц	48x48x67 72x72x64,5 96x96x64,5	<i>Кругова шкала управління.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі
	Термопара: К (СА), J (ІС), R (РR) Термометр опору: Pt100	Реле: 250 В ~ 3 А 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 2 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА	100 – 240 В при 50/60 Гц 110 - 220 В при 50/60 Гц	48x48x100 48x96x146 72x72x125 96x96x118	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі
	Термопара: К (СА), J (ІС), R (РR) Термометр опору: Pt100	Реле: 250 В ~ 3 А 1 с Твердотільне реле: 24 В ± 3 В, не менше 20 мА Аналоговий	110 – 220 В ~, 50/60 Гц	48x96x146 72x72x125 96x96x118	<i>Подвійна уставка.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі

		вихід: 4...20 мА			
	Термопара: К (CA), J (IC), R (PR) Термометр опору: Pt100	Реле: 250 В ~, 2 А, 1 с 250 В ~, 3 А, 1 с Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 20 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА	100 – 240 В ~, 50/60 Гц	96x96x118	<i>Двоконтурне регулювання. Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</i>
	Термістор NTC Термометр опору: Pt100	Компресор: 250 В ~ 5 А Вихід відтаювання: 250 В ~ 10А Вихід випарника: 250 В ~ 5 А	100 –240 В~, 50/60 Гц	72x36x77	<i>Управління охолодженням и відтаюванням. Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</i>
	Термопара: К(CA), J(IC) Термометр опору: Pt100	Реле: 250 В ~ 3 А 1 с чи 250 В~ 16 А 1 с	100 –240 В ~, 50/60 Гц	72x36x77	<i>Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</i>
Autonics T3NI/T4YI/T4WI/T3SI / T3HI/T4MI/T4LI 	Термопара: К(CA), J(IC), R(PR) Термометр опору: Pt100	-	12 – 24 В, 100 –240 В~ при 50/60 Гц чи 110/220 В~ при 50/60 Гц	48x24x52 72x36x100 96x48x112 48x48x100 48x96x146 72x72x125 96x96x118	<i>Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</i>
Autonics T4WM 	Термопара: К(CA), J(IC) Термометр опору: Pt100	-	110/220 В~ при 50/60 Гц	96x48x100	<i>Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі</i>
Autonics KPN 	Термопара Термометр опору Аналоговий	Релейний, струмовий, твердотільне реле з вибором управляючої напруги	100 -240 В~ при 50/60 Гц	96x48x64,5 48x96x64,5 96x96x64,5	<i>Високоточні контролери виробничого процесу з ПІД- регулюванням, відрізняються малим інтервалом вимірів (50 мс) та точною індикацією (± 0,3 %)</i>
Autonics TF3	NTC-термістор: 5 кОм/10 кОм Термометр опору:	Компресор: 250 В ~ 5 А, 30 В 5 А, 1 с; 250	110/220 В~ при 50/60 Гц	77x35x74,3	<i>Температурні контролери зі синхронізацією</i>

	DPt100	В ~ 16 А, 24 В 16 А, 1с; 250 В~ 20 А, 1с; Вихід відтаювання: 250 В~ 10 А, 24 В 10 А, 1 с; Допоміжний вихід AUX: 250 В~ 5 А, 30 В 5 А, 1 с	24 В АС, 12-24 В DC	<i>відтаювання та дистанційним управлінням для монтажу в панелях холодильних установок та систем повітряного охолодження</i>
---	--------	---	------------------------	--

Область застосування контролерів температури Autonics

Температурні контролери Autonics підійдуть для широкого застосування в різних промислових галузях:

- у металургійній галузі: для забезпечення процесів плавлення, випалювання, зварювання, лиття та іншої термічної обробки металів, сплавів, виробництва металопродукату, металевих виробів;
- у нафтогазовій галузі: при видобутку і переробці газу, нафти, для забезпечення транспортування нафти і нафтопродуктів;
- в аграрній та харчовій промисловості, сільському господарстві: в парниках, теплицях, при виробництві продуктів харчування, комбікормів, в процесі стерилізації, пастеризації, в системах зберігання;
- у теплоенергетиці: при виробництві та постачанні опалення та водопостачання;
- у сфері ЖКГ: в системах гарячого водопостачання, опалення, кондиціонування, вентиляції, управління мікрокліматом і в інших.

Призначення термоконтролера Autonics

Температурні контролери Autonics призначені для управління різноманітними виробничими процесами, пов'язаними з нагріванням, охолодженням, а також для підтримки необхідного рівня температури. ПІД-регулятор контролера Autonics забезпечує точніше управління заданими параметрами.

Переваги вибору температурних контролерів Autonics

Температурні контролери Autonics відрізняються кількома перевагами в порівнянні з іншими пристроями регулювання температури:

- наявність різних варіантів управління, включаючи ПІД-регулятор,
- вбудований таймер для управління,
- висока точність роботи при високій швидкості вимірювань,
- підключення різних видів датчиків температури,
- сигналізація аварійних станів,
- монтаж на DIN-рейку або в шафу,
- широкий модельний ряд, включаючи безкорпусний варіант,
- можливість вибору моделі зі світлодіодним індикатором або круговою

шкалою управління,

- можливість вибору двоканальних моделей з одночасним контролем нагрівання та охолодження.

Можливі недоліки роботи з контролерами температури Autonics

При виборі моделі контролерів Autonics для роботи в умовах, що вимагають високої точності вимірювань, слід приділити особливу увагу заявленій похибці, зазначеної в технічній документації, а також похибці використовуваного датчика температури.

Безкорпусний варіант температурного контролера Autonics необхідно монтувати в шафу управління для захисту електронного блоку приладу від зовнішніх впливів.

Температурні контролери Autonics здійснюють контроль температури за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціального регулювання. Керуючий сигнал формується з поєднання трьох величин, які розраховуються від заданого і виміряного значення температури:

- пропорційна, що відображає різницю між значеннями,
- інтегруюча, вираховується по інтегралу за часом від різниці значень,
- диференціююча, що показує швидкість зміни різниці значень.

Вихідний сигнал різних моделей контролерів Autonics може складатися по-різному:


- пропорційне регулювання,
- пропорційно-інтегральне регулювання,
- пропорційно-диференціальне регулювання,
- повне ПІД-регулювання за сумою розрахованих величин.




2.13 Температурні контролери Delta




Температурні контролери Delta Electronics призначені для управління різними виробничими процесами, пов'язаними з термічною обробкою.


Моделі температурних контролерів Delta Electronics

Моделі температурних контролерів Delta Electronics є устроєм з ПІД-регулятором, що дозволяє більш точно управляти параметрами. Різні варіанти виконання відрізняються різними робочими характеристиками.

Модель	Варіанти входу датчиків температури	Варіанти виходу управління	Напруга живлення	Доступні габарити, мм	Особливості. Налаштування роботи і установка параметрів
DT3 	Термопара: К, J, T, E, N, R, S, B, L, U, ТХК Термометр	Реле: 250 В ~ 5 А Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не	80 -260 В ~ при 50/60 Гц 24 В	48x48x87,5 48x96x72 72x72x72 96x96x72	Мікропроцесорний термоконтролер с можливістю модульного розширення.

	опору: Pt100, JPt100, Cu50, Ni120 Аналоговий вихід: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ	менше 40 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 500 Ом 0...10 В, навантаження максимум 1000 Ом			Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі.
DTK 	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50, Ni120	Реле: 250 В ~ 5 А Твердотільне реле: 12 В ± 3 В, не менше 40 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом	80 – 260 В ~ при 50/60 Гц	48x48x87,5 48x96x72 72x72x72 96x96x72	<i>Економічний термоконтролер нового покоління.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі.
DTB 	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Аналоговий вихід: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ	Реле: 250 В ~ 5 А Твердотільне реле: 14 В ~, не менше 40 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом	100 - 240 В ~ при 50/60 Гц	48x24x100 48x48x80 48x96x80 96x96x80	<i>Робота с датчиками витрат, тиску, вологості та інші.</i> Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі.
DTA 	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору:	Реле: 250 В ~ 5 А Твердотільне реле: 14 В ~, не менше 40 мА	100 - 240 В ~ при 50/60 Гц	48x48x80 72x72x78 48x96x80 96x48x80 96x96x80	Налаштування та управління за допомогою ПК та кнопок на корпусі.

	Pt100, JPt100	Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 600 Ом			
	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50 Аналоговий вихід: 0...5 В, 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...50 мВ	Реле: 250 В ~ 3 А Твердотільне реле: 12 В, не менше 40 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 500 Ом 0...10 В, навантаження максимум 1000 Ом	24 В	25x90x60	<i>Модульний термоконтролер на 8 пристроїв. Налаштування та управління за допомогою ПК.</i>
	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору: Pt100, JPt100, Cu50	Реле: 250 В ~ 3 А Твердотільне реле: 12 В, не менше 40 мА Аналоговий вихід: 4...20 мА, навантаження максимум 500 Ом 0...10 В, навантаження максимум 1000 Ом	24 В	110x73x90	<i>Модульний термоконтролер на 8 пристроїв. Налаштування та управління за допомогою ПК.</i>
	Термопара: К, J, Т, Е, N, R, S, В, L, U, ТХК Термометр опору:	Реле: 250 В ~ 5 А	100 - 240 В ~ при 50/60 Гц	48x96x80 96x96x80	<i>Робота с датчиком положення задвижки. Налаштування та управління за</i>

	Pt100, JPt100 Аналоговий вихід: 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5 В, 0...10 В, 0...70 мВ				допомогою ПК та кнопок на корпусі.
 DVP-TK	Термопари: J, K, R, S, T, E, N, B, U, L, ТХК (L), С, PLП Термоопір: Pt100, JPt100, Pt1000, Ni100, Ni1000, Cu50, Cu100, GNi1000 Аналоговий: 0...+ 50 мВ, 0...+ 5 В, 0...+ 10 В, 0...+ 20 мА, 4...+ 20 мА	4 релейні (R) – 250 В АС / 24 В DC, 2 А (резистивне навантаження); 4 транзисторні імпульсні (NPN), 0,3 А (резистивне навантаження); 2 аналогові (L) – 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА; RS-485: Modbus ASCII/RTU, швидкість 9600...115200 біт/с	24 В	25,2х60х90	<i>Модульний термоконтролер.</i> Датчик зворотного зв'язку з сигналом 4-20 мА. Складання до 8 модулів розширення.

Область застосування контролерів температури Delta

Температурні контролери Delta підійдуть для управління різними процесами термічної обробки. При цьому контролери можуть ефективно управляти як нагріванням, так і охолодженням. Деякі моделі можуть використовувати в якості вимірювального обладнання термодатчики, датчики вологості, положення, тиску, витрати, струму та ін. Це дозволяє застосовувати температурні контролери Delta для роботи з різним обладнанням у багатьох виробничих процесах:

- сушильні установки, кліматичні камери,
- промислові печі, нагрівальні установки, термостати,
- холодильники, охолоджувальне обладнання,
- зварювальне обладнання, машини для лиття, термопреси,
- системи управління мікрокліматом, системи опалення та кондиціонування будівель і приміщень,
- управління зонами нагріву різного устаткування,

- управління заслінками і запірною арматурою,
- контроль витрати,
- контроль тиску.

Температурні контролери Delta Electronics застосовуються в різноманітних промислових галузях і сферах, включаючи видобувну і переробну промисловість, металургію, машинобудівну галузь, харчову промисловість і багато інших.

Призначення контролерів температури Delta Electronics

Температурні контролери Delta призначені для автоматизації процесів регулювання температури в промисловості. Контролери можуть вбудовуватися в автоматичні системи управління або використовуватися окремо.

Окремі варіанти контролерів можуть застосовуватися для регулювання тиску, вологості, витрати і інших параметрів при підключенні відповідних датчиків.

Переваги роботи з температурними контролерами Delta

Модельний ряд температурних контролерів Delta Electronics мають відмінні переваги в порівнянні з аналогічними пристроями:

- різні варіанти управління, включаючи ПІД-регулювання, ручне та автоматичне керування та ін.,
- підключення різних видів датчиків температури, а також датчиків тиску, положення та інших,
- висока швидкість отримання результатів вимірювання при високій точності роботи,
- зручний інтерфейс управління і налаштування в програмному забезпеченні,
- індикація заданого і вимірюваного значень температури, а також станів роботи,
- кріплення на DIN-рейку або монтаж в шафу,
- аварійні виходи і аварійна сигналізація,
- можливість вибору багатоканальних моделей з одночасним керуванням процесами нагрівання та охолодження,
- модульні варіанти з об'єднанням декількох пристроїв в одному,
- можливість вибору пристрою з інтерфейсом RS485 або USB.

Можливі недоліки вибору термоконтролера Delta Electronics

При роботі з температурними контролерами Delta Electronics слід враховувати параметри навколишнього середовища роботи пристрою, тому що контролери не розраховані на роботу при негативних температурах. У цьому випадку необхідно використовувати інші варіанти температурних контролерів, які підходять під конкретні умови використання.

Принцип роботи контролера температури Delta Electronics

Температурні контролери Delta здійснюють регулювання температури

різними способами. У кожному разі для формування вихідного сигналу використовується інформація від датчика температури, порівнювана з зазначеним в налаштуваннях значенням. При відхиленні поточного значення температури від заданого на виконавче обладнання передається керуючий сигнал підвищення або зниження температури. У разі рівного розподілу значень відбувається підтримка поточного рівня до зміни налаштувань або програми управління.

При роботі ПД-регулятора вихідний сигнал температурного контролера Delta складається з пропорційної, інтегральної і диференційної величини в розрахунку від різниці заданого і отриманого значень. Регулювання також може здійснюватися автоматично за заданою програмою або за допомогою ручної установки значень і запуску роботи.

Всі моделі контролерів Delta можуть працювати з дискретним варіантом управління, при якому включення і виключення контролера відповідно запускає або зупиняє робочий процес. Окремі моделі мають інші варіанти регулювання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ

1. Температура пари вимірюється термоелектричним термометром типу К (нікельхром-нікельалюмінієва термопара), який за допомогою подовжуючих термоелектродних дротів підключений до мілівольтметра. Мілівольтметр встановлений в приміщенні блокового щита, що має температуру 20°C. Опір мілівольтметра 323 Ом, термометра в робочих умовах 0,35 Ом. Підгонка опору зовнішньої лінії до значення 5 Ом здійснюється при температурі 20°C. Опір подовжуючих термоелектродних дротів 3,47 Ом при загальній довжині 150 м (у тому числі 3 м усередині блокового щита).

Необхідно оцінити відносну зміну показників мілівольтметра, викликану зміною температури дротів від 20 до 65 °С. Температурний коефіцієнт електричного опору дротів $\alpha = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

При температурі подовжуючих термоелектродних дротів 20 °С опір зовнішньої лінії складає 5 Ом, то загальний опір всього вимірювального ланцюга складає $R_0 = 328 \text{ Ом}$.

При температурі t_1 опір частини подовжуючих термоелектродних дротів, які знаходяться із-зовні блокового щита:

$$R_{y'} := R \cdot \frac{L - L_1}{L}$$

При температурі t_2 опір даної частини:

$$R_{y''} := R_{y'} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{\max}}{1 + \alpha \cdot t_{\min}}$$

Відповідно, загальний опір ланцюга збільшується на ΔR_0 :

$$\Delta R_0 := R_{y''} - R_{y'}$$

Відносна зміна показань мілівольтметра визначається:

$$\Delta U := \frac{R_0 - R_1'}{R_1'} \cdot 100\%$$

В абсолютних одиницях для термоелектричного термометра типу К при t похибка буде рівною Δt .

$$\begin{aligned} L &:= 150 & L_1 &:= 3 & R_0 &:= 328 & \alpha &:= 2.4 \cdot 10^{-3} & t_{\max} &:= 65 & t_{\min} &:= 20 \\ R_{y'} &:= R \cdot \frac{L - L_1}{L} & R_{y'} &= 3.401 \\ R_{y''} &:= R_{y'} \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t_{\max}}{1 + \alpha \cdot t_{\min}} & R_{y''} &= 3.751 \\ \Delta R_c &:= R_{y''} - R_{y'} & \Delta R_c &= 0.35 \\ R_1' &:= R_0 + \Delta R_c & R_1' &= 328.35 \\ \Delta t &:= \frac{R_0 - R_1'}{R_1'} \cdot 100\% & \Delta t &= -0.001 \end{aligned}$$

2. Термоперетворювач, що вимірює температуру повітря, знаходиться в повітропроводі. Температура термоперетворювача $t_t = 356$ °С, температура стінки повітропроводу $t_{ст} = 270$ °С, термоперетворювач занурений в повітропровід на глибину $l = 100$ мм, захисний чохол термоперетворювача виконаний із сталі з теплопровідністю $\lambda = 18$ Вт/(м·К), зовнішній діаметр чохла $d_3 = 24$ мм, внутрішній діаметр чохла $d_в = 16$ мм, коефіцієнт тепловіддачі від повітря до термоперетворювача $\alpha_k = 50$ Вт/(м²·К).

Необхідно визначити дійсну температуру повітря і похибку, викликану відведенням теплоти по чохла термоперетворювача. Похибку, обумовлену променистим теплообміном між термоперетворювачем і стінкою повітропроводу, до уваги не враховуємо.

Похибка Δt вимірювання температури за рахунок тепловідводу по чохла визначається:

$$\Delta t := t_t + \frac{t_c - t_{st}}{\text{ch}(l) \cdot \sqrt{\frac{P \cdot \alpha_k \cdot \alpha}{\lambda \cdot (P^2 - S^2)}}$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі між термоперетворювачем та вимірювальним середовищем, Вт/(м²·К);

P та S – периметр (м) та площа (м²) поперечного перерізу чохла перетворювача;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу термоперетворювача, Вт/(м·К);

l – глибина занурення чохла у вимірювальне середовище, м.

```

tt := 356      tst := 270      l := 100      lambda := 18      ds := 24      db := 16      alpha_k := 50

tc := 356      P := 0.024      alpha := 4      S := 0.016      x := 0.1

Delta_t := tt + (tc - tst) / (1.005 * sqrt((P * alpha_k * alpha) / (lambda * (P^2 - S^2))))
Delta_t = 358.964

Delta_t := tc - Delta_t      Delta_t = -2.964

```

3. В якості датчика температури візьмемо терморезистор. Терморезистор відноситься до параметричних датчиків температури, оскільки його активний опір залежить від температури. Терморезистором називають також термометрами опору або термоопори. Вони застосовуються для вимірювання температури в широкому діапазоні від -270 до 1600 °С.

Якщо терморезистор нагрівати електричним струмом, який проходить через нього, то його температура буде залежати від інтенсивності теплообміну з навколишнім середовищем. Так як інтенсивність теплообміну залежить від фізичних властивостей газового або рідкого середовища (наприклад, від теплопровідності, щільності, в'язкості), в якій знаходиться терморезистор, від швидкості переміщення терморезистора щодо газового або рідкого середовища, то терморезистори використовуються і в приладах для вимірювання таких неелектричних величин, як швидкість, витрата, щільність і ін.

Розрізняють металеві і напівпровідникові терморезистори. Металеві терморезистори виготовляють з чистих металів: міді, платини, нікелю, заліза, рідше з молібдену і вольфраму. Для більшості чистих металів температурний коефіцієнт електричного опору становить приблизно $(4-6,5) \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$, тобто при збільшенні температури на 1 °С опір металевого терморезистора збільшується на 0,4-0,65 %. Найбільшого поширення набули мідні та платинові терморезистори.

В якості датчика температури приймаємо терморезистор типу СО-3М-01.

Основні технічні характеристики СО-3М-01:

- напруга живлення: змінна 220 ± 20 В;
- вимірюваний діапазон температури: від -270 до 1600 °С;
- точність вимірювання температури: ± 1 °С;
- режим зв'язку з персональним комп'ютером: послідовний інтерфейс RS232;
- час реакції на аварійну ситуацію: 2 - 5 с;
- час сканування (робочий цикл вимірювання): 30 с.

Зробимо розрахунок чутливості датчика, для знаходження його передавальної функції.

Опір металевого провідника R залежить від температури:

$$R = C \cdot e^{\alpha T},$$

де C - постійний коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструктивних розмірів провідника;

α - температурний коефіцієнт опору.

Абсолютна температура (К) пов'язана з температурою в градусах Цельсія співвідношенням:

$$T(\text{К}) = 273 + T (\text{°С}).$$

Визначимо відносну зміну опору провідника при його нагріванні. Нехай спочатку провідник перебував при початковій температурі T_0 і мав опір R_0 . При нагріванні до температури T його опір $R_T = C e^{\alpha T}$. Візьмемо ставлення R_T і R_0 :

$$\frac{R_T}{R_0} = \frac{C \cdot e^{\alpha T}}{C \cdot e^{\alpha T_0}} = e^{\alpha(T-T_0)}.$$

Відомо, що функцію виду e^x можна розкласти в степеневий ряд:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

Для нашого випадку $x = \alpha \cdot (T - T_0)$. Так як величина α для міді порівняно мала і в діапазоні температур до $+121$ °С може бути прийнята постійною.

$\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}$ 1/°С, то і множник $\alpha \cdot (T - T_0)$ в цьому діапазоні температур менше одиниці. Тому не буде великою помилкою нехтувати при розкладанні членами ряду другого ступеня і вище:

$$\frac{R_T}{R_0} = 1 + \frac{\alpha \cdot (T - T_0)}{1!}.$$

Висловимо опір при температурі T через початковий опір при T_0 :

$$R_T = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)].$$

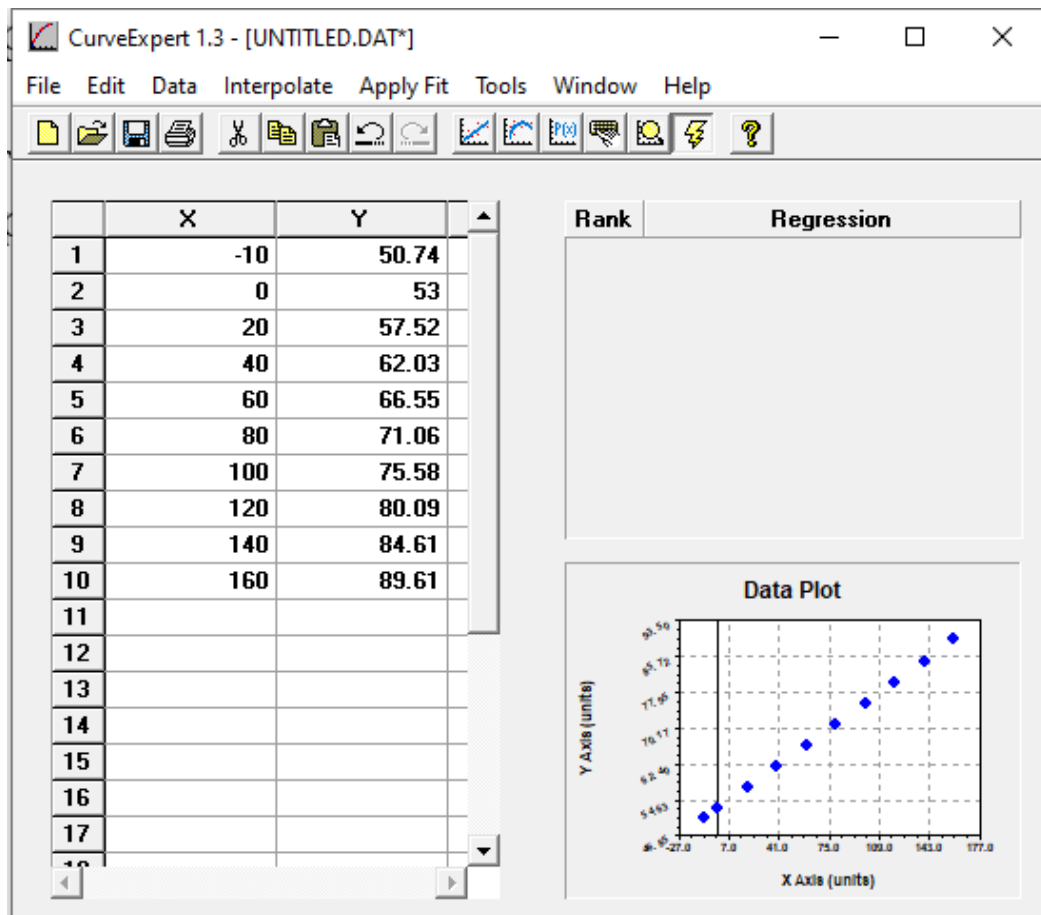
Мідні терморезистори випускаються серійно і позначаються ТСМ (термоопори мідні) з відповідним градуюванням. Мідні терморезистори виконуються з дроту діаметром не менше 0,1 мм, покритою для ізоляції емаллю.

Для металевих терморезисторів чутливість дорівнює $S_d = \alpha$. Саме температурний коефіцієнт опору визначає чутливість.

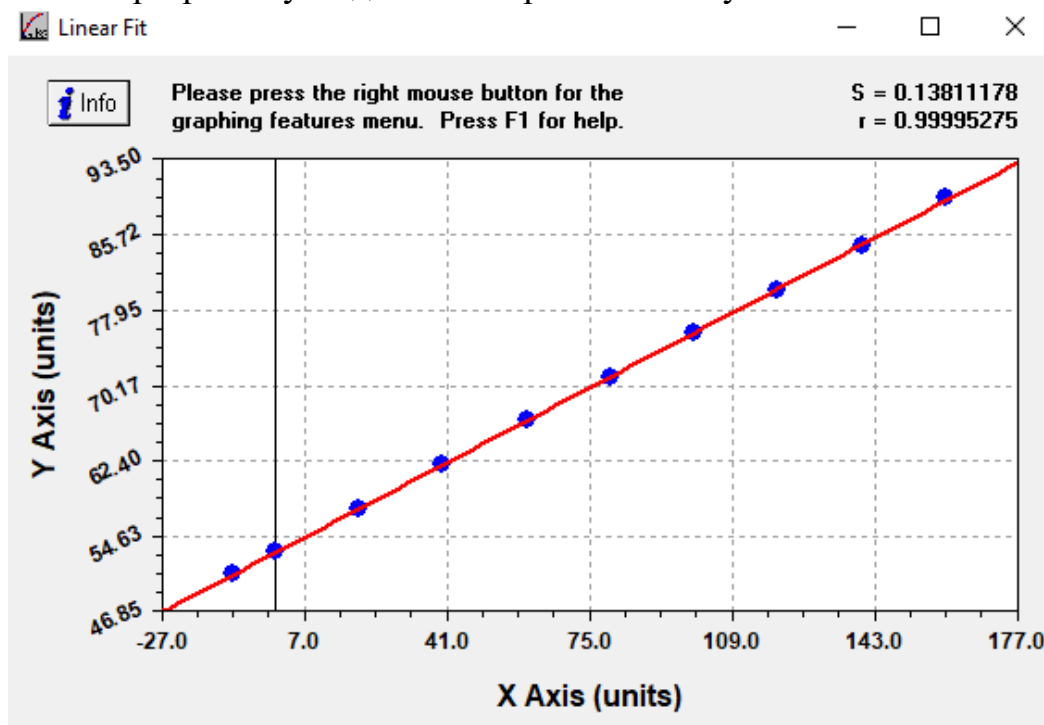
У таблиці показана залежність опору мідного терморезистора від температури.

Температура, °C	Опір, Ом
-10	50,74
0	53,00
20	57,52
40	62,03
60	66,55
80	71,06
100	75,58
120	80,09
140	84,61
160	89,61

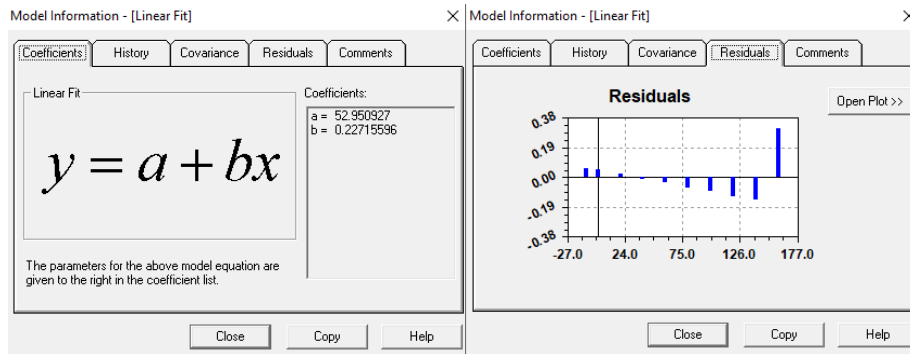
Будуємо графік залежності опору мідного терморезистора від температури в середовищі CurveExpert для визначення регресійної моделі для лінійної функції.



Визначаємо регресійну модель. Вибираємо лінійну залежність.



Розрахунок коефіцієнтів регресійної моделі та відхилення моделі від побудованого графіку:



Так як вимірюваний діапазон виміру температури датчика від 0 до 121 °С, то можемо визначити максимальний і мінімальний опори згідно регресійної моделі:

$$R = 52,950927 + 0.22715596 \cdot T.$$

- при $T = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ $R = 52,95 \text{ Ом}$;
- при $T = 121 \text{ } ^\circ\text{C}$ $R = 80,43 \text{ Ом}$.

Знайдемо передавальну функцію датчика:

$$W_{дт}(p) = \frac{U(p)}{T(p)},$$

$$U = I \cdot R,$$

$$I = \frac{U \text{ max}}{R \text{ max}} = \frac{12}{80,43} = 0,15 \text{ A}.$$

Згідно розрахунків передавальна функція для датчика температури має вигляд:

$$W_{дт}(p) = \frac{0,15}{0,5295p + 1}.$$

Завдання.

Визначити регресійні моделі для поліноміальної, лінійної, квадратичної, кубічної функції залежності ЕРС термопар від температури (21 точка вимірювання) в середовищі CurveExpert. Вибрати найкращу модель з урахуванням середньоквадратичного відхилення та коефіцієнта кореляції побудувавши таблицю визначених регресійних моделей.

Номер моделі Rank	Тип моделі Model family	Рівняння моделі Model equation	Розраховані коефіцієнти модельного рівняння Coefficient Data	Середньоквадратичне відхилення Standard Error	Коефіцієнт кореляції Correlation Coefficient	Коментарі Comments

№ варіанта	Матеріал термопари	Діапазон температури, °С
1	K	- 270 ÷ - 30
2	K	+ 100 ÷ + 300
3	K	+ 200 ÷ + 400
4	K	+ 300 ÷ + 500
5	K	+ 400 ÷ + 600
6	K	+ 600 ÷ + 800
7	K	+ 1170 ÷ + 1370
8	J	- 210 ÷ - 80
9	J	+ 100 ÷ + 300
10	J	+ 200 ÷ + 400
11	J	+ 300 ÷ + 500
12	J	+ 400 ÷ + 600
13	J	+ 600 ÷ + 800
14	J	+ 700 ÷ + 900
15	L	- 200 ÷ - 80
16	L	+ 100 ÷ + 300
17	L	+ 200 ÷ + 400
18	L	+ 300 ÷ + 500
19	L	+ 400 ÷ + 600
20	L	+ 600 ÷ + 800
21	L	+ 690 ÷ + 890

Таблиця для типу K (NiCr-Ni) термо-ЕРС (мВ)										
°С	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,891	-6,035	-6,158	-6,262	-6,344	-6,404	-6,441	-6,458		
-100	-3,553	-3,852	-4,138	-4,410	-4,669	-4,912	-5,141	-5,354	-5,550	-5,730
0		-0,392	-0,777	-1,156	-1,527	-1,889	-2,243	-2,586	-2,920	-3,242
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0		0,397	0,796	1,203	1,611	2,022	2,436	2,850	3,266	3,681
100	4,095	5,549	4,919	5,327	5,733	6,137	6,539	6,939	7,338	7,737
200	8,137	8,537	8,938	9,341	9,745	10,151	10,560	10,969	11,381	11,793
300	12,207	12,623	13,039	13,456	13,874	14,292	14,712	15,132	15,552	15,974
400	16,395	16,818	17,241	17,664	18,088	18,513	18,938	19,363	19,788	20,214
500	20,640	21,066	21,493	21,911	22,346	22,772	23,198	23,624	24,050	24,476
600	24,902	25,327	25,751	26,176	26,599	27,022	27,445	27,867	28,288	28,709
700	29,128	29,547	29,965	30,383	30,799	31,214	31,629	32,042	32,455	32,866
800	33,277	33,686	34,095	34,502	34,909	35,314	35,718	36,121	36,524	36,925
900	37,325	37,724	38,122	38,519	38,915	39,310	39,703	40,096	40,488	40,879
1000	41,269	41,657	42,045	42,432	42,817	43,202	43,585	43,968	44,349	44,729
1100	45,108	45,486	45,863	46,238	46,612	46,985	47,356	47,726	48,095	48,462
1200	48,828	49,192	49,555	49,916	50,276	50,633	50,990	51,344	51,697	52,049

1300	52,398	52,747	53,093	53,439	53,782	54,125	54,466	54,807		
Таблица для типу J (Fe-CuNi) термо-ЕРС (мВ)										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7,890	-8,096								
-100	-4,632	-5,016	-5,426	-5,801	-6,159	-6,499	-6,821	-7,122	-7,402	-7,659
0	0,000	-0,501	-0,995	-1,481	-1,960	-2,431	-2,892	-3,344	-3,785	-4,215
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,507	1,190	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725
100	5,269	5,812	6,590	6,907	7,457	8,008	8,560	9,113	9,667	10,222
200	10,777	11,332	11,887	12,442	12,998	13,553	14,108	14,663	15,217	15,771
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295
400	21,846	22,397	22,949	23,501	24,054	24,607	25,161	25,716	26,272	26,829
500	27,388	27,949	28,511	29,075	29,642	30,210	30,782	31,356	31,933	32,513
600	33,096	33,683	34,273	34,867	35,464	36,066	36,671	37,280	37,893	38,510
700	39,130	39,754	40,382	41,013	41,647	42,283	42,922	43,563	44,207	44,852
800	45,498	46,144	46,790	47,434	48,076	48,716	49,354	49,989	50,621	51,249
900	51,875	52,496	53,115	53,729	54,341	54,948	55,553	50,155	56,753	57,349
1000	57,942	58,533	59,121	59,708	60,293	60,876	61,459	62,039	62,619	63,199
1100	63,777	64,355	64,933	65,510	66,087	66,664	67,240	67,815	68,390	68,964
1200	69,536									

Таблица для типу L (Fe-CuNi) термо-ЕРС (мВ)										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200,00	-8,15									
-100,00	-4,75	-5,15	-5,53	-5,9	-6,26	-6,6	-6,93	-7,25	-7,56	-7,86
0	0	-0,51	-1,02	-1,53	-2,03	-2,51	-2,98	-3,44	-3,89	-4,33
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	-0,52	-1,05	-1,58	-2,11	-2,65	-3,19	-3,73	-4,27	-4,82
100	5,37	5,92	6,47	7,03	7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39
200	10,95	11,51	12,07	12,63	13,19	13,75	14,31	14,88	15,44	16
300	16,56	17,12	17,68	18,24	18,8	19,36	19,92	20,48	21,04	21,6
400	22,16	22,72	23,29	23,86	24,43	25	25,57	26,14	26,71	27,28
500	27,85	28,43	29,01	29,59	30,17	30,75	31,33	31,91	32,49	33,08
600	33,67	34,26	34,85	35,44	36,04	36,64	37,25	37,85	38,47	39,09
700	39,72	40,35	40,98	41,62	42,27	42,92	43,57	44,23	44,89	45,55
800	46,22	46,89	47,57	48,25	48,94	49,63	50,32	51,02	51,72	52,43

РОЗДІЛ 3. ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Датчики тиску призначені для вимірювання рівня тиску рідини або газових середовищ. Датчик вимірює тиск середовища і формує робочий вихідний сигнал.

Датчик включає в себе пристрій первинного перетворення, забезпечене чутливим елементом, і схему для вторинної обробки сигналу. Для підключення до робочого обладнання і захисту від шкідливих впливів зовнішнього середовища датчики тиску мають різну конструкцію і додаткові деталі.

Область застосування датчиків контролю тиску в промисловості

Датчики тиску стали одним з найбільш поширених видів вимірювального обладнання. Тиск газових середовищ, рідин і пари - один з найважливіших параметрів ведення виробничих процесів.





Найчастіше датчики тиску застосовуються для таких галузей і процесів:

- В атомній енергетиці: контроль параметрів і перепадів тиску, статодинамічних режимів пари і суміші води і пари на реакторних установках;
- В енергетичній галузі: вимірювання тиску теплоносія при виробництві і транспортуванні енергії і тепла в рамках ТЕС, котельнь, ГРЕС, контроль тиску для аварійного захисту;
- У нафтогазовій галузі: контроль тиску високотемпературних середовищ в стовбурах свердловин, на виході зі свердловин для видобутку, в нагнітальних свердловинах, вимірювання тиску при сепарації нафти, контроль тиску насосних агрегатів, кранових майданчиків, резервуарних парків, вимірювання тиску при веденні комерційного обліку нафти, нафтопродуктів, газу;
- У металургії: вимірювання тиску при виробництві металів, контроль виробництва під тиском або вакуумом;
- У будівельній галузі: вимірювання тиску при виробництві будматеріалів, контроль будівництва будівель та споруд, аварійної просадки ґрунту;
- У хімічній промисловості: вимірювання тиску різних рідких і газових продуктів при виробництві;
- У харчовій промисловості: екологічний вимір тиску;
- У сфері ЖКГ, водопостачання та водовідведення: вимірювання тиску тепло енергоносія для забезпечення поставок і взаєморозрахунків;
- Для судноплавного та автотранспорту: вимірювання тиску різних рідин і розчинів, в тому числі масла та гідравлічних рідин, контроль рівня тиску в циліндрах двигуна, аварійний захист обладнання.











Крім того, датчики тиску застосовуються для роботи з компресорними і насосними установками, гідравлічним устаткуванням, промисловими двигунами і іншими видами машин і механізмів в рамках різних виробничих процесів.









Модифікації датчиків тиску







серія	діапазон вимірів	температура середовища	вихідні сигнали	Напруга живлення	Особливості
-------	------------------	------------------------	-----------------	------------------	-------------

<p>APZ series</p> 	<p>від 0 ... 0,04 до 600 бар</p>	<p>від -40 до + 300 °С</p>	<p>4...20 мА; 0...20 мА; 0...10 В; 0 ... 5 В; 0,5...4,5 В; Modbus RTU; HART</p>	<p>5 В DC</p>	<p>Види тиску: абсолютний, надмірний, диференціальний, вакуум. Сенсор кремнієвий тензорезистивний або емнісний</p>
<p>Ені-12</p> 	<p>0 ... 1000 бар</p>	<p>від -40 до + 80 °С</p>	<p>4...20 мА; HART</p>	<p>12 ... 42 В DC</p>	<p>Види тиску: абсолютний, надмірний, розрідження, надмірне розрядження, різниця тисків, гідростатичний. Наявність вибухозахищених виконань.</p>
<p>МРМ / МДМ</p> 	<p>від -1 до 1600 бар</p>	<p>від -40 до + 150 °С</p>	<p>4...20 мА, RS485, 0/1...5/10 В DC, 0,5...2,5 В / 4,5 В DC, 0...10/20 мА DC, RS485, HART</p>	<p>10 ... 30 В DC</p>	<p>П'єзорезистивний аналоговий датчик тиску. Корпус з нержавіючої сталі 316L.</p>
<p>PSAN</p> 	<p>0 ... - 1,0130 ... 1,020 ... 10,01,02 ... -1,02 бар</p>	<p>-10 ... + 50 °С</p>	<p>NPN ОК (відкритий колектор) 30 В / 100 мА, 3PNP ОК 2В / 100 мА Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>12 ... 24 В DC</p>	<p>Для рідин, повітря і некорозійних газів. Квадратний корпус нового покоління. Налаштування часу спрацьовування в межах 2,5 – 1000 мс.</p>
<p>PSA</p> 	<p>0 ... - 1,0130 ... 1,020 ... 10,01,02 ... -1,02 бар</p>	<p>-10 ... + 50 °С</p>	<p>NPN ОК 30 В / 100 мА, 3PNP ОК 2 В / 100 мА Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>12 ... 24 В DC</p>	<p>Для повітря і некорозійних газів. Квадратний корпус. Налаштування часу спрацьовування в межах 2,5 – 1000 мс.</p>
<p>PSB</p> 	<p>0 ... - 1,0130 ... 1,020 ... 10,01,02 ... -1,02 бар</p>	<p>-10 ... + 50 °С</p>	<p>NPN ОК 30 В / 100 мА, 3PNP ОК 2 В / 100 мА. Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>12 ... 24 В DC</p>	<p>Для повітря і некорозійних газів. Прямокутний корпус. Налаштування часу спрацьовування в межах 2,5 – 1000 мс.</p>

 <p>DPA</p>	<p>-1,0 ... 1,0- 1,0 ... 10,0 бар</p>	<p>0 ... + 50 °C</p>	<p>Транзисторний NPN 30 В / 100 мА, 1,5 В Транзисторний PNP 30 В / 100 мА, 1,5 В Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>12 ... 24В DC</p>	<p>Датчик тиску повітря. Налаштування тимчасового відгуку в межах 2 мс - 5с.</p>
 <p>TPS20</p>	<p>від 0-0,2 кгс / см2 до 0-350 кгс / см2</p>	<p>-10 ... + 70 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА</p>	<p>15 ... 35В DC</p>	<p>Датчик (перетворювач) тиску для пари, газу, рідини, текучого середовища. Види тиску: змішаний, манометричний, абсолютний.</p>
 <p>TPS30</p>	<p>-0,1 ... 66 МПа</p>	<p>-40 ... + 125 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>8 ... 36 В DC 11 ... 36 В DC</p>	<p>Датчик (перетворювач) тиску для газу, рідини, текучого середовища. Види тиску: манометричний, абсолютний.</p>
 <p>PSS</p>	<p>-101,3 ... 1000 кПа</p>	<p>0 ... + 50 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20мА Аналоговий по напрузі 1 ... 5 В</p>	<p>12 ... 24 В DC</p>	<p>Датчик абсолютного тиску для повітря, газу. Міцний мініатюрний корпус, можливість підключення безпосередньо до пульта оператора. Захист від переполсування.</p>
 <p>PFMH</p>	<p>-1,0 ... 68,0 бар</p>	<p>-40 ... + 200 °C (в залежності від типу продукту)</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий. по струму 20 ... 4 мА, Аналоговий. по протоколу HART 4 ... 20 мА</p>	<p>10 ... 35 В DC</p>	<p>Для рідин і газів, в тому числі харчових. Вибухобезпечне виконання. Гігієнічне виконання. Захист корпусу IP67 / IP69K.</p>
 <p>PVMH</p>	<p>-1,0 ... 40,0 бар</p>	<p>-40 ... + 200 °C (в залежності)</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА,</p>	<p>8 ... 30 В DC</p>	<p>Для рідин і газів, в тому числі харчових. Вибухобезпечне виконання. Гігієнічне</p>

		від типу продукту)	Аналоговий по напрузі 0 ... 10 В		виконання. Захист корпусу IP65 ... 67.
NIPRESS 	1,0 ... 600,0 бар	-25 ... + 300 °C	Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий по напрузі 0 ... 10 В	12 ... 36 В DC	Для рідин і газів, в тому числі корозійних. Вибухобезпечне виконання. Захист корпусу IP65 ... 67.
DMP 331 	від 0 ... 0,04 до 0 ... 40; -1 ... 0 бар	-40 ... + 125 °C	0 / 4-20 мА; 0-10 В; 0-5 В; HART-протокол	12 ... 36 В DC	Датчик тиску загального призначення
DMP 331i 	від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; розрядження -1 ... 10	-40 ... + 125 °C	4 ... 20 мА, RS - 232, RS-485	14 ... 36 В DC	Високоточний промисловий датчик тиску малогабаритний
DMP 331K 	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	-40 ... + 125 °C	4-20 мА; 0-10 В	14 ... 30 В DC	Високоточний датчик тиску, опція - польовий корпус
DMP 331P 	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	-25 ... + 300 °C	0/4 ... 20 мА, 0 ... 10 В, 0 ... 5 В, HART, Modbus	12 ... 36 В DC	Універсальний датчик з різними приєднаннями до живлення
DMP 333 	від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар	-40 ... + 125 °C	0/4 ... 20 мА, 0 ... 10 В, HART	12 ... 36 В DC	Для процесів під високим тиском. Ек-виконання опціонально.
DMP 333i 	від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар	-40 ... + 125 °C	Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий по напрузі 0 ... 10 В	14 ... 36 В DC	Датчик тиску малогабаритний для процесів під високим тиском
DMP 330H 	від 0 ... 1 до 0 ... 160 бар	-25 ... + 125 °C	4 ... 20 мА, 0 ... 10 В	12 ... 36 В DC	Може працювати в умовах п'ятикратного перевантаження по тиску газів, рідин і пара
DMP 330F 	від 0 ... 1 до 0 ... 400 бар	-25 ... + 125 °C	- 4 ... 20 мА, Uжив = 12 ... 36 В DC	12 ... 36 В DC	Для об'єктів ЖКГ і теплоенергетики, де потрібно широка доступність
DMP 330S 	0 ... 1 до 0 ... 25; від -1 ... 6 до -1 ... 25 бар	-40 ... + 125 °C	4 ... 20 мА; 0,5 ... 4,5 В	12 ... 36 В DC	Варіанти одно-, дво- і трьох діапазонне вимірювання

 <p>DMP 334</p>	<p>від 0 ... 600 до 0 ... 2200 бар</p>	<p>-40 ... + 140 °C</p>	<p>0/4 ... 20 мА; 0 ... 10 В</p>	<p>12 ... 36 В DC</p>	<p>Датчик тиску малогабаритний для процесів під високим тиском. Ех- виконання опціонально</p>
 <p>DMK 331</p>	<p>від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар</p>	<p>-25 ... + 135 °C</p>	<p>0/4 ... 20 мА; 0 ... 10 В; 0 ... 5 В; HART</p>	<p>12 ... 36 В DC</p>	<p>Для вимірювання середнього і високого тиску</p>
 <p>DMK 456</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар</p>	<p>-25 ... + 125 °C</p>	<p>4 ... 20 мА</p>	<p>8 ... 32 В DC</p>	<p>Для судів і морських платформ. Ех- виконання опціонально</p>
 <p>DMK 458</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар</p>	<p>-40 ... + 125 °C</p>	<p>4 ... 20 мА</p>	<p>9 ... 32 В DC</p>	<p>Для морських умов роботи. Ех- виконання опціонально</p>
 <p>DPS 200</p>	<p>від 0 ... 0,006 до 0 ... 1 бар</p>	<p>0 ... + 50 °C</p>	<p>4 ... 20 мА, 0 ... 10 В</p>	<p>12 ... 24 В DC</p>	<p>Точний датчик для особливо низького тиску газів</p>
 <p>DS 6</p>	<p>від 0 ... 2 до 0 ... 400 бар</p>	<p>-25 ... + 85 °C</p>	<p>реле 300 мА</p>	<p>12 ... 30 В</p>	<p>Програмований датчик - реле тиску для рідких і газоподібних середовищ</p>
 <p>DS 200</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар</p>	<p>-40 ... + 125 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий по напрузі 0 ... 10 В, Реле 125 мА / 2,5 В</p>	<p>18 ... 41 В DC</p>	<p>Багатофункціональний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле- сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех - виконання.</p>
 <p>DS 201</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар</p>	<p>-25 ... + 125 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА, Аналоговий. по напрузі 0 ... 10 В, Реле 125 мА / 2,5 В</p>	<p>18 ... 41 В DC</p>	<p>Багатофункціональний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле- сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех - виконання.</p>
<p>DS 200P</p>	<p>від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар</p>	<p>-25 ... + 300 °C</p>	<p>Аналоговий по струму 4 ... 20 мА,</p>	<p>18 ... 41 В DC</p>	<p>Датчик - реле тиску. Опція - Ех- виконання.</p>

			Аналоговий по напрузі 0 ... 10 В, Реле 125 мА / 2,5 В		
DS 200M 	від 0,1 до 600 бар	-25 ... + 85 °С	ЖК дисплей	3,6 В2 батарейки	Цифровий манометр зі штуцерних механічним приєднанням
X ACT i 	від 0 ... 0,4 до 0 ... 40 бар	-40 ... + 125 °С	4 ... 20 мА, HART	10 ... 30 В DC	Датчик тиску з високою точністю для рідких і газоподібних робочих середовищ, нагрітих до 300 °С
X ACT ci	від 0 ... 0,06 до 0 ... 20 бар	-40 ... + 125 °С	4 ... 20 мА, HART	10 ... 30 В DC	Гігієнічний датчик тиску для хімічно агресивних або в'язких середовищ з температурою до 300 °С в харчовому виробництві
HMP 331 	від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар	-40 ... + 125 °С	4 ... 20 мА, HART	12 ... 36 В DC	Високоточний гігієнічний датчик тиску з відкритою мембраною. Вибухозахищений 0ExiaIICT4 / 1ExdIICT5. Опціонально до 300 °С.
HMP 331-AS 	0 ... 0,5 до 0 ... 250 бар	-40 ... + 100 °С	4 ... 20 мА, HART	12 ... 45 В DC	Високоточний інтелектуальний датчик надлишкового тиску. Вибухозахищений: 0ExiaIICT4 / 1ExdIICT5.
DMD 331-AS-GX / AX 	від 0,01 до 400 бар	-40 ... + 100 °С	0/4 ... 20 мА HART	12 ... 45 В DC	Датчик тиску для хімічно агресивних середовищ

Види датчиків тиску і їх призначення

Датчики для вимірювання тиску представлені в декількох модифікаціях, що відрізняються технічними можливостями. Залежно від моделі датчики розраховані на роботу з різними діапазонами тиску і температури робочого

середовища. Стандартно для передачі вихідних сигналів прилади мають транзисторні або аналогові виходи управління.

Окремо виділяється група пристроїв - датчики-реле тиску, що мають основний або додатковий релейний вихід управління. Реле тиску відрізняються універсальністю застосування і більш низькою вартістю в порівнянні з іншими видами приладів.

Основним критерієм вибору датчика є тип вимірюваного тиску, виходячи з якого всі прилади діляться на:


- датчики абсолютного тиску для контролю показань щодо абсолютного нуля,
- датчики диференційного (відносного) тиску для замірів показань щодо заданого значення,
- датчики надлишкового тиску для вимірювання надлишкових показань щодо атмосферного тиску,
- гідростатичні датчики для замірів гідростатичного тиску середовища контролю,
- датчики розрідження (вакууму) для вимірювання відповідного виду тиску.

Датчики тиску випускаються у вигляді окремих приладів або можуть бути інтегровані до складу багатофункціональних пристроїв. Вибір датчика тиску залежить від характеристик вимірюваної речовини, умов робочого середовища, вимірювального діапазону, а також рівня чутливості сенсора і точності вимірювань.










Датчик абсолютного тиску промисловий (ДАТ) служить для вимірювання тиску в апараті або магістралі щодо абсолютного вакууму і перетворення його значення в електричний сигнал. Датчик або перетворювач абсолютного тиску використовують для контролю і виміру тиску газів і рідин в виробничих процесах хімічної, нафтопереробної, харчової промисловості, а також в лабораторіях і фармацевтиці.

3.1 Датчики абсолютного тиску

Модельний ряд датчиків абсолютного тиску

Тип датчика	Робочий діапазон тисків	Види вимірюваного тиску	температура середовища	Особливості
 <p>APZ 1120</p>	від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° С	Високоточний датчик тиску з малим енергоживлення. Ехіа - опція.
APZ 3240	від 0 ... 0,04 до 0 ... 10 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° С	Цифровий датчик тиску для агресивних середовищ. Основна

				похибка 0,20 % (для корпусу зі сталі).
 APZ 3240k	від 0 ... 0,04 до 0 ... 10 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° С	Датчик тиску агресивних середовищ для суднобудування. Основна похибка 0,20% (для корпусу зі сталі).
 APZ 3410	від 0 ... 0,6 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-25 ... + 135 ° С	Датчик тиску для агресивних середовищ. Ехіа - опція.
 APZ 3410k	від 0 ... 0,6 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-25 ... + 135 ° С	Датчик тиску агресивних середовищ для суднобудування. Ехіа - опція.
 APZ 3420	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° С	Загальнопромисловий датчик тиску. Ехіа - опція
 APZ 3420k	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° С	Датчик тиску для суднобудування. Ехіа - опція
 APZ 3420m	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° С; опціонально - 20 ... + 125/150 ° С, - 40 ... + 150 ° С, 0 ... + 300 ° С	Датчик тиску з розділом середовищ. Ехіа - опція
 APZ 3420s	від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° С; опціонально - 20 ... + 125/150 ° С, - 40 ... + 150 °	Датчик тиску з розділом середовищ. Ехіа - опція

			C, 0 ... + 300 ° C	
 <p>APZ 3421</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° C	Високоточний датчик тиску. Ехіа - опція.
 <p>DMP 331</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; -1 ... 0	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Датчик тиску загального призначення
 <p>DMP 331i</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; розрідження -1 ... 10	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Високоточний промисловий датчик тиску малогабаритний
 <p>DMP 331K</p>	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Високоточний датчик тиску, опція - польовий корпус
 <p>DMP 331P</p>	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-25 ... + 300 ° C	Універсальний датчик з різними приєднаннями до живлення
 <p>DMP 333</p>	від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° C	Для процесів під високим тиском. Ехі- виконання опціонально
 <p>DMP 333i</p>	від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° C	Датчик тиску малогабаритний для процесів під високим тиском
 <p>DMK 331</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар; розрідження -1 ... 0	надлишковий, абсолютний, розріджений	-25 ... + 135 ° C	Датчик з керамічним сенсором для агресивних середовищ
 <p>DMK 456</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар	надлишковий, абсолютний	-25 ... + 125 ° C	Для судів і морських платформ. Ехі- виконання опціонально
<p>DMK 458</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 125 ° C	Для морських умов роботи. Ехі-

				виконання опціонально
DS 6 	від 0 ... 2 до 0 ... 400 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-25 ... + 85 ° C	Програмований датчик - реле тиску для рідких і газоподібних середовищ
DS 200 	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Багатофункціональ ний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле-сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех-виконання
DS 201 	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-25 ... + 125 ° C	Багатофункціональ ний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле-сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех-виконання
DS 200P 	від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-25 ... + 300 ° C	Датчик - реле тиску. Опція - Ех- виконання
DS 200M 	від 0,1 до 600 бар	надлишковий, абсолютний	-25 ... + 85 ° C	Цифровий манометр зі штуцерних механічним приєднанням
X ACT i	від 0 ... 0,4 до 0 ... 40 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Датчик тиску з високою точністю для рідких і газоподібних

				робочих середовищ, нагрітих до 300 °С
HMP 331 	від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, розріджений	-40 ... + 125 ° С	Високоточний гігієнічний датчик тиску з відкритою мембраною. Вибухозахисний: 0ExiaIICT4 / 1ExdIICT5. Опціонально до 300 °С.
DMD 331-AS- GX / AX 	від 0,01 до 400 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 100 ° С	Датчик тиску для хімічно агресивних середовищ
TPS20 	від 0-0,2 кгс / см ² до 0-350 кгс / см ²	змішаний, манометричний, абсолютний	-10 ... + 70оС	Датчик (перетворювач) тиску для пари, газу, рідини, текучих середовищ
TPS30 	-0,1 ... 66 МПа	манометричний, абсолютний	-40 ... + 125оС	Датчик (перетворювач) тиску для газу, рідини, текучих середовищ
PSS 	-101,3 ... 1000 кПа	надлишковий, абсолютний	0 ... + 50оС	Датчик тиску для повітря й газу
MPM / MDM 	від -1 бар до 1600 бар	надлишковий, абсолютний	-40 ... + 150оС	П'єзорезистивний аналоговий датчик тиску

Види і конструкція датчиків абсолютного тиску (ДАТ)

Розрізняють два види цих датчиків: аналогові і цифрові датчики абсолютного тиску. Обидва види датчиків дають широкі можливості для їх інтеграції в АСУ ТП. Конструктивно датчик являє собою дві камери, які розділяє чутливий до тиску сенсор. У першій камері, контрольній, штучно створений вакуум, а друга камера, вимірювальна, включена в виробничий процес. На основі сигналу від сенсора вимірювальний блок пристрою формує стандартний електричний сигнал. Більш досконалі цифрові датчики тиску формують вихідний сигнал і в цифровому вигляді, що дає підприємству багато можливостей для впровадження автоматизованих систем управління і контролю тиску різної конфігурації. Певні моделі датчиків здатні працювати в морських умовах або вимірювати тиск в агресивних середовищах.

Призначення і вибір датчиків абсолютного тиску

Контроль виробничих і виробничих процесів під тиском проходить в різних умовах, в залежності від яких і вибирається відповідний по параметрам датчик:


- промисловий датчик тиску DMP 331 загального призначення
- датчик DMP 333 для процесів під високим тиском
- універсальний датчик DMP 331P для харчової промисловості з різними типами підключення
- датчики для вимірювання особливо малих тисків
- датчики-сигналізатори, датчики-манометри і датчики-реле
- спеціальні високоточні датчики, датчики для гідравліки, кондиціонування, та інші.




3.2 Датчики надлишкового тиску



Датчик надлишкового тиску для контролю і виміру надлишкового тиску загальнопромислових і вибухонебезпечних рідин і газів у виробничих процесах обробної, добувної, нафтохімічної, металургійної, харчової, фармацевтичної промисловості.










Датчик вимірює тиск, який перевищує атмосферний і служить для перетворення результатів вимірювання надлишкового тиску в стандартний сигнал.







Модельний ряд датчиків надлишкового тиску






Тип датчика	Робочий діапазон тиску	Види вимірюваного тиску	температура середовища	Особливості
APZ 1120 	від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° C	Високоточний датчик тиску з малим енергоспоживанням. Exia - опція.

 <p>APZ 2410</p>	<p>від 0 ... 1 до 0 ... 160 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-25 ... + 135 ° C</p>	<p>Бюджетний багато діапазонний датчик тиску OEM серії.</p>
 <p>APZ 2410a</p>	<p>від 0 ... 1 до 0 ... 40 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-25 ... + 135 ° C</p>	<p>Малогабаритний датчик тиску OEM серії з можливістю калібрування нуля.</p>
 <p>APZ 2412</p>	<p>від 0 ... 1,6 до 0 ... 400 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-25 ... + 135 ° C</p>	<p>Бюджетний багато діапазонний датчик тиску OEM серії.</p>
 <p>APZ 2422</p>	<p>від 0 ... 6 до 0 ... 600 бар</p>	<p>надлишковий, вакуум</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Бюджетний OEM датчик тиску для холодильної техніки.</p>
 <p>APZ 2422a</p>	<p>від 0 ... 6 до 0 ... 600 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Економічний багато діапазонний датчик тиску OEM серії.</p>
 <p>APZ 3230</p>	<p>від 0,006 до 0 ... 1 бар</p>	<p>надлишковий, вакуум</p>	<p>-40 ... + 90 ° C</p>	<p>Датчик низького тиску і розріджених неагресивних газів. Ехіа - опція</p>
 <p>APZ 3240</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 10 бар</p>	<p>надлишковий, абсолютний</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Цифровий датчик тиску для агресивних середовищ. Основна похибка 0,20% (для корпусу зі сталі).</p>
 <p>APZ 3240k</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 10 бар</p>	<p>надлишковий, абсолютний</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Датчик тиску агресивних середовищ для суднобудування. Основна похибка</p>

				0,20% (для корпусу зі сталі).
 <p>APZ 3410</p>	від 0 ... 0,6 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-25 ... + 135 ° C	Датчик тиску для агресивних середовищ. Ехіа - опція.
 <p>APZ 3410k</p>	від 0 ... 0,6 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-25 ... + 135 ° C	Датчик тиску агресивних середовищ для суднобудування. Ехіа - опція.
 <p>APZ 3420</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° C	Загальнопромисловий датчик тиску. Ехіа - опція
 <p>APZ 3420k</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° C	Датчик тиску для суднобудування. Ехіа - опція
 <p>APZ 3420m</p>	від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар	надлишковий абсолютний	-40 ... + 125 ° C; опціонально -20 ... + 125/150 ° C, -40 ... + 150 ° C, 0 ... + 300 ° C	Датчик тиску із розділом середовищ. Ехіа - опція
 <p>APZ 3420s</p>	від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар	надлишковий абсолютний	-40 ... + 125 ° C; опціонально -20 ... + 125/150 ° C, -40 ... + 150 ° C, 0 ... + 300 ° C	Датчик тиску із розділом середовищ. Ехіа - опція
 <p>APZ 3421</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	надлишковий, абсолютний, вакуум	-40 ... + 125 ° C	Високоточний датчик тиску. Ехіа - опція.
 <p>DMP 331</p>	від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; -1 ... 0 бар	абсолютний, надлишковий, розріджений	-40 ... + 125 ° C	Датчик тиску загального призначення

 <p>DMP 331i</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; розрядження - 1 ... 10 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>датчик тиску малогабаритний</p>
 <p>DMP 331K</p>	<p>від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Високоточний датчик тиску, опція - польовий корпус</p>
 <p>DMP 331P</p>	<p>від 0 ... 0,1 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-25 ... + 300 ° C</p>	<p>Універсальний датчик з різними приєднаннями до живлення</p>
 <p>DMP 333</p>	<p>від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Для процесів під високим тиском. Ех-виконання опціонально.</p>
 <p>DMP 333i</p>	<p>від 0 ... 60 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Датчик тиску малогабаритний для процесів під високим тиском</p>
 <p>DMP 334</p>	<p>від 0 ... 600 до 0 ... 2200 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-40 ... + 140 ° C</p>	<p>Датчик тиску малогабаритний для процесів під високим тиском. Ех-виконання опціонально</p>
 <p>DMP 330H</p>	<p>від 0 ... 1 до 0 ... 160 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-25 ... + 125 ° C</p>	<p>Може працювати в умовах п'ятикратного перевантаження по тиску газів, рідин і пара</p>
 <p>DMP 330F</p>	<p>від 0 ... 1 до 0 ... 400 бар</p>	<p>надлишковий</p>	<p>-25 ... + 125 ° C</p>	<p>Для об'єктів ЖКГ і теплоенергетики, де потрібно широка доступність</p>
 <p>DMP 330S</p>	<p>0 ... 1 до 0 ... 25; від -1 ... 6 до -1 ... 25 бар</p>	<p>надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Варіанти одно-, дво- та трьох діапазонне вимірювання</p>

 <p>DMK 331</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар; розрядження - 1 ... 0 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розряджений</p>	<p>-25 ... + 135 ° C</p>	<p>Датчик з керамічним сенсором для агресивних середовищ</p>
 <p>DMK 456</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий</p>	<p>-25 ... + 125 ° C</p>	<p>Для судів і морських платформ. Ех- виконання опціонально</p>
 <p>DMK 458</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 20 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Для морських умов роботи. Ех- виконання опціонально</p>
 <p>DS 6</p>	<p>від 0 ... 2 до 0 ... 400 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розряджений</p>	<p>-25 ... + 85 ° C</p>	<p>Програмований датчик - реле тиску для рідких і газоподібних середовищ</p>
 <p>DS 200</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розряджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Багатофункціона льний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле- сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех - виконання.</p>
 <p>DS 201</p>	<p>від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розряджений</p>	<p>-25 ... + 125 ° C</p>	<p>Багатофункціона льний датчик тиску, поєднує функції індикатора тиску, програмованого реле- сигналізатора і точного вимірювального манометра. Опція - Ех - виконання.</p>

<p>DS 200P</p> 	<p>від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-25 ... + 300 ° C</p>	<p>Датчик - реле тиску. Опція - Ex-виконання.</p>
<p>DS 200M</p> 	<p>від 0,1 до 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий</p>	<p>-25 ... + 85 ° C</p>	<p>Цифровий манометр зі штуцерним механічним приєднанням</p>
<p>X ACT i</p> 	<p>від 0 ... 0,4 до 0 ... 40 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Датчик тиску з високою точністю для рідких і газоподібних робочих середовищ, нагрітих до 300 °C</p>
<p>X ACT ci</p> 	<p>від 0 ... 0,06 до 0 ... 20 бар</p>	<p>надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Гігієнічний датчик тиску для хімічно агресивних і в'язких середовищ з температурою до 300 °C в харчовому виробництві</p>
<p>HMP 331</p> 	<p>від 0 ... 0,4 до 0 ... 600 бар</p>	<p>абсолютний, надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 125 ° C</p>	<p>Високоточний гігієнічний датчик тиску з відкритою мембраною. Вибухозахисний: 0ExiaIICT4 / 1ExdIICT5. Опціонально до 300 °C.</p>
<p>HMP 331-AS</p>	<p>0 ... 0,5 до 0 ... 250 бар</p>	<p>надлишковий, розріджений</p>	<p>-40 ... + 100 ° C</p>	<p>Високоточний інтелектуальний датчик надлишкового</p>

				тиску. Вибухозахисний: 0ExiaIICT4 / 1ExdIICT5.
DMD 331-AS- GX / AX 	від 0,01 до 400 бар	абсолютний, надлишковий	-40 ... + 100 °С	Датчик тиску для хімічно агресивних середовищ
DPS 200 	від 0,006 до 1 бар	диференційний, надлишковий, розріджений	0 ... + 50 °С	Датчик тиску повітря неагресивних газів
TPS20 	від 0-0,2 кгс / см ² до 0-350 кгс / см ²	змішаний, манометричний, абсолютний	-10 ... + 70 °С	Датчик (перетворювач) тиску для пари, газу, рідини, текучих середовищ
TPS30 	-0,1 ... 66 МПа	манометричний, абсолютний	-40 ... + 125 °С	Датчик (перетворювач) тиску для газу, рідини, текучих середовищ
PSS 	-101,3 ... 1000 кПа	абсолютний, надлишковий	0 ... + 50 °С	Датчик тиску для повітря й газу
MPM / MDM 	від -1 бар до 1600 бар	абсолютний, надлишковий	-40 ... + 150 °С	П'єзорезистивний аналоговий датчик тиску

Види і робота датчиків надлишкового тиску

Найбільше поширені п'єзоелектричні, тензометричні і ємнісні аналогові або цифрові датчики надлишкового тиску. Обидві групи датчиків інтегруються в загальну АСУ виробничих процесів. Датчики складаються з порожнини з чутливим сенсором і електронного блоку з додатковими пристроями. Тиск впливає на сенсор, який змінює свої струмопровідні характеристики. Електронний

блок розпізнає зміна стану сенсора, формує вихідний електричний сигнал і управляє додатковими пристроями (відображення, сигналізації, реле). Ряд моделей датчиків здатний вимірювати надлишковий тиск в агресивних середовищах.

Застосування і підбір датчиків надлишкового тиску

Вибір датчиків надлишкового тиску це технічно складне завдання, яке залежить від виду тиску, характеристик вимірюваного середовища, зовнішніх умов, метрологічних параметрів датчика, типу підключення датчика і його додаткових можливостей по індикації, різноманітності аналогових вихідних сигналів, підтримки загальноприйнятих цифрових промислових протоколів та інше. Перш ніж датчик надлишкового тиску купити для стандартного застосування, вибрати його буде доцільніше з найбільш вживаних моделей:


- промисловий датчик надлишкового тиску DMP 331 для загального використання
 - моделі датчиків DMP 333, DMK 331 для вимірювання середнього і високого тиску
 - датчик DMP 331P для харчової промисловості з різними типами підключення
 - точний датчик DPS 200 для особливо низького тиску газів
 - датчики-індикатори, датчики-сигналізатори і датчики-реле
 - спеціалізовані датчики (високоточні, гідравліка, фреон, в'язкі або агресивні середовища)




3.3 Датчики-реле тиску

Датчики-реле тиску - спеціальні пристрої сигналізації та регулювання.

Датчики-реле тиску підтримують необхідні значення перепаду тисків газів / рідин і вимірюють їх значення. Оптимізовані спеціально під завдання контролю і сигналізації реле тиску, своєю ціною вигідно відрізняються від побратимів.

Модельний ряд датчиків-реле тиску

Найменування	діапазон вимірів	точність	температура продукту	вихідні сигнали	вибухозахищене виконання
DS 200 	від 0 ... 0,04 до 0 ... 600 бар	± 0,25 % ... ± 1 %	- 40 ... + 125 °C	Цифровий дисплей 4 ... 20 мА 0 ... 10 В 1 ... 4 виходи реле (125 мА)	0ExiaIICT4

<p>DS 200P</p> 	<p>від 0 ... 0,1 до 0 ... 40 бар</p>	<p>$\pm 0,25 \%$... $\pm 0,5$ %</p>	<p>- 25 ... + 300 °C</p>	<p>Цифровий дисплей 4 ... 20 мА 0 ... 10 В 1, 2 або 4 виходу реле (125 мА)</p>	<p>0ExiaIICT4</p>
<p>DS 201</p> 	<p>від 0 ... 0,04 до 0 600 бар</p>	<p>$\pm 0,5 \%$</p>	<p>-25 ... + 125 ° C</p>	<p>Цифровий дисплей 4 ... 20 мА 0 ... 10 В 1 ... 4 виходи реле (125 мА)</p>	<p>0ExiaIICT4</p>
<p>DS 6</p> 	<p>від 0 ... 2 до 0 ... 400 бар</p>	<p>$\pm 1 \%$</p>	<p>-25 ... + 85 °C</p>	<p>1 ... 2 виходи реле (125 мА)</p>	<p>0ExiaIICT4</p>

Області застосування

Реле тиску, як і гідростатичні датчики використовуються в різних областях:

- Харчова промисловість, нафтохімічна промисловість
- Гідравлічні, пневматичні, мастильні, зрошувальні системи
- Машинобудування, стендові випробування
- Трубопроводи (газу / рідких продуктів)
- Вентиляційні установки, системи кондиціонування
- Медичне обладнання
- Шинне виробництво

призначення

- Контроль і регулювання, підтримання необхідного рівня тиску рідин і газів (реле тиску води в автоматизованих системах котельних агрегатів або газогрілочних пристроїв)
- Попередження аварійних ситуацій, сигналізація про аварійно високих або низьких значеннях тиску / рівня в системі (переповнення, спустошення)
- Вимірювання і реєстрація значень тиску в шинах, гальмівних системах, трубопроводах, промислових системах (у деяких типів датчиків)

переваги

Основні переваги пристроїв:

- Нескладна конструкція, яка відрізняється своєю компактністю, міцністю і надійністю у важких умовах роботи
- Не має потреби в складному технічному обслуговуванні
- Низька ціна («оптимізоване» реле тиску купити можна як найдешевше, ніж стандартні гідростатичні датчики)

недоліки



Основні недоліки:

1. Змінюється щільність у рідких продуктів

Рішення проблеми: в разі відсутності даних про зразкову щільність середовища, потрібно звернутися до рівнемірів, не залежних від цього параметра (EchoTrek, EasyTrek, PiloTrek, радарні і мікрохвильові рівнеміри)

2. Завихрення і хвилювання в продукті

Рішення проблеми: такі явища створюють додатковий тиск і приводять до спотворень показів. Потрібно розташовувати датчики на віддаленні від насосів або мішалок, а то й потрібно контролювати саме їх роботу.

Моделі приладів і аналоги

До реле тиску формально (за принципом дії) відносяться гідростатичні датчики рівня і гідростатичні сигналізатори. Під спеціальні завдання оптимізовані датчики серії DS. Модель DS6 являє собою типове реле тиску, що не проводить вимірювань і здійснює тільки сигналізацію і контроль критичних рівнів за допомогою дискретних виходів.

Принцип роботи датчиків-реле тиску

Метод роботи приладів в більшості випадків заснований на визначенні гідростатичного тиску, що чиниться на сенсор стовпом рідини або газами. Після досягнення контрольного значення (встановленого програмно) пристрій комутує потрібним чином електричні ланцюги за допомогою свого реле / контактора / клапана.

Компактний гідростатичний вимірювач рівня и тиску NivoPress D

Перетворювач рівня NivoPress D розрахований для вимірювання тиску і рівня рідин у великих резервуарах і резервуарах, що працюють під тиском. При своїх компактних габаритах, рівнемір здатний працювати з рідинами і газами різного ступеня забрудненості і забезпечує високу точність вимірювання.

Загальний опис NivoPress D

Прилад відноситься до класу врізаних гідростатичних перетворювачів рівня. Рівнеміри з представників даного класу відрізняються високою точністю при нескладній компактній конструкції і, відповідно, відносно невисокій вартості. Первинним параметром, що вимірюється приладом, є тиск. Для застосування в

якості рівнеміра прилад програмується відповідно до необхідних параметрів. При цьому важлива лише щільність вимірюваного продукту і абсолютно неважлива ступінь забруднення продукту. Тому прилад добре підходить для роботи як з чистими, так і з в'язкими і липкими продуктами.

При замовленні NivoPress D можна скомплектувати з різними додатковими опціями. Такими, як HART-комунікатор і модуль відображення і програмування SAP-203. Також прилад присутній у вибухозахищеному виконанні.

Переваги та переваги NivoPress D

У порівнянні з іншими вимірювачами, NivoPress D має низку переваг:

- Великий діапазон виміру (до сотень метрів при тиску стовпа рідини до 400 бар і переважанні до 600 бар);
- Можливість застосування для забруднених рідин, високов'язких і липких матеріалів;
- Безперервне вимірювання рівня;
- Зручні, компактні габарити;
- Не має потреби в складному технічному обслуговуванні;
- Відносно невисока ціна;
- Термін гарантії 5 років.

Гідростатичний перетворювач рівня NivoPress D з рівним успіхом застосовується для вимірювань як в газових, так і рідинних середовищах. Додаткові опції NivoPress D забезпечують повноцінну взаємодію з сучасними засобами автоматизації.

Застосування NivoPress D

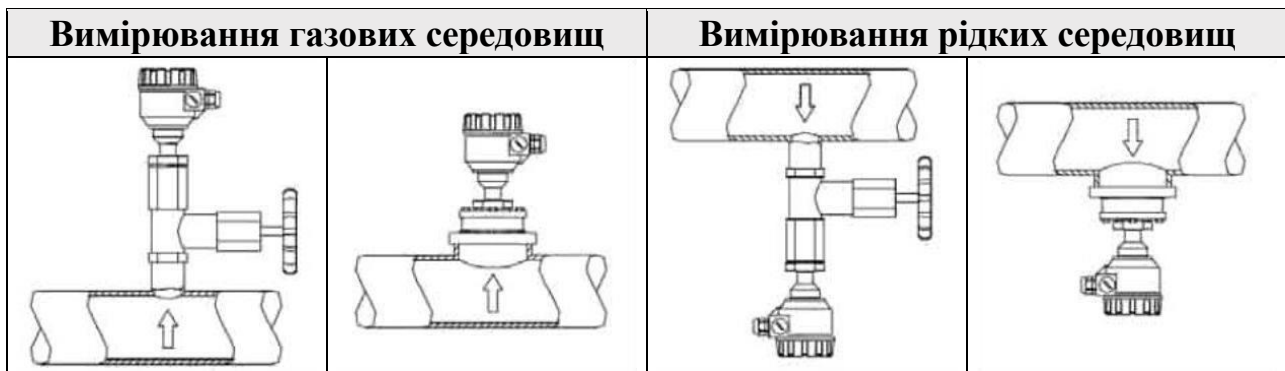
NivoPress D призначений для вимірювання тиску і рівня в резервуарах-сховищах підприємств таких галузей промисловості, як:

- Хімічна промисловість
- Харчова промисловість
- Фармацевтична промисловість
- Нафтохімічна промисловість
- Високов'язкі, корозійні матеріали
- Пари і гази
- Піна і димлячі рідини

У вихідній комплектації NivoPress D може використовуватися тільки для вимірювання тиску. Якщо планується крім тиску додатково вимірювати рівень продукту, то замовляється модуль відображення та інформації SAP-203.

Прилад також можна замовити у вибухонебезпечному виконанні, яке доступне тільки в алюмінієвому корпусі.

Залежно від застосування, прилад слід встановлювати правильним чином: для газових середовищ - в найвищій точці ємності, а для рідких - в нижчій.



Якщо планується проводити вимірювання в трубах під тиском, то доцільно встановити два перетворювача рівня і підключити їх до контролера. Два датчика вимірюють сумарний тиск і тиск над поверхнею рідини, а контролер аналізує обидва сигнали і обчислює різницю.

Гідростатичний перетворювач рівня NivoPress D знаходить широке застосування в вимірах різноманітних газових і рідинних середовищ. Для конкретного застосування вибирається найменш підходящий варіант комплектації NivoPress D.

При виборі діапазону вимірювання потрібно вибирати максимальний діапазон виміру для ємності, використовуючи формули для гідростатичного тиску:

$$P_{hydr} = 10^{-5} \cdot \rho \cdot g \cdot h,$$

де P_{hydr} – гідростатичний тиск [бар];

ρ – щільність продукту [кг/м³];

g – гравітаційна постійна [м/с²];

h – висота резервуара [м].

Не слід встановлювати прилад в тих місцях резервуара, де розташовуються мішалки або насоси. Рух рідини викликає зміна тиску і може привести до похибок вимірювання. Також прилад не зможе проявити свої найкращі якості, якщо не подбати про захист приладу від теплового випромінювання (прямого сонячного випромінювання або інших чинників).

Найкращим застосуванням для NivoPress D буде використання його для вимірювання рівня однорідних рідин у великих резервуарах-сховищах без значних збурюючих факторів.

Гідростатичний перетворювач NivoPress D призначений для вимірювання тиску рідин і газів і розрахунку рівня по їх щільності. Приклади продуктів:

- Ацетон ($\rho=792$ кг/м³)
- Вода ($\rho=1000$ кг/м³)
- Азотна кислота ($\rho=1502$ кг/м³)
- Хлороформ ($\rho=1489$ кг/м³)
- Етиловий спирт ($\rho=789,3$ кг/м³)

Принцип роботи перетворювача рівня NivoPress D

В роботі перетворювача рівня NivoPress D використовується гідростатичний метод вимірювання - враховується щільність вимірюваного продукту. Тобто визначається тиск рідини або газу на ємність.

Перетворювач рівня NivoPress D побудований на використанні у своїй роботі гідростатичного методу вимірювання. Даний метод заснований на визначенні тиску, яке рідина або газ надають на ємність. У резервуарах з рідинами прилад встановлюється на дно. Для вимірювання же газів, його потрібно встановлювати в найвищій точці ємності.

Замір проводиться за допомогою чутливого елемента, що представляє собою п'єзоелектричний сенсор, який генерує сигнал, пропорційний діючій на нього силі. Сенсор пов'язаний з вимірюваним продуктом через ізолюючу мембрану і усереднюючу речовину. З іншого боку мембрана для компенсації зв'язується з атмосферою. Якщо ж резервуар знаходиться під тиском, то компенсуючий зв'язок встановлюється з ним, а не з атмосферою. Вихідний електричний сигнал сенсора за допомогою електроніки перетворюється в сигнал, відповідний вимірюваній рівню продукту.

Метод вимірювання, що використовується в основі роботи NivoPress D, дає можливість роботи з продуктами будь-якого ступеня забрудненості. Виразний конструктив гідростатичного перетворювач рівня забезпечує при цьому компактні габарити.

За замовчуванням прилад застосовується тільки для вимірювання тиску. Щоб використовувати прилад для оцінки рівня, необхідно його програмування, яке здійснюється через модуль відображення і програмування SAP-203.

Як відомо, величина гідростатичного тиску (P_{hydr}) визначається висотою стовпа рідини (h) над приладом і її щільністю (ρ). За допомогою модуля SAP-203 проводиться налаштування потрібних параметрів і розрахунок рівня продукту на підставі отриманих даних по P_{hydr} .

Формула розрахунку даних для модуля відображення і програмування SAP-203:

$$P_{hydr} = 10^{-5} \cdot \rho \cdot g \cdot h,$$

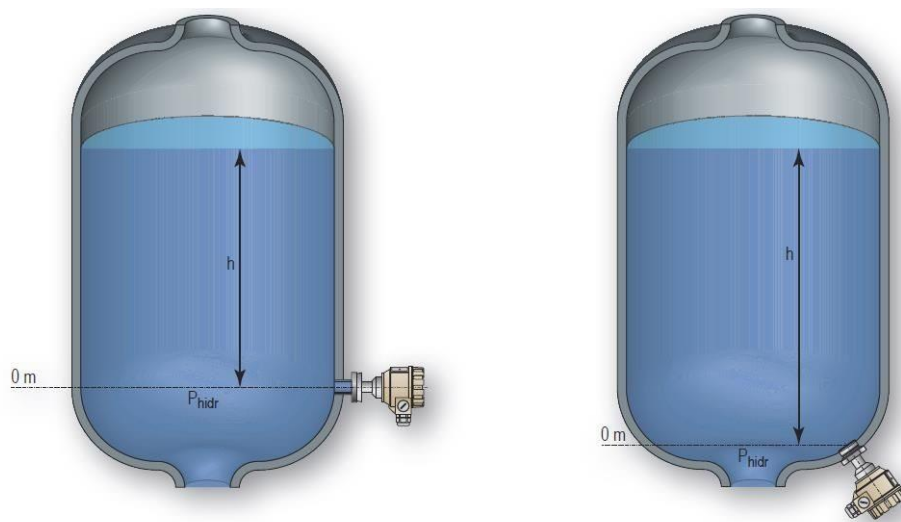
$$h = 10^5 \cdot P_{hydr} / (\rho \cdot g)$$

де P_{hydr} – гідростатичний тиск [бар];

ρ – щільність продукту [кг/м³];

g – гравітаційна постійна [м/с²];

h – висота між середньою точкою діафрагми і середнім рівнем продукту [м].



Діагностика NivoPress D

Пристрій володіє засобами діагностики. Помилки подаються на струмовий вихід (значеннями 3,8 мА і 22 мА) і за допомогою модуля відображення SAP-203. При цьому блимає світлодіод «LED VALID», а на екрані модуля висвічується код помилки.

Гідростатичний перетворювач рівня NivoPress D поставляється в двох основних комплектаціях - з модулем SAP-203 і без його. Розширена технічна інформація NivoPress D, дані виконань, а також вибухобезпеки, представлені нижче.

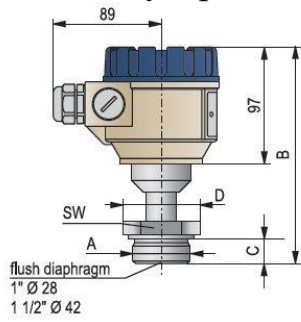
Розширені технічні характеристики NivoPress D

вимірювані величини	тиск, рівень рідини
тип сенсора	п'єзоелектричний сенсор, із захистом діафрагми
діапазон вимірів	залежно від коду замовлення
перевантажувальна здатність	залежно від коду замовлення
вимкнення	1:2
перебудова діапазону	50% від діапазону
типи вихідних сигналів	4 ... 20 мА з діапазоном вихідного сигналу: 3,9 ... 20,5 мА,
час затримки	HART-протокол із мінімальним опором в ланцюзі 250 Ом
сигналізація помилки на струмового виході	обираєме: 3, 5, 10 або 20 сек
живлення приладу	3,8 або 22 мА
допустиме навантаження на вході	10 ... 36 В, постійне
модуль відображення	$RL = (US-10V) / (0,02 \cdot A)$, де US - напруга джерела живлення

точність	6-ти символний ЖК модуль з відображенням інженерних одиниць, барограф. Всі допустимі варіанти можуть бути відображені
температурний коефіцієнт компенсації в заданому температурному діапазоні	$P > 0,4$ бар: $\pm 0,25$ %; $p \leq 0,4$ бар: $\pm 0,5$ %
температура навколишнього середовища	$p < 100$ бар: $0 \dots + 70$ °C; $p \leq 0,4$ бар: $0 \dots 50$ °C
температура продукту вимірювання	-40 °C ... $+ 70$ °C
маркування вибухобезпеки	з модулем відображення і програмування: -25 °C ... $+ 70$ °C
граничні значення іскробезпеки ланцюга	-25 °C ... $+ 125$ °C
електричний захист приладу	(Ex) II 1 G EEx ia IIC T6 ... T4
механічний захист приладу	$U_{max} \leq 30$ В, $I_{max} \leq 140$ мА, $P_{max} \leq 1$ Вт, $C_i \leq 20$ нФ, $L_i \leq 200$ мкГн
приєднання до процесу	Клас захисту III
електричне приєднання до приладу	Корпус приладу IP67
матеріал корпусу приладу	Залежить від коду замовлення
матеріал частин приладу	Екранований кабель «вита пара» зовнішнім діаметром $6 \dots 12$ мм, сальниковий ввід M20x1,5, з перетином жил $0,25 \dots 1,25$ мм ²
розділова рідина сенсора	Алюміній, пластик, нержавіюча сталь
маса приладу	Захист діафрагми: нержавіюча сталь, DIN 1.4435

Широкий модельний ряд рівнемірів Nivopress D дозволяє вибрати пристрої, що підходить під завдання автоматизації виробничих процесів.

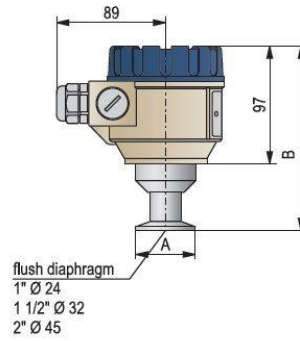
Серії з різьбовим штуцером



DTC / DTE / DTS / DTF /
DTT-500 / 600

Type	DTC	DTE	DTS	DTF	DTT
A	1/2" BSP	1" BSP	1" NPT	1 1/2" BSP	1 1/2" NPT
B	190	193	197	185	189
C	15	19	26	22	27
D	30	50	52	65	70
SW	27	44	40	55	55

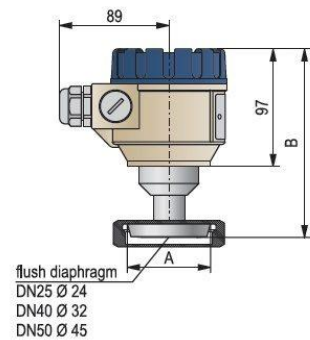
Серії зі з'єднанням Triclamp



DTL / DTM / DTM-500 / 600

Type	DTL	DTM	DTN
TriClamp	1"	1 1/2"	2"
A	50.5	64	
B	183	167	

Серії з фланцевим з'єднанням



DTO / DTP / DTR-500 / 600

Type	DTO	DTP	DTR
MILCH	DN25	DN40	DN50
A	44	56	68.5
B	186	170	166

Приклади замовлення рівнемірив Nivopress D

Код	Діапазон виміру / тиск процесу	з'єднання з процесом	Матеріал корпусу	Вихід	вибухобезпека
Серія Nivopress DT, без дисплея					
DTC-6E1-2	0...60,0 бар / до 120 бар	1/2" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня
DTE-511-8-Ex	0...0,16 бар / до 0,5 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DTE-521-2	0...0,25 бар / до 1 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DTE-551-2	0...1,0 бар / до 3 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DTE-551-6-Ex	0...1,0 бар / до 3 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DTE-551-8-Ex	0...1,0 бар / до 3 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DTE-561-8-Ex	0...1,6 бар / до 6 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DTE-591-4	0...6,0 бар / до 20 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DTE-5C1-4	0...25,0 бар / до 60 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня

DTE-641-2	0...0,6 бар / до 3 бар	1" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня
DTE-641-6-Ex	0...0,6 бар / до 3 бар	1" BSP	PBT	4...20 мА	Ex ia
DTF-521-2	0...0,25 бар / до 1 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DTF-541-8-Ex	0...0,6 бар / до 3 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DTF-641-2	0...0,6 бар / до 3 бар	1 1/2" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня
DTL-551-4	0...1,0 бар / до 3 бар	1" Triclamp	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DTO-511-4	0...0,16 бар / до 0,5 бар	DN25	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DTR-531-4	0...0,4 бар / до 1 бар	DN50	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DTR-551-2	0...1,0 бар / до 3 бар	DN50	алюміній	4...20 мА	відсутня
DTR-731-4	0...0,4 бар / до 1 бар	DN50	нерж.сталь	4...20 мА + HART	відсутня
DTS-511-6-Ex	0...0,16 бар / до 0,5 бар	1" NPT	алюміній	4...20 мА	Ex ia
Серія Nivopress DB, з дисплеєм					
DBC-5A1-4	0...10,0 бар / до 20 бар	1/2" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DBE-511-6-Ex	0...0,16 бар / до 0,5 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DBE-521-6-Ex	0...0,25 бар / до 1 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DBE-531-6-Ex	0...0,4 бар / до 1 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DBE-531-8-Ex	0...0,4 бар / до 1 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DBE-541-2	0...0,6 бар / до 3 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBE-551-2	0...1,0 бар / до 3 бар	1" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBE-691-2	0...6,0 бар / до 20 бар	1" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня
DBE-6A1-2	0...10,0 бар / до 20 бар	1" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня

DBE-6A1-4	0...10,0 бар / до 20 бар	1" BSP	PBT	4...20 мА + HART	відсутня
DBF-511-2	0...0,16 бар / до 0,5 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBF-521-2	0...0,25 бар / до 1 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBF-521-6-Ex	0...0,25 бар / до 1 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DBF-551-4	0...1,0 бар / до 3 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DBF-551-8-Ex	0...1,0 бар / до 3 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА + HART	Ex ia
DBF-561-2	0...1,6 бар / до 0,5 бар	1 1/2" BSP	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBF-631-2	0...0,4 бар / до 1 бар	1 1/2" BSP	PBT	4...20 мА	відсутня
DBN-561-6-Ex	0...1,6 бар / до 6 бар	2" Triclamp	алюміній	4...20 мА	Ex ia
DBR-541-2	0...0,6 бар / до 3 бар	DN50	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBR-561-2	0...1,6 бар / до 6 бар	DN50	алюміній	4...20 мА	відсутня
DBS-521-4	0...0,25 бар / до 1 бар	1" NPT	алюміній	4...20 мА + HART	відсутня
DBS-531-2	0...0,4 бар / до 1 бар	1" NPT	алюміній	4...20 мА	відсутня

Полібутилентерефталат (ПБТ, PBT), C₁₂H₁₂O₄) n - це кристалізується полімер, що відноситься до складних насиченим полієфіру. Набув широкого поширення як конструкційний пластик. Області його застосування включають машинобудування, автомобільну промисловість, електротехніку та електроніку, радіотехніку, точну механіку, побутову техніку, товари широкого вжитку. Використання полібутилентерефталата як конструкційний термопластичного матеріалу пов'язано з його базовими властивостями і можливістю різноманітної модифікації матеріалу.







3.4 Датчики тиску серії APZ




Датчики тиску APZ можуть бути оснащені або кремнієвим тензорезистивним сенсором, який перетворює тиск середовища в безперервний електричний сигнал, або ємнісним сенсором. Такого типу прилади використовуються в тому випадку, коли необхідно виміряти величину наступних видів тиску: абсолютний, надмірний, диференціальний, вакуум метричний.

Серія APZ поєднує в собі бюджетні рішення поряд з високоточними вимірюваннями. Виконання приладів APZ дозволяє застосовувати їх в різноманітних галузях промисловості.

Модельний ряд датчиків тиску серії APZ

У таблиці представлені датчики тиску серії APZ з основними відмінностями з технічних і експлуатаційних характеристик.

Тип датчика	Тип сенсора	Діапазон вимірювань, тип тиску	Вихідний сигнал	Особливості
 <p>APZ 1120</p>	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,4 бар до 0 ... 600 бар вакуум метричний надлишковий абсолютний	0,5 ... 4,5 В струм споживання < 2 мА,	Високоточний датчик тиску з малим енергоспоживанням. Ехіа - опція.
 <p>APZ 2030</p>	кремнієвий тензорезистивний	0,1 ... 40 бар диференціальний	аналоговий: 0 ... 10 В, 4 ... 20 мА (3-провідний) дискретний: контакти реле	Компактний диференційний датчик тиску.
 <p>APZ 2410</p>	керамічний	0 ... 1 бар до 0 ... 160 бар надлишковий	4 ... 20 мА 2-дротовий	Бюджетний багато діапазонний датчик тиску OEM серії.
 <p>APZ 2410a</p>	керамічний	0 ... 1 бар до 0 ... 40 бар надлишковий	4 ... 20 мА 2-дротовий	Малогабаритний датчик тиску OEM серії з можливістю калібрування нуля.
 <p>APZ 2412</p>	керамічний	0 ... 1,6 бар до 0 ... 400 бар надлишковий	4 ... 20 мА 2-дротовий	Бюджетний багато діапазонний датчик тиску OEM серії.
 <p>APZ 2422</p>	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 6 бар до 0 ... 600 бар надлишковий вакуум метричний	4 ... 20 мА 2-дротовий	Бюджетний OEM датчик тиску для холодильної техніки.

 <p>APZ 2422a</p>	кремнієвий	0 ... 6 бар до 0 ... 600 бар надлишковий	4 ... 20 мА 2-дротовий	Економічний багато діапазонний датчик тиску ОЕМ серії.
 <p>APZ 3020</p>	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,1 бар до 0 ... 25 бар диференціальний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Компактний диференційний датчик тиску.
 <p>APZ 3230</p>	кремнієвий тензорезистивний	6 мбар до 0 ... 1000 мбар надлишковий вакуум метричний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Датчик низького тиску і розрідження неагресивних газів. Ехіа - опція
 <p>APZ 3240</p>	керамічний ємнісний	0 ... 0,04 бар до 0 ... 10 бар надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 4 ... 20 мА / HART RS-485 / (Modbus RTU)	Цифровий датчик тиску для агресивних середовищ. Основна похибка 0,20% (для корпусу зі сталі).
 <p>APZ 3240k</p>	керамічний ємнісний	0 ... 0,04 бар до 0 ... 10 бар надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 4 ... 20 мА / HART RS-485 / (Modbus RTU)	Датчик тиску агресивних середовищ для суднобудування . Основна похибка 0,20 % (для корпусу зі сталі).
 <p>APZ 3410</p>	керамічний	0 ... 0,6 бар до 0 ... 600 бар вакуум метричний, надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В	Датчик тиску для агресивних середовищ. Ехіа - опція.
<p>APZ 3410k</p>	керамічний	0 ... 0,6 бар до 0 ... 600 бар	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА	Датчик тиску агресивних

		вакуум метричний, надлишковий абсолютний	0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В	середовищ для суднобудування . Ехіа - опція.
APZ 3420 	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,04 бар до 0 ... 600 бар вакуум метричний, надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Загально промисловий датчик тиску. Ехіа - опція
APZ 3420k 	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,04 бар до 0 ... 600 бар вакуум метричний, надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Датчик тиску для суднобудування . Ехіа - опція
APZ 3420m 	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,1 бар до 0 ... 600 бар надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Датчик тиску з розділом середовищ. Ехіа - опція
APZ 3420s 	кремнієвий тензорезистивний	від 0 ... 0,1 бар до 0 ... 40 бар надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0 ... 20 мА 0 ... 10 В 0 ... 5 В 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Датчик тиску з розділом середовищ. Ехіа - опція
APZ 3421 	кремнієвий тензорезистивний	0 ... 0,04 бар до 0 ... 600 бар вакуум метричний, надлишковий абсолютний	4 ... 20 мА 0,5 ... 4,5 В Modbus RTU HART	Високоточний датчик тиску. Ехіа - опція.

Принцип роботи датчиків тиску серії APZ

Процес вимірювання базується на функціональній залежності опору кремнієвого тензоелементу від тиску вимірюваного середовища, або зміну параметра ємнісного елемента. Вплив середовища на мембрану датчика перетворюється в механічну деформацію чутливого елемента датчика. Ця

деформація викликає зміну опору або ємності у вимірювальній схемі. Ця зміна і перетворюється в уніфікований електричний сигнал, якому відповідав би абсолютно певний тиск. Вихід датчика може бути підключений до так званого вторинного перетворювача. Він, в свою чергу, представляє значення вимірюваного параметра у звичній для нас формі. Так само, отриманий з датчика тиску серії APZ сигнал може бути пов'язаний з іншими пристроями контролю, сигналізації та аварійного захисту.

Переваги застосування датчиків APZ

- Висока точність вимірювань
- Наявність бюджетних рішень
- Різноманітність схем підключень для вибухобезпечної експлуатації
- Середнє напрацювання на відмову не менше 100 000 годин.
- Можливість підтримки HART - протоколу (опціонально).

Область застосування датчиків тиску APZ

Серія APZ включає значне різноманіття рішень в області надійних приладів вимірювання, які можуть застосовуватися практично в будь-яких сферах промислової автоматизації. Явним плюсом виступає можливість застосовувати датчики тиску серії APZ і на об'єктах житлово-комунального господарства. Дійсно, перелік систем має чисельність і охоплення. Це і системи гідравліки, і пневматичні системи. Системи вимірювання, вимірювальне обладнання. І навіть випробувальні стенди.

3.5 Охолоджувачі для датчиків тиску серії OX



Охолоджувачі серії OX - проміжні пристрої для підключення приладів вимірювання тиску до виробничого устаткування, що застосовуються з метою зниження температури робочого середовища на компоненти датчика.

Охолоджувачі OX мають досить компактну конструкцію, встановлюються на трубопроводі в точках відбору тиску і ефективно знижують температуру робочого середовища на виході до рівня не вище 60 °С за умови температури навколишнього середовища не більше 30 °С.

Для підвищення ефективності охолоджувачі для датчиків тиску можуть застосовуватися при послідовному з'єднанні один з одним.

Модельний ряд охолоджувачів серії OX

Модельний ряд охолоджувачів серії OX для датчиків тиску представлений двома моделями різного ступеня ефективності:

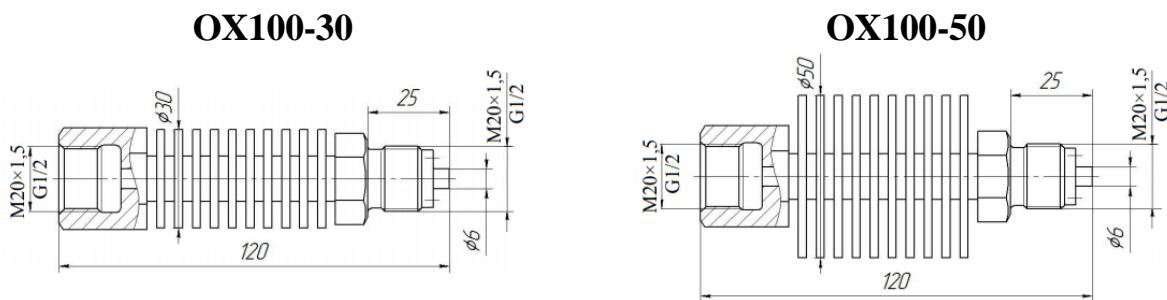
модель охолоджувача	Гранична температура на вході	Гранична температура на виході	Зовнішній діаметр ребр охолодження	Різьбове приєднання до датчика тиску і до магістралі
ОХ100-30	280 °С	50 °С	30 мм	Муфта, внутрішня різьба М20 × 1,5 або G1 / 2*
ОХ100-50	350 °С	50 °С	50 мм	Муфта, внутрішня різьба М20 × 1,5 або G1 / 2*

* - метрична різьба - за замовчуванням. За спеціальним замовленням можуть бути виконані інші види приєднання.

Технічні характеристики охолоджувачів серії ОХ

- Граничний тиск робочого середовища: 40 МПа
- Гранична температура на вході: 280 °С / 350 °С (в залежності від моделі)
- Гранична температура на виході: 50 °С (при температурі навколишнього повітря не більше 30 °С)
- Робочі середовища: рідина, пара, газ
- Матеріал охолоджувача: сталь 12Х18Н10Т (за згодою виріб може бути виконано з інших матеріалів)

Габаритні і приєднувальні розміри:



Позначення при замовленні повинно включати в себе тип (модель), виконання по діаметру, різьби приєднання до приладу, різьби приєднання до магістралі. Наприклад, охолоджувач: ОХ100-30-М20 × 1,5-G1 / 2.

Переваги застосування охолоджувачів для датчиків тиску

Переваги застосування охолоджувачів серії ОХ:

- Захист вимірювальних приладів від впливу високих температур робочих середовищ до 350 °С;
- Робочий тиск до 40 МПа;
- Компактна конструкція;
- Можливість виконання на спецзамовлення виробів з іншими приєднувальними розмірами або з інших матеріалів.

Застосування охолоджувачів серії ОХ

Охолоджувачі серії ОХ призначені для забезпечення коректного температурного режиму вимірювальних приладів - датчиків тиску, манометрів, гідростатичних датчиків та інших. Охолоджувачі можуть застосовуватися в системах гідроприводів і гідравлічного живлення виробничого обладнання металургійної та металообробної промисловості, системах паропроводів і газопроводів, що працюють при значних температурах середовищ на підприємствах хімічної, нафтохімічної промисловості, підприємствах енергетичного сектора і забезпечення ЖКГ.

Принцип роботи охолоджувачів серії ОХ

Охолоджувач для датчиків тиску є пристосування для розсіювання теплової енергії робочого середовища (рідина, пара, газ) у зовнішню атмосферу і, тим самим, забезпечення захисту приладів вимірювання тиску середовища від перегріву. Пристрій розміщується між трубопроводом виробничого обладнання та вимірювальним приладом, наприклад, датчиком тиску. У точці, де вимагається вимірювання тиску, в трубопроводі передбачається закладений елемент, так звана бобишка.

Охолоджувач являє собою масивне тіло осьової симетрії з різьбовими приєднаннями на кінцях. У середині охолоджувача проходить канал, по якому робоче середовище потрапляє в порожнину вимірювального приладу. На середній частині корпусу охолоджувача є кільцеві ребра, які служать для максимального збільшення площі тепловіддачі пристрою. Тепловіддача в навколишнє середовище відбувається в основному за рахунок конвекційних процесів в навколишньому повітрі. Ефективне зниження температури робочого середовища, що проходить в порожнину вимірювального приладу, відбувається за рахунок інтенсивного відбору тепла корпусом охолоджувача і конвекційної передачі його в зовнішнє середовище від ребр охолоджувача.

Якщо ефективність охолоджувача недостатня (наприклад, при дуже високій температурі навколишнього повітря), можна використовувати послідовне з'єднання двох і більш охолоджувачів серії ОХ.







3.6 Датчики тиску серії МРМ

П'єзорезистивні аналогові датчики тиску серії МРМ є високоточними засобами для вимірювання тиску в різних виробничих процесах. Їх корпус зроблений з неіржавіючої сталі марки 316L, що робить їх більш надійними і стійкими до корозії.








П'єзорезистивні перетворювачі тиску серії МРМ можуть вимірювати тиск речовин, будь то рідина, газ або пара. Широкий модельний ряд дозволяє вибрати датчик з необхідними параметрами. Наприклад, для місць з обмеженим простором відмінно підійдуть компактні датчики тиску серії МРМ.




Модельний ряд датчиків тиску MPM / MDM

Датчики тиску серії MPM / MDM представлені такими моделями:

Модель	діапазон вимірів	точність	Робоча температура	Особливості
серія MPM				
 <p>MPM4891B</p>	від 0 кПа до 0,01 ... 40 МПа	± 0,5%	-25 ... 75 °С	Перетворювач тиску без корпусу. Для установки в обмеженому просторі.
 <p>MPM489</p>	від - 100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 МПа	± 0,5%	-30 ... 80 °С -10 ... 70 °С (кабель)	П'єзорезистивний аналоговий датчик тиску для загальнопромислового застосування.
 <p>MPM480</p>	від - 100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 МПа	від ± 0,25%	30 ... 80 °С -10 ... 70 °С (кабель)	Компактний датчик тиску зі світлодіодним дисплеєм
 <p>MPM4530</p>	-0,1 ... 0 МПа, 0,01 ... 160 МПа (G), 0 МПа, 0,025 ... 60 МПа (A)	від ± 0,25%	-40 ... + 150 °С	Високотемпературний датчик тиску
 <p>MPM4730</p>	-0,1 ... 100 МПа	від ± 0,15%	-30 ... 80 °С -10 ... 70 °С (кабель)	Перетворювач тиску з цифровим виходом RS485 або HART
 <p>MPM486</p>	0 ... 110 МПа	± 0,1%	-20 ... 80 °С	Інтелектуальний датчик тиску з протоколом HART
MPM4891	від 0 кПа	± 0,5%	-25 ... 75 °С	Датчик тиску з високою стабільністю вимірювання

	до 0,01 ... 40 МПа			
МРМ430 	від -2,5 ... -0,5 кПа до 0,5 ... 20 кПа	$\pm 0,5\%$	-30 ... 80 °С -10 ... 70 °С (кабель)	Датчик тиску малого діапазону
МРМ483 	від -100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 МПа;	$\pm 0,05\%$	-30 ... 80 °С	Високоточний датчик тиску малого діапазону
МРМ489В 	від -0,1 ... 0 МПа до 0,02 ... 100 МПа	$\pm 0,5\%$	-40 ... + 80 °С	Датчик тиску для агресивних рідин
МРМ4511 	від 0 кПа до 0,7 ... 100 МПа	$\pm 1,0\%$	-40 ... 125 °С	Датчик для вимірювання тиску в пневматичних і гідравлічних системах
МРМ4760 	від -100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 МПа	$\pm 0,25\%$	-30 ... 80 °С	Інтелектуальний датчик тиску з дисплеєм і цифровим виходом RS485 по протоколам ASCII і ModBus RTU
МРМ388 	0 ... 7 МПа	$\pm 0,05\%$	-40 ... 120 °С	П'єзорезистивний перетворювач тиску для транспортних засобів
МРМ4889 	від 0 кПа до 0,1 ... 40 МПа	від \pm 0,25%	-20 ... 80 °С	Загальнопромисловий датчик тиску
МРМ4893 	від 20 кПа до 0,1 ... 35 МПа	$\pm 0,5\%$	-10 ... 80 °С	Загальнопромисловий датчик тиску

 <p>MPM6881</p>	<p>від 0 кПа до 0,02 ... 10 МПа</p>	<p>± 0,5%</p>	<p>-20 ... 70 °С</p>	<p>Бездротовий датчик тиску</p>
 <p>MPM4150</p>	<p>0 ... 1 МПа, 0 ... 1,6 МПа</p>	<p>± 0,5%</p>	<p>-20 ... 85 °С</p>	<p>Компактний датчик тиску загальнопромислового застосування</p>
 <p>MPM4780</p>	<p>від -100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 Мпа рівень води: від 0 до 3,5 ... 200 м</p>	<p>± 0,5%</p>	<p>30 ... 80 °С</p>	<p>Інтелектуальний датчик тиску з протоколом передачі даних ModBus RTU</p>
 <p>MPM4783</p>	<p>від -100 ... 0 кПа до 0,01 ... 100 МПа</p>	<p>± 0,5%</p>	<p>-10 ... 60 °С</p>	<p>Інтелектуальний датчик тиску з протоколом передачі даних ModBus RTU</p>
 <p>MPM380</p>	<p>від -100 ... 0 кПа до 0,02 ... 100 МПа</p>	<p>± 0,1%</p>	<p>-30 ... 80 °С -10 ... 70 °С (кабель)</p>	<p>Загальнопромисловий п'єзорезистивний перетворювач тиску</p>
 <p>MPM8320</p>	<p>від 0 кПа до 0,2 ... 20 МПа</p>	<p>± 0,02%</p>	<p>-40 ... 125 °С</p>	<p>Компактний датчик тиску з кабельним виходом</p>
серія MDM				
 <p>MDM3051S-DAP</p>	<p>від 0 Па до 0,6 ... 40 МПа</p>	<p>± 0,075%</p>	<p>-40 ... 85 °С</p>	<p>Інтелектуальний датчик тиску спеціального виконання</p>
<p>MDM3051S-DGP</p>	<p>від 0 Па до 0,6 ... 40 МПа</p>	<p>± 0,075%</p>	<p>-40 ... 85 °С</p>	<p>Інтелектуальний датчик тиску спеціального виконання</p>

				
MDM3051S-GP 	від 0 Па до 0,6 ... 40 МПа	\pm 0,075%	-40 ... 85 °С	Інтелектуальний датчик тиску спеціального виконання
MDM3051S-AP 	від 0 Па до 0,6 ... 40 МПа	\pm 0,075%	-40 ... 85 °С	Інтелектуальний датчик тиску спеціального виконання

Технічні характеристики датчиків тиску серій МРМ, МДМ

Далі наведені основні технічні параметри, загальні для датчиків серії МРМ / МДМ:

- Вимірювальний тиск: від -0,1 МПа до 100 МПа;
- Вихідний сигнал: 4-20 мА (2х провідний) / RS485;
- Матеріал виготовлення: нержавіюча сталь марки 316L;
- Ступінь захисту: до IP68;
- Точність: не нижче \pm 1%;
- Мінімальна робоча температура: до -40 °С;
- Максимальна робоча температура: до + 150 °С;
- Напряг живлення: від 10 до 30 В DC.

Застосування датчиків тиску МРМ / МДМ

П'єзорезистивні перетворювачі тиску серії МРМ / МДМ підійдуть для контролю тиску в багатьох галузях промисловості завдяки своїм відмінним метрологічним характеристикам. Наприклад, в:

- Хімічній та нафтовій промисловості;
- Металургійній промисловості;
- Харчовій та фармацевтичній промисловості;
- Текстильних і будівельних галузях промисловості;
- Енергетичній та інші.

Переваги датчиків МРМ, МДМ

З усіх переваг перетворювачів тиску з аналоговим виходом серії МРМ / МДМ можна виділити наступні:

- Широкий діапазон вимірювання тиску;
- Датчики виготовлені з нержавіючої сталі з високою стійкістю до корозії;
- Широкий модельний ряд датчиків з різною специфікою:
 - компактні;

- інтелектуальні;
- бездротові та інші.
- Можливість роботи з газом, парою і рідиною;
- Наявність температурної компенсації вимірювань;
- Проста калібрування нуля.

недоліки

З недоліків можна виділити лише неможливість використання цих приладів в високотемпературних процесах (понад 120 °С). В іншому стабільність роботи датчика буде визначатися правильністю вибору певної моделі для вимірювального завдання.

2.3 ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 РОЗРАХУНОК ДАТЧИКА ТИСКУ

Витратоміри з пристроями звуження (ПЗ) потоку належать до приладів змінного перепаду тиску. Принцип дії їх заснований на залежності від витрати речовини перепаду тиску, створюваного нерухомим пристроєм, що встановлюється в трубопроводі. З усього розмаїття витратомірів змінного перепаду тиску найбільш широко застосовуються витратоміри з пристроями звуження потоку.

Розрахунок звуженого пристрою полягає у визначенні діаметра його отворів при відомих заздалегідь діапазонів зміни витрат, параметрів вимірюваного середовища, діаметрі трубопроводу і діапазоні перепадів тиску.

Вихідні розрахункові рівняння для визначення об'ємної витрати газу (м³/год), приведенного до нормальних умов, мають вигляд:

$$Q_{\text{ном}} = 0,2109 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot K_t^2 \cdot d^2 \cdot \sqrt{p \cdot \Delta p / (\rho_{\text{ном}} \cdot T \cdot K)},$$

де p - абсолютний тиск середовища перед ПЗ в умовах вимірювання, кгс/см²;

Δp - перепад тиску середовища при перебігу через ПЗ, кгс/см²;

T - температура вимірюваного середовища перед ПЗ, К;

$\rho_{\text{ном}}$ - щільність газу в нормальному стані, кг / м³;

K - коефіцієнт стиску газу;

K_t - поправочний множник на теплове розширення матеріалу.

$$K_t = 1 + 2 \cdot \alpha_t \cdot (t - t_0),$$

де α_t - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ПЗ;

t - температура вимірюваного середовища перед ПЗ, °С;

t_0 - температура, при якій вимірюють діаметр ПЗ.

Розрахункове рівняння $Q_{\text{ном}}$ містить три невідомих величини d , α і ε . Між параметрами m і α для ПЗ різних типів існують певні залежності, що впливають

з експериментальних оцінок вихідних коефіцієнтів витрати. Внаслідок цього попередній розрахунок ПЗ зводиться до визначення $m\alpha$, Потім до знаходження α , а потім до розрахунку діаметра отвору ПЗ при температурі 20 °С за формулою:

$$d_{20} = D \cdot \sqrt{m} / K.$$

Для визначення попереднього значення $Q_{\text{НОМ}}$ представляємо у вигляді:

$$m\alpha = C / (\varepsilon / \sqrt{\Delta p}),$$

де C - додаткова величина, яка визначається наступним чином:

$$C = Q_{\text{НОМ}} / \sqrt{\rho_{\text{НОМ}} \cdot T \cdot K / p} \cdot 0,2109 \cdot D_{20}^2.$$

Для визначення $m\alpha$ необхідно спочатку оцінити значення ε .

Поправочний множник на розширення вимірюваного середовища ε для діафрагми розраховується за формулою:

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot m^2) \cdot [\Delta p_{\text{H}} / p \cdot \chi],$$

де Δp_{H} - номінальний перепад тиску дифманометра, кгс/м²;

c - показник адіабати газу.

Наближені значення m і Δp_{H} визначають по номограмі по обчисленому значенню c і заданому значенню допустимої втрати тиску на ПЗ при найбільшій витраті.

Оцінивши ε , розраховуємо значення $m\alpha$, Потім, розділивши $m\alpha$ на α , визначаємо m . Для знову обчисленого значення m визначають значення ε_1 і обчислюють різницю $\varepsilon - \varepsilon_1$. Якщо ця різниця не перевищує 0,0005, то значення m і ε_1 вважають остаточними. при $\varepsilon - \varepsilon_1 > 0,0005$ обчислюють допоміжну величину $(m\alpha)_1$ при ε_1 і визначають m_1 . Розрахунок проводиться до тих пір, поки не буде виконуватися умова $\varepsilon_{(n+1)} - \varepsilon_n < 0,0005$. По знайденому остаточному значенню m знаходьві розрахунковий діаметр отвору ПЗ.

Коефіцієнт витрати діафрагми з кутовим способом відбору і гострою вхідною кромкою, що встановлюються в трубоводах з відносною шорсткістю:

$$\frac{k}{D} \cdot 10^4 \leq \begin{cases} 25 \text{ для } m \leq 0.09; \\ 2375m - 1817.5\sqrt{m} + 356.5 & \text{для } 0.09 < m \leq 0.13; \\ 3.9 + 10^3 \exp(-14.2\sqrt{m}) \text{ для } m > 0.13 \end{cases}$$

в діапазоні чисел Рейнольдса $Re_{\min} \leq Re \leq 10^8$ визначають за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \left[0.5959 + 0.0312m^{1.05} - 0.184m^4 + 0.0029m^{1.25} \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{0.75} \right].$$

Значення Re_{\min} вибирають в залежності від m :

для $0,05 \leq m \leq 0,20$ $Re_{\min} = 5 \cdot 10^3$

для $0,20 \leq m \leq 0,59$ $Re_{\min} = 10^4$

для $0,59 \leq m \leq 0,64$ $Re_{\min} = 2 \cdot 10^4$

Для діафрагм з кутовим і фланцевим відбором коефіцієнт розширення газу, що враховує зміну щільності газу при проходженні його через звуження потоку, визначають за виразом:

$$\varepsilon = 1 \cdot \left(0.41 + 0.35m^2 \frac{\Delta P}{P\chi} \right),$$

де m - відносна площа звуженого пристрою;

Число Рейнольдса для діаметра D при відомому витраті газу в нормальному стані визначається виразом

При відомій витраті газу:

$$Re = 0.0361 \frac{Q_{\text{ном. min}} \rho_{\text{ном}}}{D \cdot \mu}.$$

Завдання.

Розрахувати витратомір змінного перепаду тиску за допомогою пристрою звуження. Вихідні дані потрібно помножити на коефіцієнт вказаний викладачем.

Вихідні дані	Умовне позначення	Одиниця величини	Значення
Найбільша вимірювана об'ємна витрата при нормальних умовах	$Q_{\text{ном max}}$	м ³ /год	1000
Найменша вимірювана об'ємна витрата при нормальних умовах	$Q_{\text{ном min}}$	м ³ /год	340
Надлишковий тиск газу перед пристроєм звуження пристроєм	P_i	кгс/см ²	3
Внутрішній діаметр вимірювального трубопроводу при температурі 20 °С	D_{20}	мм	100
Матеріал, з якого виготовлено пристрій звуження	сталь 12Х18Н10Т(12Т)		

Матеріал, з якого виготовлений вимірювальний трубопровід	сталь ОХ13		
Спосіб відбору тиску	кутовий, трьохрадіусний, фланцевий		
Початковий радіус вхідної кромки діафрагми	r_H	мм	0,04
Поточний час експлуатації діафрагми з моменту визначення значення початкового радіусу вхідної крайки діафрагми	τ_T	рік	1
Температура газу перед пристроєм звуження	t	°С	87
Барометричний тиск навколишнього повітря	p_{σ}	мм. рт. ст.	750
Допустима втрата тиску на пристрої звуження потоку при найбільшому витраті	$p_{H.д.}$	кгс/см ²	0,16
Властивості вимірюваного середовища			
Вимірювальне середовище	Водяна пара		
Динамічна в'язкість вимірюваного середовища	μ	Па·м ²	$1,08 \cdot 10^6$
Щільність вимірюваного середовища в робочих умовах	$\rho_{ном}$	кг/м ³	0,73

Вихідні дані для розрахунку пристрою звуження: вимірюване середовище - водяна пара, що має при нормальних умовах щільність $\rho_{ном} = 0,73 \text{ кг/м}^3$ і динамічну в'язкість $\mu = 1,08 \cdot 10^{-6} \text{ Па/м}^2$; найбільшу вимірювану об'ємну витрату при нормальних умовах $Q_{ном \max} = 1000 \text{ м}^3/\text{год}$, мінімальний $Q_{ном \min} = 340 \text{ м}^3/\text{год}$; надлишковий тиск газу перед пристроєм звуження пристроєм $P_i = 3 \text{ кгс/см}^2$; барометричний тиск навколишнього повітря $p_{ст} = 750 \text{ мм. рт. ст.}$; температура газу перед пристроєм звуження пристроєм $t = 87 \text{ }^\circ\text{C}$; допустима втрата тиску на пристрої звуження потоку при найбільшій витраті $r_{н.д.} = 0,16 \text{ кгс/см}^2$; внутрішній діаметр трубопроводу перед пристроєм звуження при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_{20} = 100 \text{ мм}$; трубопровід знаходиться в експлуатації кілька років і виготовлений з суцільнотягнутих труб; тип пристрою звуження - діафрагма з кутовим способом відбору зі сталі марки ОХ13.

$$\rho_{ном} := 0.73 \quad \mu := 1.08 \cdot 10^{-6} \quad Q_{ном\max} := 1000 \quad Q_{ном\min} := 340 \quad P_i := 3$$

$$p_{ст} := 750 \quad t := 87 \quad r_{нд} := 0.16 \quad D_{20} := 100 \quad D := D_{20}$$

Визначимо відсутні для розрахунку дані:

- температуру газу, К, перед пристроєм звуження

$$T := 273.15 + t \quad T = 360.15$$

- барометричний тиск, кгс/см^2

$$p_{ст} := 750 \cdot (13.595 \cdot 10^{-4}) \quad p_{ст} = 1.02$$

- абсолютний тиск пара, кгс/см^2 перед пристроєм звуження

$$p_n := 3$$

$$p := p_n + p_{ст} \quad p = 4.02$$

- абсолютну шорсткість стінок трубопроводу

$$\epsilon := 0.22$$

- комплексний коефіцієнт приведення надлишкового тиску

$$K_P := \frac{26.1082}{(26.1082 - \rho_{ном})} \quad K_P = 1.029$$

- комплексний коефіцієнт приведення надмірної температури

$$KT := \frac{1.2864}{(0.56364 + rном)} \quad KT = 0.994$$

- псевдоприведений надлишковий тиск, кгс/см²

$$pип := rн \cdot KР \quad pип = 3.086$$

- псевдоприведену температуру, °С

$$ti := KT \cdot (t + 273.15) - 273.15 \quad ti = 84.984$$

- коефіцієнт стиску газу

$$K := 0.99225$$

- показник адіабати газу

$$\lambda := 1.29 + 0.704 \cdot 10^{-6} \cdot [2575 + (346.23 - T) \cdot 2]$$

$$\lambda = 1.292$$

- поправочний множник на теплове розширення матеріалу діафрагми

$$Kt := \sqrt{0.9998} \quad Kt = 1$$

Після визначення недостаючих даних виконаємо розрахунок параметрів ПЗ. Спочатку розрахуємо додаткову величину С:

$$C := \frac{Qномтах}{0.2109D20^2} \cdot \sqrt{\frac{rном \cdot T \cdot K}{P}} \quad C = 3.82$$

- наближене значення відносної площі діафрагми і граничний номінальний перепад тиску дифманометра

$$m := 0.15 \quad \Delta pн := 1600$$

- число Рейнольдса при максимальній витраті газу

$$Re_{max} := \frac{0.0361 Q_{ном\max} \cdot \rho_{ном}}{D \cdot \mu} \quad Re_{max} = 2.44 \times 10^{-7}$$

- число Рейнольдса при мінімальній витраті газу

$$Re_{min} := \frac{0.0361 Q_{ном\min} \cdot \rho_{ном}}{D \cdot \mu} \quad Re_{min} = 8.296 \times 10^{-8}$$

- мінімально допустима кількість Рейнольдса для $0.05 \leq m \leq 0.20$
 $Re_{min} = 5000$

- наближене значення коефіцієнта газу

$$\Delta p_1 := 16000 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon := \frac{[1 \cdot (0.41 + 0.35 - 0.1582) \cdot \Delta p_1]}{\rho \cdot 1.8096} \quad \epsilon = 0.102$$

- коефіцієнт витрати діафрагми

$$a_1 := \frac{1}{\sqrt{1-m}} \left[0.5959 + 0.0312 \cdot m^{1.05} - 0.184 \cdot m^4 + 0.0029 \cdot m^{1.25} \left(\frac{10^6}{0.244 \cdot 10^6} \right)^{0.75} \right] \cdot 1.0158$$
$$a_1 = 0.459$$

- допоміжна величина $m\alpha$

$$C := 3.369 \quad \Delta p_{n1} := 16000$$

$$M\alpha := \frac{C}{(\epsilon \cdot \sqrt{\Delta p_{n1}})} \quad M\alpha = 0.26$$

- відносна площа пристрою звуження

$$\alpha := 0.61731$$

$$m_1 := \frac{M\alpha}{\alpha} \quad m_1 = 0.421$$

- коефіцієнт розширення газу при m1

$$\varepsilon_1 := 1 - (0.41 + 0.35 - 0.13813) \cdot \frac{\Delta p_H}{p \cdot \lambda} \quad \varepsilon_1 = 0.141$$

- розрахунковий діаметр отвору, мм, пристрою звуження при 20 °C

$$d_{20} := \frac{D \cdot \sqrt{m}}{K_t} \quad d_{20} = 38.734$$

Перевіримо правильність розрахунку. Коефіцієнт витрати діафрагми при m1

$$a_2 := \frac{1}{\sqrt{1 - m}} \cdot \left[0.5959 + 0.0312 \cdot m^{1.05} - 0.184 \cdot m^4 + 0.0029 \cdot m^{1.25} \left(\frac{10^6}{0.244 \cdot 10^6} \right)^{0.75} \right] \cdot 1.0158$$

$$a_2 = 0.459$$

Об'ємна витрата газу, м³/год, що відповідає граничному номінальному перепаду тиску дифманометра

$$Q_{ном} := 0.2109 \cdot a \cdot \varepsilon \cdot K_t^2 \cdot d_{20}^2 \cdot \sqrt{\frac{(1600 \cdot p)}{(p_{ном} \cdot T \cdot 0.99225)}} \quad Q_{ном} = 99.257$$

Порівняємо відхилення Q_{ном.пр.} від заданого значення об'ємної витрати і визначимо похибка розрахунку

$$\Delta := \left| \frac{Q_{номmax} - Q_{ном}}{Q_{номmax}} \right| \cdot 100\% \quad \Delta = 0.901$$

РОЗДІЛ 4. ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ, ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ

4.1. Вимірювання рівня

Датчики рівня - первинний польовий прилад в системах автоматизації. Існує безліч датчиків рівня, що вимірюють різні фізичні величини. Спочатку за часів становлення промислової автоматики найбільш доступним було вимірювання рівня рідини.

Датчики рівня щодо застосування для різних речовин діляться на датчики рівня для рідини і датчики рівня для сипучих матеріалів. За функціональністю розрізняють сигналізатори рівня (контролюють досягнення рівня в конкретній точці) і рівнеміри або перетворювачі рівня, здійснюють безперервний моніторинг за рівнем.

Датчики рівня застосовуються для визначення рівня різних видів рідких, газоподібних і сипучих продуктів і матеріалів в ємностях і трубопроводах.

Для роботи з різними речовинами застосовуються контактні і безконтактні варіанти датчиків. Залежно від будови корпусу і методу проведення вимірювань датчики можуть встановлюватися безпосередньо в корпус ємності або трубопроводу, а також монтуватися безпосередньо над самим об'єктом вимірювання.

Спочатку датчики рівня використовували найпростіші фізичні принципи: гідростатичну виштовхувальну силу, що переміщує поплавки, і електропровідність матеріалів, замикаючих електричний ланцюг при досягненні матеріалом електродів. Це призвело до того, що дане поняття асоціюється в першу чергу з виміром рівня рідини або вимірюванням рівня сипучих матеріалів в різних танках, резервуарах, силосах, баках та інше.

В результаті технічного прогресу датчик рівня з найпростішого поплавкового датчика рівня або кондуктивного сигналізатора рівня рідини еволюціонував в самодостатній прилад, оснащений вбудованим мікропроцесором, здатним виконувати цілий ряд функцій:

- Онлайн вимір фактичного рівня рідин і сипучих речовин;
- Сигналізація мінімального / максимального рівня;
- Сигналізація досягнення заданого рівня;
- Вимірювання об'єму рідини або сипучих речовин в місцях зберігання складної геометричної форми;
- Вимірювання об'єму насипних сипучих матеріалів на відкритих майданчиках зберігання;
- Вимірювання швидкості витрати;
- Зберігання та обробка накопичених даних результатів вимірювання.

Датчики визначення рівня застосовуються у всіх галузях промислового виробництва, що працюють з рідкими, сипучими, газоподібними, пастоподібними, в'язкими, липкими та іншими матеріалами. Датчики призначені для безперервного вимірювання або для контролю граничних значень рівня в ємності або трубі.

Різні види датчиків розраховані на роботу в різних умовах зовнішнього середовища і застосовуються залежно від характеристик і особливостей вимірюваного продукту.

Датчики рівня застосовуються для роботи з:

- нафтою, нафтопродуктами, маслами, мастильними матеріалами, мастильно-охолоджуючими емульсіями,
- водою і водними розчинами, стічними водами,
- кислотами і лугами, миючими рідинами,
- харчовими продуктами, в тому числі напоями,
- пластиковими гранулами,
- будівельними матеріалами, сухими будівельними сумішами,
- різними в'язкими середовищами.

Значно розширився спектр використання фізичних принципів, тому сьогодні існує безліч видів датчиків рівня загального призначення, але різних з фізики дії. Це дозволяє підібрати датчик рівня практично під будь-який матеріал і під рішення конкретної задачі.

Можливість застосування різних принципів дії датчиків рівня для вирішення завдань безперервного виміру рівня (рівнемір) або сигналізації рівня для різних рідин і сипучих матеріалів

	рідина		Границя розділу рідин		піна		розчини кислот		суспензії		Порошок		гранули		каменів		В'язкий липкий матеріал	
	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*	С*	Р*
емнісний	від.	від.	-	-	-	-	доп.	доп.	зад.	зад.	-	-	-	-	-	-	-	зад.
емнісний радіочастотний	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-
кондуктометричний	доп.	-	-	-	-	-	зад.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
гідростатичний	від.	від.	-	-	-	-	зад.	зад.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
мембранний	зад.	-	-	-	-	-	зад.	-	-	-	зад.	-	зад.	-	-	-	-	-
поплавковий магнітний	від.	від.	доп.	-	-	-	від.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
поплавковий кабельний	від.	-	-	-	-	-	-	-	від.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
буйковий	від.	зад.	-	-	-	-	-	від.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
похилого типу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	зад.	зад.	доп.	доп.	від.	від.	-	-
ротаційний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	від.	-	від.	-	зад.	-	-	-
вібраційний	від.	-	зад.	-	-	-	від.	-	від.	-	від.	-	доп.	-	зад.	-	від.	-
мікрохвильовий бар'єр	від.	-	-	-	-	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-
оптичний	від.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
радіоізотопний	зад.	зад.	-	-	-	-	зад.	зад.	-	-	зад.	зад.	зад.	зад.	зад.	зад.	зад.	зад.
лотковий	-	від.	-	зад.	-	-	-	-	-	зад.	-	від.	-	від.	-	від.	-	-
мікрохвильовий радарний	-	від.	-	-	-	доп.	-	доп.	-	доп.	-	доп.	-	зад.	-	-	-	від.
мікрохвильовий рефлексний	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	від.	-	доп.	-	від.	-	-	-	доп.
магнітострикційний	-	від.	-	доп.	-	-	-	доп.	-	доп.	-	-	-	-	-	-	-	-

акустичний	-	доп.	-	-	-	-	-	від.	-	доп.	-	-	-	від.	-	від.	-	від.
ультразвуковий	від.	від.	-	-	-	-	-	-	від.	від.	від.	від.	від.	зад.	зад.	-	від.	від.
байпасний	від.	від.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

С* - сигналізатор досягнення рівня в заданій точці;

Р* - рівнемір, безперервне перетворення рівня.

Результат застосування:

- немає (-) - не призначений;
- зад. - задовільно;
- доп. - допустимо;
- від. - відмінно.

Для вимірювання рівня необхідно два основних види обладнання: безпосередньо датчики рівня, а також засоби візуалізації даних.

Датчики рівня розрізняються за принципом дії і тривалості проведення вимірювань. Відповідно до цього датчики можуть мати контактний або безконтактний спосіб вимірювання, проводити вимірювання постійно протягом заданого проміжку часу або сигналізувати про поточне граничне значення. При виборі пристрою для роботи необхідно враховувати параметри контрольованої речовини і навколишнього середовища, характеристики робочого обладнання, мети проведення вимірювань. Вид датчика рівня значно впливає на можливості його застосування і складність проведення вимірювань.

Засоби візуалізації даних при вимірюванні рівня допомагають візуалізувати отримані результати, скласти графіки зміни рівня з плином часу, фіксувати моменти досягнення граничних значень. Деякі види програмного забезпечення дозволяють задавати додаткові налаштування для роботи з датчиками рівня і управляти датчиками комплексно в рамках технічних засобів АСУ виробничими процесами.

Використання обладнання в комплексі дозволяє найбільш повно збирати й аналізувати інформацію про рівень продукту. Датчики рівня і засоби візуалізації даних для них спільно застосовуються в системах автоматичного управління виробничими процесами.

Рекомендації по вибору датчиків рівня

На сьогоднішній день існує велика кількість автоматизованих систем управління різними виробничими процесами, і однією з основних задач таких процесів є контроль рівня середовищ. У зв'язку з цим, виробники випускають безліч типів датчиків рівня, що базуються на різних принципах роботи і застосовуваних з рідкими і сипучими матеріалами.

Почнемо з поняття «датчик рівня», під визначення якого потрапляють пристрої, призначені як для безперервного вимірювання рівня середовищ (такі датчики рівня називають «рівнемірами»), так і для контролю заданого рівня (це «сигналізатори рівня»). Таким чином, в першу чергу необхідно визначитися, чи потрібне постійно тримати на контролі рівень матеріалу в ємності або досить контролювати конкретні точки, наприклад спустошення або заповнення

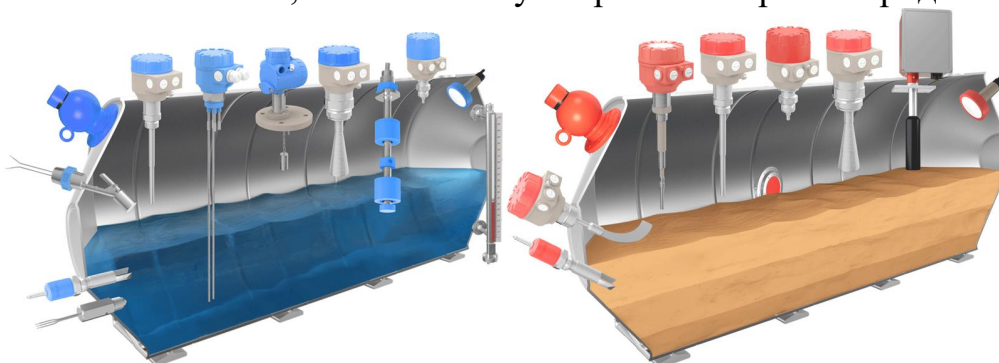
резервуара. У виробничих процесах, де завдання управління полягає у включенні / відключенні електродвигунів насосів, світлозвукової сигналізації або відкриття / закриття соленоїдних клапанів по досягненню заданого рівня, можна обійтися більш економічними і простими сигналізаторами. Сигналізатори рівня мають дискретний вихід і часто вбудовуються безпосередньо в ланцюг управління. У найбільш складних і відповідальних виробничих процесах, де потрібно високоточне вимірювання рівня, безперервний моніторинг витрат матеріалу і чітке дозування, використовуються більш досконалі алгоритми та інструменти управління. У таких випадках застосовуються рівнеміри з аналоговим вихідним сигналом, пропорційним вимірюваному рівню. Рівнеміри підключаються до різних регуляторів, програмованих реле і контролерів, які у відповідність з керуючою програмою здійснюють управління виробничим процесом і передають інформацію про вимірювання на верхній рівень автоматизації в SCADA-системи.

Датчик рівня

Безперервне вимірювання рівня (рівнемір)	
рідини	сипучі середовища
Ємнісні, гідростатичні, байпасні, магнітострикційні, магніточутливі, буйкові, мікрохвильові (рефлексні, радарні), ультразвукові, радіоізотопні	Лоткові, ємнісні, мікрохвильові (рефлексні, радарні), ультразвукові, радіоізотопні

Контроль досягнення заданого рівня (сигналізатор)	
рідини	сипучі середовища
Поплавкові, магнітні, ємнісні, оптичні, вібраційні, ультразвукові, гідростатичні	Кабельні механічні, ротаційні, вібраційні, ємнісні, мікрохвильові рефлексні, ультразвукові

Датчики рівня застосовуються з різними матеріалами, проте можна виділити дві групи датчиків рівня: «для рідин» і «для сипучих середовищ». Кожна з груп має свої особливості, які повинні бути враховані при виборі датчика.



Визначившись з функціоналом датчика рівня і середовищем застосування, на наступному етапі необхідно вибрати тип датчика: контактний або безконтактний. Контактні датчики представлені широкою лінійкою пристроїв і мають більшу точність і меншу вартість. Однак, такі фактори як піноутворення,

висока в'язкість середовища і наявність суспензій в рідині може привести до некоректних результатів вимірювання. Контактний тип датчиків найбільш стійкий до високих температур і тиску середовища. Для контролю рівня агресивних середовищ в хімічному виробництві, що контактують із середовищем частини датчика виготовляють з хімічно стійких пластмас і нержавіючої сталі. Разом з тим, саме безконтактні датчики рівня за рахунок відсутності контакту з вимірюваним середовищем знаходять широке застосування в хімічній промисловості, несприйнятливі до піноутворення і налипання.

Наступним і найбільш відповідальним етапом є вибір датчика рівня за принципом дії. Кожен принцип дії має свої переваги і недоліки. Так, наприклад, ємнісні і кондуктометричні датчики рівня здатні працювати тільки в струмопровідних середовищах, ультразвукові датчики чутливі до пилу, а поплавкові магнітострикційні і магніточутливі рівнеміри не рекомендується використовувати спільно з в'язкими рідинами. У той же час, безконтактні мікрохвильові радарні рівнеміри завдяки своїй конструкції та принципу дії підходять для вимірювання рівня агресивних, пінних середовищ в широкому діапазоні температур і тисків і застосовні майже в будь-якому процесі, але вартість таких пристроїв порівнянна їх можливостям, тому слід оцінити доцільність застосування радарних рівнемірів.

Ціна					
Рівнеміри			сигналізатори		
низька	середня	висока	низька	середня	висока
гідростатичні	магнітострикційні	байпасні	гідростатичні	вібраційні	мікрохвильові
ємнісні	магніточутливі	буйкові	магнітні	ємнісні	
ультразвукові	мікрохвильові радарні	лоткові	поплавкові механічні	оптичні	
	мікрохвильові рефлексні	радіоізотопні	ротаційні	ультразвукові	

особливості середовища				
рідини			ситучі	
агресивні	пінні	в'язкі	налипаючі	пил
мікрохвильові радарні	вібраційні	вібраційні	ємнісно-частотні сигналізатори	вібраційні
радіоізотопні	ємнісно-частотні сигналізатори	ємнісно-частотні сигналізатори	мікрохвильові рівнеміри / сигналізатори	ємнісні рівнеміри
ультразвукові	гідростатичні	мікрохвильові рівнеміри / сигналізатори	радіоізотопні	кабельні механічні
контактні датчики з нержавіючої сталі або пластику	магнітострикційні	радіоізотопні	ротаційні	лоткові

	магніточутливі	ультразвукові	ультразвукові	мікрохвильові радарні
	мікрохвильові рефлексні			мікрохвильові сигналізатори
	радіоізотопні			радіоізотопні
				ротаційні

точність					
Рівнеміри			сигналізатори		
низька	середня	висока	низька	середня	висока
байпасні	гідростатичні	буйкові	механічні похилі	вібраційні	гідростатичні
ємнісні	лоткові	магніострикційні	поплавкові	магнітні	ємнісні
	магніточутливі	мікрохвильові радарні	ротаційні	мікрохвильові	оптичні
	ультразвукові	мікрохвильові рефлексні			ультразвукові
	радіоізотопні				

Далі наведемо зведену таблицю датчиків рівня за розглянутими критеріями.

датчики рівня	Ціна	точність	умови				
			Агресивне середовище	піна	в'язке середовище	налипаючий матеріал	запиленість
Рівнеміри							
ємнісні	★	★	★★	-	-	-	+
гідростатичні	★	★★	★★	+	-	-	-
байпасні	★★★	★	★★	-	-	-	-
магніострикційні	★★	★★★	★★	+	-	-	-
магніточутливі	★★	★★	★★	+	-	-	-
буйкові	★★★	★★★	★★	-	-	-	-
мікрохвильові рефлексні	★★	★★★	★★	+	+	+	-
мікрохвильові радарні	★★	★★★	★★★	-	+	+	+
ультразвукові	★	★★	★★★	-	+	+	-
лоткові	★★★	★★	-	-	-	-	+
радіоізотопні	★★★	★★	★★★	+	+	+	+
сигналізатори							
поплавкові	★	★	★★	-	-	-	-
магнітні	★	★★	★★	-	-	-	-
ємнісно-частотні	★★	★★★	★★	+	+	+	+
оптичні	★★	★★★	★★	-	-	-	-
ультразвукові	★★	★★★	★★★	-	+	+	-
гідростатичні	★	★★★	★★	+	-	-	-
кабельні механічні	★	★	-	-	-	-	+
ротаційні	★	★	-	-	-	+	+
вібраційні	★★	★★	★★	+	+	-	+
мікрохвильові	★★★	★★	★★★	+	+	+	+




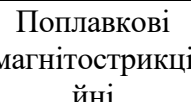
1. ★ - низьке значення


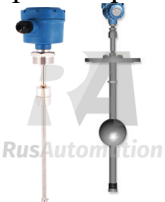



2. ★ ★ - середнє значення
 3. ★ ★ ★ - високе значення

Більшість випускаємих датчиків рівня мають різні виконання (мініатюрні, вибухозахищені, високотемпературні, з подовженням та інші), що робить їх більш універсальними і розширює сферу їх застосування.



Рівнеміри для безперервного вимірювання рівня рідин і сипучих матеріалів. Контактні і безконтактні, загальнопромислові і вибухозахищені, на різних фізичних принципах вимірювання рівня.

Зведена таблиця за типами та принципам роботи рівнемірів

Принцип роботи	Діапазон виміру	Особливості та переваги	Сфера застосування (промисловість, виробничий процес)	
Рівнеміри для рідин				
контактні рівнеміри	емнісні рівнеміри 	до 50 м (типовий до 3 м)	Висока чутливість, відсутність мертвої зони, невелика інерційність, економічність. Недорогий прилад.	Контроль низького рівня речовини (наприклад, наявності / відсутності води). Агресивні речовини, процеси з температурою до + 250 °С. Крім жорстких зондів є тросові виконання, використовувані в свердловинах.
	Гідростатичні рівнеміри 	до декількох сотень метрів	Існують різні і погружні прилади, підтримують високий тиск робочого середовища, працюють з будь-якими типами рідин і не вимагають складного технічного обслуговування	Однорідні середовища. Контроль наявності води. Вимірювання глибин водойм, промислових резервуарів, сховищ і свердловин. Застосовуються з газами, в морській справі.
	Поплавкові байпасні рівнеміри 	до 3,5 м	Широкий діапазон температур і тисків, висока надійність, візуальний контроль рівня, можливість автономної роботи, спільне застосування з магнітострикційними рівнемірами і повірка без зупинки виробничого процесу.	Токсичні, агресивні середовища в діапазоні температур -35 ... + 250 °С, автономні процеси з візуальною індикацією, ємності під тиском, пінні продукти.
	Поплавкові магнітострикційні рівнеміри 	до 15 м (типовий до 6 м)	Висока точність (частки міліметра), швидкодія і відмовостійкість.	Комерційний облік, високоточні вимірювання рівня,

	<p>рівнеміри</p> 		Зазвичай інтелектуальні, мають функції розрахунку кількісних параметрів речовини.	розділу середовищ в промисловості, пінні продукти.
	<p>Поплавкові магнітні рівнеміри</p> 	до 6 м	Проста і надійна конструкція, економічність при високій точності. Відрізняється невисокою ціною.	Контроль рівня в нафтохімічній, газовій промисловості, суднобудуванні, енергетиці. Застосовуються з пінними продуктами.
	<p>Буйкові рівнеміри</p> 	до 16 м (типовий до 3 м)	Може вимірювати щільність продукту, витримує високі робочі температури і тиск.	Паливо, масла, нафта. Вимірювання рівня, розділу фаз, щільності в резервуарах під високими тиском (до 700 бар) і температурою (до 400 °C).
	<p>Мікрохвильові рефлексні рівнеміри</p> 	до 24 м	Прямий метод вимірювання, нечутливість до коливань властивостей середовища і її фізичними характеристиками, висока точність, просте технічне обслуговування.	Високоточні вимірювання 2-х і менше продуктах у важких умовах (високої запиленості, тиску / температури, агресивних середовищах, різких змінах рівня і коливаннях властивостей продукту і навколишнього середовища).
безконтактні рівнеміри	<p>Ультразвукові рівнеміри</p> 	до 40 м	Прямий метод вимірювання, не залежить від щільності речовин, компактний, висока швидкодія, компактний, використовується для вимірювання витрат рідини.	Вимірювання рівня і витрат небезпечних / агресивних для контактних приладів середовищ, водна сфера, витратомірні роботи (з лотками Паршала). Не використовуються в високих і вузьких ємностях.
	<p>Мікрохвильові радарні рівнеміри</p>	до 70 м	Може працювати в вакуумному середовищі, володіє максимальною точністю, незалежний від властивостей	Будь-які види рідких речовин, комерційний облік, нестійкі середовища (з різкою зміною фізичних властивостей, високою

			середовища, має довгий термін служби.	текучістю, температурою та ін.). Не використовуються в високих і вузьких ємностях. Можливо застосувати з пінними продуктами.
Рівнеміри для сипучих матеріалів				
контактні рівнеміри	лоткові рівнеміри 	до 70 м (типовий до 30 м)	Економічний прилад, нечутливий до запиленості, налипання, вологості і електричних властивостях продукту.	Високі вежі / шахти / силос, які не потребують високої швидкодії; визначення розділу середовищ (тверді речовини і вода), сільське господарство, будівельна та гірнична галузь.
	ємнісні рівнеміри 	до 20 м	Універсальні, працюють з рідкими і сипучими речовинами, зберігаючи всі переваги методу.	Порошки, гранули, середовища високого тиску / температури (до + 250 °С).
	Мікрохвильові рефлексні рівнеміри 	до 24 м	Застосовується і з рідинами, і з сипучими речовинами, зберігає всі переваги методу в обох випадках. Відрізняється високою вартістю.	Високоточні вимірювання в сильно запилених середовищах, важких робочих умовах (змінюються властивості оточення і середовища, різка зміна рівня, агресивні середовища, високі температура / тиск).
безконтактні рівнеміри	Мікрохвильові радарні рівнеміри 	до 100 м	Може працювати у вакуумі, має довгий термін експлуатації, нечутливий до властивостей середовища, має максимальну точність.	Застосовується в будь-яких сферах промисловості, небезпечних/агресивних /токсичних середовищах, для комерційного обліку, для продуктів з непостійними фізичними властивостями. Не використовуються в високих і вузьких ємностях.
	Ультразвукові рівнеміри	до 60 м	Вимірювання мало залежні від фізичних / хімічних властивостей	Абразивні, в'язкі, агресивні і клейкі речовини, потокове виробництво, вимір

		речовин, компактність, швидкодія.	відстані до об'єктів на транспортерних стрічках, виявлення. Не використовуються в високих і вузьких ємностях.
<p>Радіо-ізоотопні рівнеміри</p> 	Обмежений конструкцією, що переміщує рівнемір	Висока надійність і точність (на роботу не впливають ні складні умови виробництва ні атмосферні опади), можливість монтажу зовні ємності. Дорогий прилад.	Важка промисловість, металургія (оцінка рівня рідких металів в печах, на розливі, зберіганні), закриті ємності. не застосовується в харчовій промисловості.

Типи рівнемірів за методом взаємодії

Тип	Переваги	Недоліки	Застосування
<p>контактні рівнеміри</p> <p>Використовують робочі принципи, засновані на фізичній взаємодії з вимірюваною речовиною</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Менш проста конструкція 2. Економічні, зазвичай дешевші безконтактних приладів 3. Краще підходять для вимірювання при високих тисках 4. Менш залежні від поверхні продукту 	<ol style="list-style-type: none"> 1. В залежності від принципу роботи накладаються обмеження за властивостями робочого середовища 2. Габаритні розміри залежать від діапазону вимірювання 3. Менш частіше технічне обслуговування 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рідини з неспокійною поверхнею 2. Матеріали, сипучий продукт в умовах, що заважають проходженню сигналу до об'єкту (сильна запиленість та ін.)
<p>безконтактні рівнеміри</p> <p>Безпосередньо не взаємодіють з вимірюваною речовиною</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. На вимірювання не впливають фізичні властивості робочого середовища, в окремих випадках і навколишнього 2. Компактні, зручний монтаж на ємності 3. Менше надійні 4. Висока швидкодія 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Менш висока вартість 2. Окремі прилади (радіоізоотопні) можуть становити небезпеку для персоналу і незастосовні в харчовій індустрії 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Небезпечні, агресивні середовища, обмежений простір 2. Продукти з непостійними фізичними характеристиками і різко мінливим рівнем

Типи рівнемірів за принципом дії

Принцип роботи	Опис
----------------	------

ємнісний	Заснований на зміні електричної ємності «конденсатора», що утворюється між зондом приладу і стінкою ємності (або другим зондом). У міру зміни рівня речовини і скорочення повітряного простору ємність змінюється пропорційно. По ній і судять про кількість продукту	
гідростатичний	Ґрунтується на перетворенні значень тиску стовпа рідкої речовини в висоту цього стовпа за відомою щільності середовища. Так, наприклад, тиск води в 10 бар відповідає висоті 101,2-метрового стовпа	
Поплавковий	Байпасний	Реалізує принцип сполучених посудин, в ролі яких виступають ємність і спеціально приєднана байпасна камера. Зовні камери знаходиться візуальна шкала, а всередині на поверхні продукту циркулює поплавок з магнітом. У міру руху магніт перевертає магнітні індикатори шкали.
	магнітострикційний	Використовує в конструкції хвилевід (струм) з магнітострикційного матеріалу, по якому циркулює поплавок з постійним магнітом. Електронний модуль відсилає по хвилеводу імпульси, які відбиваються від місця перетину двох магнітних полів. Рівень визначається за часом проходження сигналу
	магнітний	Конструктивно схожий з магнітострикційним, але всередині стрижня знаходяться релейні елементи з резисторами. Поплавок з магнітом при переміщенні замикає контакти і змінює опір ланцюга. На підставі цього визначається рівень і формується вихідний сигнал
буйковий	Використовує виштовхуючу силу, діючу на занурений в рідину буйок. Кількість витісненої рідини і глибина занурення буя пов'язані безпосередньо. Оцінюючи дію сили судять про рівень продукту, а іноді і про його щільності	
мікрохвильовий радарний	Використовує діапазон мікрохвильових частот (десятки ГГц) для сигналу, який поширюється від антени до поверхні продукту і відбивається від нього. Час проходження сигналу вимірюється і по ньому судять про відстань до речовини і рівні.	

мікрохвильовий рефлексний	Реалізує той же метод вимірювання проходження сигналу, що і радарний рівнемір. Відмінність полягає в тому, що використовується спеціальний хвилевід, через який поширюється сигнал. Це дозволяє сфокусувати потужність сигналу і захистити його від перешкод робочого середовища, викликаних наприклад сильною запиленістю.
ультразвуковий	Використовує метод оцінки часу проходження сигналу і схожий з мікрохвильовим радарним. Однак працює в іншому діапазоні частот і не функціонує у вакуумі. Прилад посилає УЗК-імпульси, які відбиваються від поверхні продукту і приходять назад. За відомою швидкості імпульсів розраховується відстань, рівень та інші похідні величини
лотковий	У конструкції присутній спеціальний чутливий вантаж, який опускається на тросі або стрічці в резервуар з продуктом. При зіткненні вантажу з продуктом електроніка відміряє пройдений вантажем шлях і обчислює кількість продукту
радіоізотопний	Конструктивно складається з джерела і приймача гамма-випромінювання. Дія заснована на загасання випромінювання при проходженні через вимірюваний продукт. Джерело і приймач встановлюються по різні боки ємності один навпроти одного і приводяться в рух спеціальними механізмами, які переміщують їх уздовж вимірюваного середовища. Таким чином, рівень продукту відстежується по положенню вимірювальної системи

Так чи інакше, рівнеміри є пристроями складними і дорогими, але повністю виправдовують себе функціонально. При цьому все розмаїття цих пристроїв обумовлено обмеженнями на застосування в кожному конкретному випадку.

Рівнеміри сипучих матеріалів

Рівнеміри сипучих матеріалів призначені для безперервного контролю рівня сипучих матеріалів таких як цемент, пісок, щебінь, борошно, комбікорм, крупа, зерно, вугілля, вугільний пил, палети та інші матеріали. Рівнеміри сипучих матеріалів можуть бути контактними і безконтактними.

		
Лоткові	Ємнісні	Ультразвукові
		
Акустичні	Мікрохвильові рефлексні	Мікрохвильові радарні


Лоткові рівнеміри






Електромеханічні перетворювачі рівня, в яких чутливий вантаж закріплений на кінці троса або стрічки намотаних на барабан (катушку) розташований в датчику. Датчик встановлюється на верхній кришці ємності. Електродвигун обертає катушку з тросом, в результаті чого вантаж рухається до нижнього рівня ємності. Як тільки чутливий вантаж досягнув поверхні матеріалу, зміниться натяг троса, що буде відстежено електронікою, напрямок обертання двигуна зміниться на протилежне і трос знову намотається на барабан. Число оборотів катушки з тросом вистежується мікроелектронікою і перекладається у значення рівня. Значення рівня на виході лотів датчика рівня формується в універсальний аналоговий стандарт 4 - 20 мА, Modbus, Profibus.


Установка тільки вертикальна. Виявляє речовини з щільністю від 20 гр/літр. Температура процесу до 250 °С. Вимірюваний рівень до 40 метрів. Допуски для використання в місцях з небезпекою вибуху газу і пилу. Точність вимірювання 1 см / 2,5 см / 5 см / 10 см в залежності від моделі. Програмований інтервал періоду вимірювання рівня (від 6 хвилин до 100 годин). Входи управління для зупинки вимірювання під час завантаження і ручного старту процесу вимірювання. Для захисту датчика від "засипання" застосовується датчик рівня INNOLevel.

Модифікації лоткових рівнемірів

У таблиці представлені основні характеристики лоткових рівнемірів різних марок.

Найменування	Діапазон вимірювань	Температура контрольованого матеріалу	точність вимірювань	Виконання	Короткий опис
 INNOLevel LOT	максимально 90 м	-40...230 °С	± 2,5 см (не залежить від вибраного діапазону вимірювання)	стрічка	Електромеханічний лотковий рівнемір для визначення рівня сипучих матеріалів в ємностях. Дозволяється використання в зоні

					з небезпекою вибуху по пилу
<p>NIVOBOB NB3000</p> 	<p>максимально 30 м (тросове виконання) максимально 50 м (стрічкове виконання)</p>	<p>-40...80 °C -40...150 °C -40...250 °C</p>	<p>10 см / імпульс 5 см / імпульс 2,5 см / імпульс 1 см / імпульс</p>	стрічка/трос	Електромеханічний лотковий рівнемір для визначення рівня сипучих матеріалів і визначення кордону середовищ в ємностях. Має два виконання: стрічка / трос
<p>NIVOBOB NB4000</p> 	<p>максимально 15 м максимально 30 м</p>	<p>-40...80 °C</p>	<p>стрічка: 1 імпульс (< 10 м) 2 імпульса (< 20 м) 3 імпульса (< 30 м) трос: 2 імпульса (< 10 м) 3 імпульса (< 20 м) 5 імпульсів (< 30 м)</p>	стрічка/трос	Електромеханічний вимірювальний прилад для безперервного вимірювання рівня або об'єму заповнення в ємностях, силосах і цистернах
<p>UWT LOT SLB 300</p> 	<p>максимально 70 м</p>	<p>-20...60 °C</p>	<p>10 см / імпульс</p>	стрічка	Вимірювальний пристрій для безперервного вимірювання рівня заповнення або об'єму заповнення ємностей. Підходить для всіх видів сипучих речовин. Міцний корпус з алюмінію з класом захисту IP54
<p>Torex ILS</p> 	<p>максимально 15 м чи максимально 30 м</p>	<p>-40...80 °C</p>	<p>стрічка: 1,5 % від мірної довжини трос: 1 % від мірної довжини</p>	стрічка/трос	Має міцний корпус. Можливість роботи в рамках вибухонебезпечних виробництв
<p>FineTEK EE300</p> 	<p>Максимально 5 м</p>	<p>-35...80 °C</p>	<p>10 см / імпульс</p>	стрічка	Вимірювальний прилад застосовується для визначення рівня сипучих матеріалів. Можна вимірювати рівень будь-якої рідини
<p>Proximity DBOB</p>	<p>Максимально 30 м</p>	<p>-40...80 °C</p>	<p>1 % від мірної</p>		Електромеханічний вимірювальний

			довжини		пристрій для визначення рівня дисперсних матеріалів. Має високу точність. Простота монтажу та експлуатації
---	--	--	---------	--	--

Області застосування лоткових рівнемірів

Лотковий рівнемір - прилад, який застосовують для безперервного вимірювання рівня або об'єму заповнення дрібно- та крупнодисперсних матеріалів в ємностях. Застосовуються такі прилади в різних областях, наприклад:

- виробництво будівельних матеріалів (цемент, щебінь, пісок);
- деревообробна промисловість (тирса і стружка);
- сільське господарство (зерно, комбікорм);
- гірничодобувна промисловість (вапняк, руда, сіль).



Тросове виконання



Стрічкове виконання

Конструктивно лоткові рівнеміри являють собою котушку з електроприводом, на яку намотана стрічка або трос. На кінці стрічки / троса закріплений чутливий вантаж. Застосування троса або стрічки в конструкції приладу обумовлюється властивостями вимірюваної речовини. Для сухих матеріалів рекомендується застосовувати тросове виконання, для матеріалів, що мають властивості налипання - стрічкове.

Використовувати лоткові рівнеміри можна для будь-яких речовин. Діелектричні властивості і електрична провідність, змінна вологість і адгезивність матеріалів ніяк не впливають на точність вимірювань. Також такі прилади оснащені системою очищення троса / стрічки, що дозволяє їх застосовувати при роботі з пило утворювальними речовинами. При підвищеній запиленості рекомендується використовувати стрічкове виконання. Також можливе вимірювання рідких середовищ, якщо замість чутливого вантажу застосовувати буйок.

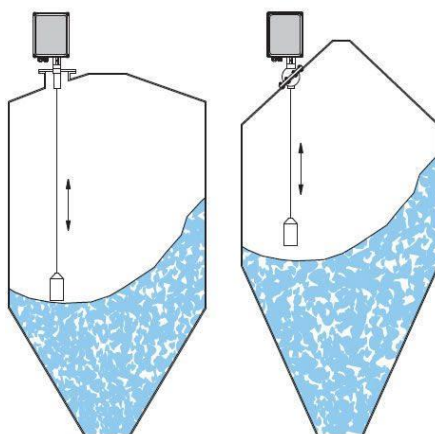
Вибір того чи іншого виконання вимагає ретельного аналізу. Необхідно також враховувати і виробничі аспекти (наприклад, частоту вимірювань). Підібравши виконання тільки ґрунтуючись на характері матеріалу, є ризик обриву

стрічки, так як вона має властивість заломлюватися, і при частих вимірах такі заломлення, безумовно, швидко зруйнують її. Трос же має велику міцність. Але не завжди його застосування є оптимальним. Гарантувати точний підбір для довговічної роботи лоткових рівнемірів можуть тільки фахівці.

Швидкість і частота вимірів, в свою чергу, залежать від діапазону вимірювання. Максимальний діапазон зазвичай становить 30-40 м. Час між вимірами становить від 3 хв (діапазон вимірювання 5 м) до 18 хв (діапазон вимірювання 30 м). Таким чином, лоткові рівнеміри виконують умовно безперервний вимір.

Безперечними плюсами даних приладів є простота монтажу і можливість обходитися без технічного обслуговування. Інтервал технічного обслуговування становить до 500 000 циклів. Діагностичні можливості практично всіх моделей дозволяють отримувати сповіщення після закінчення призначеної кількості циклів вимірювання.

Варто мати на увазі, що під час наповнення чутливий вантаж може бути засипаний, тому необхідне точне налаштування системи завантаження і роботи рівнеміра і забезпечення достатньої відстані від приладу до каналу завантаження, щоб матеріал ніяким чином не попадав на вантаж.



Принцип роботи лоткових рівнемірів

Чутливий елемент (лоток) лоткового рівнеміра на початку циклу вимірювання знаходиться в зафіксованому граничному верхньому положенні. Початок циклу вимірювання характеризується розгальмовуванням лота, після чого під дією своєї ваги лот починає опускатися. У цей момент сигнальний пристрій, що враховує натяг троса / стрічки, включає пристрій відліку, який реєструє зміщення лота щодо верхнього граничного положення. При торканні лота вимірюваної речовини натяг троса / стрічки зменшується, в результаті чого сигнальний пристрій вимикає пристрій відліку і включає підйомний механізм лота, який повертає його в початкове положення. Після цього цикл вимірювання повторюється. Показання пристрою відліку дає інформацію про поточний рівень речовини.

Порівняння з іншими типами рівнемірів

На сьогоднішній день ринок рівнемірів представлений різними типами даних пристроїв. У таблиці розглянуті основні позитивні і негативні характеристики використання таких приладів.

типи рівнемірів	Плюси	Мінуси
Лоткові	<ul style="list-style-type: none"> запиленість не впливає на результат вимір всіх типів сипучих речовин не залежить від властивостей матеріалів проста установка і використання 	<ul style="list-style-type: none"> висока ціна складність правильного підбору
ємнісні	<ul style="list-style-type: none"> високий поріг чутливості можливість програмування на місці низька ціна вимір як рідких, так і сипучих матеріалів 	<ul style="list-style-type: none"> сильний вплив зовнішніх електромагнітних полів на точність вплив налипання речовини на похибку вимірювань
ультразвукові	<ul style="list-style-type: none"> безконтактний принцип вимірювання малі габарити не потрібно високої міцності конструкції приладу 	<ul style="list-style-type: none"> робота тільки при нормальному атмосферному тиску неможливість застосування в вакуумі вплив на сигнал запиленості та обмеження по дисперсності
Мікрохвильові рефлексні	<ul style="list-style-type: none"> вимір рівня декількох продуктів температура, тиск, діелектрична постійна впливають на точність 	<ul style="list-style-type: none"> висока ціна рівень вимірювання не менше 24 м

Основні рекомендації по вибору лоткових рівнемірів

Як згадувалося раніше, вибір лоткових рівнеміра - складний і відповідальний процес. Необхідно врахувати багато чинників, наприклад:

- стійкість матеріалів (визначається за таблицями стійкості);
- рівень вібрації в місцях установки;
- малий кут допустимого відхилення від вертикалі при установці;
- відстань до стінок ємності і вбудованих елементів;
- відстань до відкладень матеріалу на стінках ємності;
- відстань до завантажувального люка;
- правильне підключення електроживлення;
- необхідне виконання приладу.

Здійснювати підбір необхідно з технічних описів і конфігурацій на прилади, уважно вивчаючи їх. Крім цього, потрібно чітко розуміння застосовуваного виробничого процесу, його режимів і властивостей вимірюваного матеріалу. Помилка у виборі може привести до відсутності точності вимірювань і швидкому виходу приладу з ладу. Правильно ж підібраний лотковий рівнемір прослужить довгий час, не звертаючи на себе особливої уваги, що значно заощадить витрати на технічне обслуговування в порівнянні з деякими іншими типами рівнемірів.

Тросові рівнеміри для сипучих середовищ

Тросові рівнеміри для сипучих середовищ відносяться до лоткових рівнемірів, так як проводять вимірювання шляхом зондування - опускання на тросі чутливого вантажу з приладу, що встановлюється у верхній частині контейнера.

Універсальність тросових рівнемірів

Виробники тросових рівнемірів роблять все для підвищення універсальності своїх приладів, адаптуючи їх під різну сировину і складні умови виробництва. Більшість тросових рівнемірів комплектуються декількома видами чутливих вантажів з парасольками для пухких середовищ і поплавками для рідин. Вони прекрасно працюють в умовах сильної запиленості, у вибухонебезпечних за рівнем пилоутворення приміщеннях, в дуже щільних і дуже пухких середовищах.

Вимірювання рівня сипучих матеріалів - частина і затребувана виробнича операція на багатьох виробничих і сільськогосподарських підприємствах. Харчова та гірничодобувна промисловість, агропромисловий комплекс, виробництво полімерів і будівельних матеріалів не обходяться без використання рівнемірів, які широко застосовуються для безперервно-дискретного виміру рівня сипучих середовищ при заповненні виробничих ємностей і контейнерів. Крім цього, рівнеміри є невід'ємною частиною автоматичних систем заповнення.



Тросові рівнеміри відносяться до лоткових рівнемірів, так як проводять вимірювання шляхом зондування - опускання на тросі чутливого вантажу з приладу, що встановлюється у верхній частині контейнера. Рівень заповнення ємності матеріалом впливає на час вимірювання, необхідне для опускання вантажу до кордону розділу середовищ і повернення його у вихідне положення. Залежно від висоти ємності і швидкості роботи приладів час безперервно-дискретного виміру тросових рівнемірів

може становити від 6 хвилин до 100 годин. В якості кордону середовищ зазвичай припадають повітря і сипуча (гранульована) сировина, але завдяки використанню різних видів чутливих вантажів або поплавців, тросові рівнеміри здатні вимірювати рівень сипучих речовин в рідинах, рівень пухких середовищ (бавовна) і навіть рівень заповнення ємностей рідинами.

Універсальність тросових рівнемірів

Виробники тросових рівнемірів роблять все для підвищення універсальності своїх приладів, адаптують їх під різну сировину і складні умови виробництва. Більшість тросових рівнемірів комплектуються декількома видами чутливих вантажів з парасольками для пухких середовищ і поплавками для рідин. Вони прекрасно працюють в умовах сильної запиленості, у вибухонебезпечних за рівнем пилоутворення приміщеннях, в дуже щільних і дуже пухких середовищах.

Конструктивні особливості тросових рівнемірів

Ці електромеханічні вимірювальні прилади мають малі габарити і оснащуються нержавіючими захисними корпусами, використовують стандартне електроживлення. Всі сучасні тросові рівнеміри оснащуються LCD-дисплеєм, LED індикацією, енергонезалежною пам'яттю і мікропроцесорним управлінням. Деякі прилади доповнені внутрішнім опаленням для роботи в умовах низьких температур і поворотним фланцем, що дозволяє виробляти надійну установку тросових рівнемірів на різні похилі поверхні: силосні башти з конусним дахом, контейнери і ємності сферичної або циліндричної форми.

Особливості експлуатації тросових рівнемірів

При проектуванні установки тросового рівнеміра необхідно передбачити взаємне узгодження циклів завантаження ємності з циклами вимірювання рівня. В іншому випадку можливий обрив чутливого вантажу, закріпленого на тросі. Ще одним важливим протипоказанням до використання тросових рівнемірів є вимір рівня липких речовин. Для таких середовищ доцільніше використовувати лоткові рівнеміри з вимірювальною стрічкою замість троса і системою самоочищення. Оскільки асортимент вимірників рівня досить великий, щоб уникнути зазначених незручностей використання тросового (лоткового) рівнеміра, ми рекомендуємо застосовувати менше досконалий радарний мікрохвильовий рівнемір для сипучих матеріалів NivoRadar-3000.

Ємнісні рівнеміри

Використовують той же принцип роботи, що і ємнісні сигналізатори граничного рівня. Активний зонд приладу (трос, стрижень, кабель) і стіна ємності з провідного матеріалу (або заземлений другий зонд, або спеціальна труба, одягнена на зонд, якщо стіна ємності зроблена з не провідних матеріалів) створюють пластини конденсатора. Ізолятором в цьому конденсаторі є або повітря, або інший матеріал в ємності, які будуть діелектриками між пластинами простого конденсатора. Коли ємність порожня, тоді початкова ємність конденсатора буде дорівнює C_0 , при цьому діелектричний коефіцієнт ϵ для повітря дорівнює 1. Коли повітря буде витіснене продуктом з діелектричної константою вище ніж у повітря, ємність конденсатора зміниться, тобто ємність буде змінюватися зі збільшенням вимірюваного продукту в ємності. Ця зміна ємності буде перетворена приладом у вихідний сигнал пропорційно зміні рівня. Показання рівнеміра прямо пропорційно зміні рівня продукту і рівня ємності конденсатора. Ємність також залежить від відстані між пластинами і виконанням умови про

паралельність активного зонду і стіни ємності або другого зонда. Застосування другого зонда необхідно при вимірюванні рівня в ємностях незвичайної форми, сферичних, ємностей з відсутніми чіткими вертикальними стінами, навіть якщо стіна виготовлена з провідного матеріалу, зі стінками, виготовленими зі слабо провідними або не провідними матеріалів.




Діапазон вимірювання рівня в залежності від типу застосовуваного зонда до 30 метрів. Точність вимірювання залежить від вимірюваного рівня і як правило не менше $\pm 0,3$ %. Температура вимірюваного продукту до $+ 200$ °С. Регулювання часу затримки. Вихідні сигнали стандартних протоколів 4 - 20 мА, HART та ін.


Ємнісні рівнеміри для сипучих продуктів

Ємнісні рівнеміри для сипучих продуктів дозволяють проводити безперервний вимір рівня різних видів сипучих і гранульованих речовин.

Модельний ряд ємнісних рівнемірів для сипучих матеріалів

Ємнісні рівнеміри, призначені для роботи з сипучими речовинами, можуть випускатися в різних варіантах для роботи в конкретних умовах промисловості. Залежно від цього може бути замовлений варіант з необхідною формою і довжиною зонда, розрахований на різні властивості контрольованої речовини.

Модель	Зонд	Глибина вимірювання (довжина зонда)	Температура контрольованої речовини	Виходи	Робоча напруга живлення
 NivoCap	Стрижень Трос високоміцний кабель	до 20 м	$-30...+200$ °С	Струмовий 4 ... 20 мА Вихід на вольтметр Модуль SAP- 202 Інтерфейс HART- протоколу	12...36 В DC
 DLM-35	Стрижень Трос	до 6 м	$-40...+200$ °С	4...20 мА; 0...10 В	9...34 В DC
 CLM-36	Стрижень Трос	до 20 м	$-40...+300$ °С	4...20 мА; 0...10 В	9...34 В DC 16...36 В DC

 <p>FineTek EB</p>	<p>Стрижень Трос</p>	<p>до 50 м</p>	<p>-20...+200 °С</p>	<p>Струмний 4...20 мА</p>	<p>12...36 В DC</p>
---	--------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------	---------------------

Область застосування ємнісних рівнемірів сипучих продуктів

Ємнісні рівнеміри сумісні з різними видами сипучих продуктів: зерном, піском, борошном, будівельними сумішами, тирсою. Це дозволяє застосовувати рівнеміри в різних промислових областях:

- в хімічній промисловості,
- в деревообробній галузі,
- при виробництві скла і кераміки,
- в сільському господарстві,
- в харчовій промисловості,
- у фармацевтичній сфері та багатьох інших.

Призначення рівнемірів ємнісного типу для сипучих продуктів

Застосування в промисловості ємнісних рівнемірів для сипучих продуктів дозволяє вирішувати ряд різноманітних завдань:

- безперервний контроль рівня продукту,
- сигналізація рівня сипучого продукту,
- передача даних на підключене устаткування,
- підтримку заданого рівня і багато інших.

Переваги сучасних ємнісних рівнемірів для сипучих продуктів

Рівнеміри ємнісного типу мають додаткові можливості при роботі з сипучими речовинами і вигідно відрізняються від інших пристроїв:

- сумісність з різними сипучими продуктами: порошкоподібними, гранульованими, зерноподібними,
- наявність моделей, придатних для липких і кашоподібних речовин,
- висока чутливість ємнісного датчика і точність вимірювань,
- широкі можливості настройки приладів,
- можливість роботи з великими резервуарами, глибокими свердловинами,
- можливість вибору моделі з відповідним типом зонда,
- збільшений термін служби.

Недоліки ємнісних рівнемірів для сухих сипучих продуктів

Основним недоліком роботи з ємнісними рівнемірами є можливість помилкових спрацювань внаслідок налипання контрольованого сипучого продукту на зонд. Для зниження кількості помилкових спрацювань необхідно час від часу проводити очищення зонда.

Необхідно налаштовувати чутливість рівнеміра для роботи з кожним конкретним видом продукту, а також в залежності від його температури.

Принцип роботи ємнісного рівнеміра для сипучих продуктів

Ємнісний рівнемір для сипучих продуктів складається з чутливого елемента і вторинного перетворювача. Чутливий елемент рівнеміра є ємнісний датчик у вигляді стрижня, кабелю або троса з конденсатором. Вимірювання рівня відбувається на базі контролю зміни ємності конденсатора, що залежить від середовища. Ємність конденсатора змінюється при попаданні в сипучий матеріал, а також залежить від рівня матеріалу в ємності.

Сучасні ємнісні рівнеміри для сипучих речовин працюють на базі ізольованого електроду. В цьому випадку визначається ємнісний опір між стінками резервуара і електродом датчика, мінливий при заповненні резервуара контрольованим речовиною.

Зміни ємності фіксуються вторинним перетворювачем і модифікуються в цифрове значення поточного рівня продукту. Значення може виводитися на індикаторний дисплей ємнісного рівнеміра або передаватися у вигляді вихідного сигналу на стороннє обладнання для подальшої обробки.

Ультразвукові рівнеміри

Безконтактні датчики рівня безперервної дії. Використовують явище відображення ультразвукових коливань від кордону розділу середовищ газ - тверда речовина. Електронний блок ультразвукового рівнеміра вимірює час проходження випроміненого ультразвукового імпульса від датчика до кордону розділу середовищ і назад. Чим більше рівень матеріалу в ємності або силосі, тим менше час проходження імпульса від датчика до матеріалу і назад. Так як швидкість поширення звуку в повітрі становить 331 м/сек., а вимірювані рівні не перевищують 70 метрів, тому вимір рівня можна проводити щомиті. Завдяки цьому ультразвукові датчики здійснюють саме безперервне вимірювання, тоді як, лотковим датчикам потрібно набагато більше часу на розмотування і змотування троса. Основа електронного блоку - мікропроцесорний пристрій, який дозволяє запрограмувати відключення датчика на час періодичного проходження механізму, наприклад лопасті мішалки. Ультразвукові датчики виготовляються у вигляді моноблока з індикаторним пристроєм і блоком програмування, або з відсутністю таких. У цьому випадку управління здійснюється через ПК. Вихідні сигнали формуються за стандартними протоколами 4 - 20 мА, Modbus, Profibus і ін.





Установка вертикально зверху або під невеликим кутом в залежності від профілю вимірюваної поверхні. Діапазон вимірювання рівня до 60 метрів. Точність вимірювання 0,25 %. Температура процесу до 150 °С. Вибухобезпечне виконання. Автоматична температурна компенсація.






Ультразвукові рівнеміри сипучих матеріалів - малогабаритні рівнеміри для АСУ виробничих процесів

Дані модифікації приладів ультразвукового принципу дії схожі зі своїми рідинними конфігураціями і також виконані в компактній і надійної конструкції.

Ультразвуковий рівнемір для сипучих матеріалів - це компактний, але багатофункціональний інтелектуальний пристрій для безперервних вимірювань. За допомогою таких ультразвукових рівнемірів можна будувати якісні системи регулювання та збору даних.

Таблиця підбору ультразвукових рівнемірів сипучих матеріалів

Найменування	Діапазони вимірювання	Комунікація	Особливості
<p>EasyTREK</p> 	<p>0,5...15 м 0,6...30 м 1,0...60 м</p>	<p>4...20 мА HART 2 реле</p>	<p>Економічний інтегрований ультразвуковий рівнемір. Вимірювання рівня і об'єму матеріалу. Налаштування параметрів через HART-модем. Вбудований дисплей відсутній.</p>
<p>EchoTREK</p> 	<p>0,5...15 м 0,6...30 м 1,0...60 м</p>	<p>4...20 мА HART 2 реле</p>	<p>Ультразвуковий рівнемір зі знімним дисплеєм. Вимірювання рівня і об'єму матеріалу. Налаштування параметрів через HART-модем або за допомогою вбудованого дисплея.</p>
<p>EAX series</p> 	<p>0,25...8 м 0,25...12 м</p>	<p>4...20 мА HART</p>	<p>Безконтактний ультразвуковий рівнемір, бюджетний, легко встановлюється. Універсальне рішення для вимірювання рівня рідини і сипучих середовищ.</p>
<p>ULB series</p> 	<p>0,25...3,5 м 0,6...8,5 м</p>	<p>4...20 мА</p>	<p>Безконтактний ультразвуковий рівнемір для рідин з рідкокристалічним екраном і кнопками управління на панелі.</p>

<p>ULM-70</p> 	0,15...20 м	4...20 мА HART	Ультразвуковий рівнемір з інноваційною системою обробки сигналів для відкритих і закритих резервуарів.
<p>ULTM</p> 	0,15...6 м	GSM, GPRS, USB	Мобільний ультразвуковий датчик рівня.
<p>Gauger 420</p> 	0,15...8,0 м	4...20 мА mini USB HART Modbus	Ультразвуковий рівнемір з вбудованим дисплеєм. Вимірювання рівня, об'єму, підсумовування результатів вимірювання. Налаштування параметрів за допомогою вбудованого дисплея або через комунікації.
<p>MonoScan</p> 	0,25...5 м 0,6...8,5 м	4...20 мА	Моноблочний рівнемір з цифровим дисплеєм і кнопками налаштування параметрів. Вимірювання рівня сипучих матеріалів.
<p>SmartScan-25/50</p> 	0,6...8,5 м 0,6...15 м 0,6...20 м 0,6...30 м	4...20 мА RS-232 RS-485 5 реле	Перетворювач розділеного виконання. Стандартний кабель між датчиком і блоком обробки 15 метрів. Графічний індикатор і кнопки програмування на блоці обробки. Вимірювання рівня, об'єму, ваги і витрат.

Призначення ультразвукових рівнемірів для сипучих матеріалів

Такі датчики не обмежені в своєму застосуванні лише виміром рівня сипучих матеріалів. «Інтелект» і функціонал здебільшого приладів дозволяє вирішувати різні завдання:

- Безперервне відстеження рівня продукту в промислових ємностях, силосах, жолобах, а також конвеєрних стрічках (або інших відкритих поверхнях)
 - Розрахунки даних за об'ємом і вагою матеріалу, передача по промисловим протоколам
 - Реєстрація та зберігання даних, подій в системі
 - Функції регулювання в автоматизованих системах, сигналізація по встановленим параметрам рівнів і управління виконавчими механізмами (за допомогою силових реле)
 - Побудова великих систем, оперативний контроль і спостереження за широким резервуарним парком
 - Роботи з вимірювання рівня і похідні функції щодо більшості твердих речовин (порошки, пилові і без пилові гранули, пилоподібні матеріали, гранулати, щебінь, сухі суміші та ін.)

Області застосування

Основне застосування ультразвукових приладів знаходять в додатках по вимірюванню рівня в силосах, жолобах глибиною до 60 метрів. Області промисловості:

- Хімічна промисловість (порошки, гранули)
- Нафтохімічна промисловість
- Будівництво (сухі будівельні суміші, цемент, щебінь)
- Харчова та фармацевтична промисловості (вітамінно-мінеральні премікси, харчові концентрати, капсули та ін.)
- Металургійна і паливна промисловості (шлаки, промислові відходи)
- Виробництва і підприємства з великим резервуарним парком

Переваги ультразвукових рівнемірів для сипучих матеріалів

Існує досить різних типів приладів для вимірювання рівня сипучих речовин. Звернемо увагу на переваги ультразвукових в порівнянні з іншими:

- Використовується безконтактний принцип, що означає зниження залежності від фізичних та хімічних властивостей вимірюваного середовища
 - Компактні габарити пристроїв, обумовлені безконтактною дією
 - Сам метод по своїй реалізації не вимагає високоміцної і зносостійкої конструкції приладу

Ціна таких приладів найменше оптимальна виходячи з пропонованих функцій.

недоліки приладів

Якщо проводити порівняння з приладами, які виконують схожі функції, то можна відзначити деякі недоліки, властиві методу:

1. Метод застосовується для роботи в ємностях з нормальним атмосферним тиском. Рішення проблеми: для додатків з тиском вище атмосферного рекомендується звернути увагу до приладів іншого типу (ємнісні NivoCap, хвильові MicroTrek).

2. У вакуумі сигнал не поширюється. Рішення проблеми: для вирішення питання з роботою в умовах вакууму можна вибрати хвильові рівнеміри MicroTrek.

3. Вплив на сигнал дуже сильної запиленості та можливі обмеження по дрібнодисперсному продукту. Рішення проблеми: таке питання може бути вирішене підбором частоти випромінювання датчика. Також, різні прилади мають свої обмеження по дрібнодисперсним речовинам. В крайньому випадку (з дуже дрібнодисперсними продуктами) на допомогу прийдуть прилади контактного принципу дії (лоткові рівнеміри, емнісні NivoCap, хвилеводні MicroTrek).

Моделі приладів і аналоги

Номенклатура ультразвукових датчиків достатня широка, але зупинимось на основних можливих варіаціях виконань:

Стандартне виконання. Приладу не пред'являються спеціальні вимоги по температурним і іншим якостям. Функціонал обмежений мінімальним набором.

Вибухозахищене та іскро захищене виконання. Для забезпечення безперебійного надійного функціонування на небезпечних виробництвах датчики випускаються в таких виконаннях. Вони доступні у ультразвукових рівнемірів для сипучих матеріалів EasyTrek і EchoTrek.

Інтелектуальне / багатозадачне виконання. Як вже було сказано, сучасні ультразвукові датчики являють собою пристрої, наділені великими можливостями. Так, окремі моделі оснащуються силовими реле, складними обчислювальними пристроями з широкими можливостями щодо поліпшення якості вимірювання, компенсації шкідливого впливу зовнішніх факторів. Моделі також оснащуються цифровими промисловими інтерфейсами і модулями індикації з можливістю програмування на місці. Деякі моделі здатні зберігати велику кількість даних в своїй пам'яті. Всіма перерахованими можливостями в якійсь мірі володіють прилади EasyTrek і EchoTrek. Причому можливості другого в цьому плані ширше. Перший же кращий для побудови системи з великого резервуарного парку за допомогою MultiCont.

Принцип роботи приладу

Метод визначення часу проходження сигналу загальний у використанні всіма ультразвуковими датчиками. У порівнянні ж з рідинними модифікаціями, ультразвукові рівнеміри для сипучих матеріалів мають деякі особливості в роботі. Їх обчислювальні елементи виробляють менше складні розрахунки для компенсації негативних факторів і поліпшення якості вимірювання. Самі прилади позиціонуються спеціальним чином відповідно до кута природного відвалу продукту (якщо такий є).







Акустичні рівнеміри

Акустичні рівнеміри - різновид ультразвукових датчиків безперервного вимірювання рівня. Акустичний датчик рівня випромінює дуже потужні акустичні хвилі, які відбиваються від поверхні вимірюваного речовини. Відбитий сигнал

обробляється за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення (Nivowave), для того щоб відфільтрувати корисний сигнал і придушити помилкове ехо.

Метод обробки прийнятого ехо-сигналу дозволяє знизити до мінімуму втрати сигналу. Завдяки застосуванню дуже потужного імпульса, загасання мають набагато менший вплив, порівняно зі звичайними ультразвуковими приладами. Випромінюються менше потужні сигнали, відповідно, приймаються теж менше потужні відбиті сигнали. Приймальна електроніка дозволяє розпізнати і обробити дуже слабкі ехо-сигнали, також в комбінації з сильними шумовими перешкодами.

Акустичні рівнеміри

	NW 5050L - вимір рівня сульфату натрію на транспортері контрольоване середовище: сульфат натрію		NW 4015 - вимір рівня побутового сміття на сміттєпереробному заводі контрольоване середовище: сміття
	Акустичний рівнемір NW 4030L безперервний вимір рівня в ємності з кислотою контрольоване середовище: кислота		NW 4030L рішення по вимірюванню рівня стічних вод в закритому септику контрольоване середовище: стічні води
	Акустичний рівнемір Nivowave NW 4040L для безперервного безконтактного вимірювання рівня рідкого свинячого жиру контрольована середовище: свинячий жир		Акустичний рівнемір NW 5030L - вимір рівня рідкого шоколаду в ємності з вбудованою мішалкою контрольоване середовище: рідкий шоколад

Nivowave® застосовуються для безперервного вимірювання рівня заповнення сипучими речовинами і рідинами в таких галузях промисловості, як:

- Горна промисловість;
- Дробарки, стрічкові транспортери, риштаки, відвали, складські бункери та ін.;
- Енергетика:
- Котли, вугільні бункери, ємності для збору продуктів горіння та ін.;
- Харчова промисловість;
- Промисловість синтетичних матеріалів;
- Хімія водопостачання / іригація;
- Виробництво цементу;

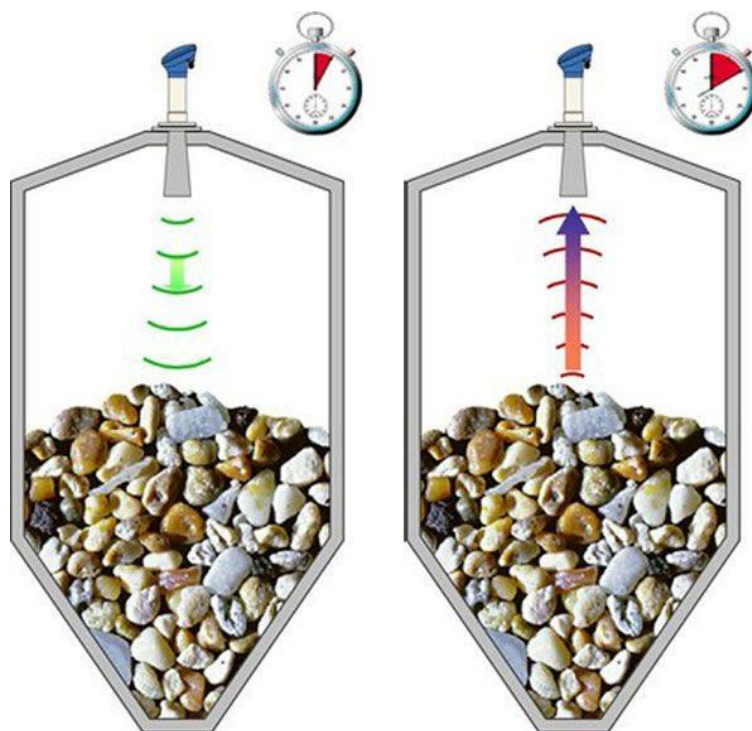
- Сільське господарство;
- Паперова промисловість;
- Каменоломні.

<p>NW5000 Integral</p> 	<p>Інтегрований блок вимірювання з кнопками управління і дисплеєм. Програмування безпосередньо на приладі та / або через програмне забезпечення для Nivowave.</p>
<p>Фланець з конусом</p> 	<p>Акустична ізоляція. Монтажний фланець, що гасить вібрацію і конус, що направляє випромінювання для високої ефективності вимірювань.</p>
<p>NW5000L Integral Light</p> 	<p>Інтегрований блок вимірювання з кнопками управління і дисплеєм для монтажу в муфту 2". Програмування безпосередньо на приладі та / або через програмне забезпечення.</p>
<p>NW9100 GPRS/ EDGE-модем</p> 	<p>Дозволяє встановити бездротове з'єднання між приладом Nivowave і віддаленим ПК.</p>
<p>Пристрій зміни положення</p> 	<p>Плавна зміна кута. Додаткове коригування положення випромінювача при неоптимальному місці установки для уникнення помилкового сигналу.</p>

Nivowave® (UWT GmbH) - це безконтактна система вимірювання з використанням акустичних хвиль, що використовується для відстеження рівня заповнення сипучими матеріалами і рідинами.

- Великий діапазон вимірювань - до 60 метрів;

- Точні вимірювання ($\pm 0,25 \%$) в агресивних середовищах і при температурах до $150 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Для забезпечення найменш можливої точності вимірювання вимірюваний сигнал компенсується в залежності від температури;
- Програмне придушення помилкових ехо-сигналів;
- Складні умови, такі як сильна запиленість, не є проблемою;
- Можлива поставка з допуском АТЕХ для застосування у вибухонебезпечних зонах;
- Простий монтаж і введення в експлуатацію.



Акустичний рівнемір Nivowave® випромінює дуже потужні акустичні хвилі, які відбиваються від поверхні вимірюваної речовини. Відбитий сигнал обробляється за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення (Nivowave), для того щоб відфільтрувати корисний сигнал і придушити помилкове ехо.

Метод обробки прийнятого ехо-сигналу дозволяє знизити до мінімуму втрати сигналу. Завдяки застосуванню дуже потужного імпульса, загасання мають набагато менший вплив, порівняно зі звичайними ультразвуковими приладами. Випромінюються менше потужні сигнали, відповідно, приймаються теж менше потужні відбиті сигнали. Приймальна електроніка дозволяє розпізнати і обробити дуже слабкі ехо-сигнали також в комбінації з сильними шумовими перешкодами.

Рефлексні (хвильові) мікрохвильові перетворювачі рівня

За принципом роботи аналогічних мікрохвильових радарних рівнемірів, але на відміну від них мікрохвильовий імпульс поширюється не в повітрі або іншому газі, а за спеціальним хвилеводі - зонду. Мікрохвильові електромагнітні імпульси

проходять по зонду і відбиваються від кордону різкої зміни діелектричної проникності - кордону розділу повітря (газу) і твердої або рідкої речовини. Різниця в часі між моментом випромінювання мікрохвильового імпульса і моментом прийому відбитого сигналу пропорційна відстані до продукту або кордону розділу двох середовищ. Потужність відбитого сигналу тим більше, чим більше діелектрична проникність матеріалу. Для вимірювання рівня розділу двох середовищ, наприклад води і шламу, використовується залишкова енергія імпульса від першого відбиття, так як частина енергії мікрохвильового імпульса не відбивається від кордону середовищ, а продовжує свій рух по хвилеводу. Як зонда - хвилеводу можуть застосовуватися трос, стрижень або коаксіальна конструкція.

Хвилевідна технологія має ряд переваг в порівнянні з радарної, так як імпульси в хвилеводі практично не сприйнятливі до змін навколишнього середовища в резервуарі. Це дозволяє використовувати їх для вирішення задач вимірювання в складних умовах - висока температура, надлишковий тиск, запиленість, бурління, піноутворення, пари та газу над вимірюваним продуктом. Рефлексні рівнеміри незамінні в вузьких і високих ємностях, де застосування радарів обмежена діаграмою спрямованості антен.


Діапазон вимірювання рівня до 30 метрів. Точність вимірювання ± 5 мм. Діелектрична проникність вимірюваного середовища від 1,3ε. Температура вимірюваного середовища від -30 до + 200 °С. Вихідні сигнали стандартних протоколів 4 - 20 мА, Modbus, Profibus, HART та ін.

Мікрохвильові рефлексні рівнеміри сипучих матеріалів визначають об'єм рідких або сипучих речовин в резервуарах.

Розроблено для вживання в різних екстремальних середовищах: високому тиску, скачках температур, спіненої поверхні, запиленості.

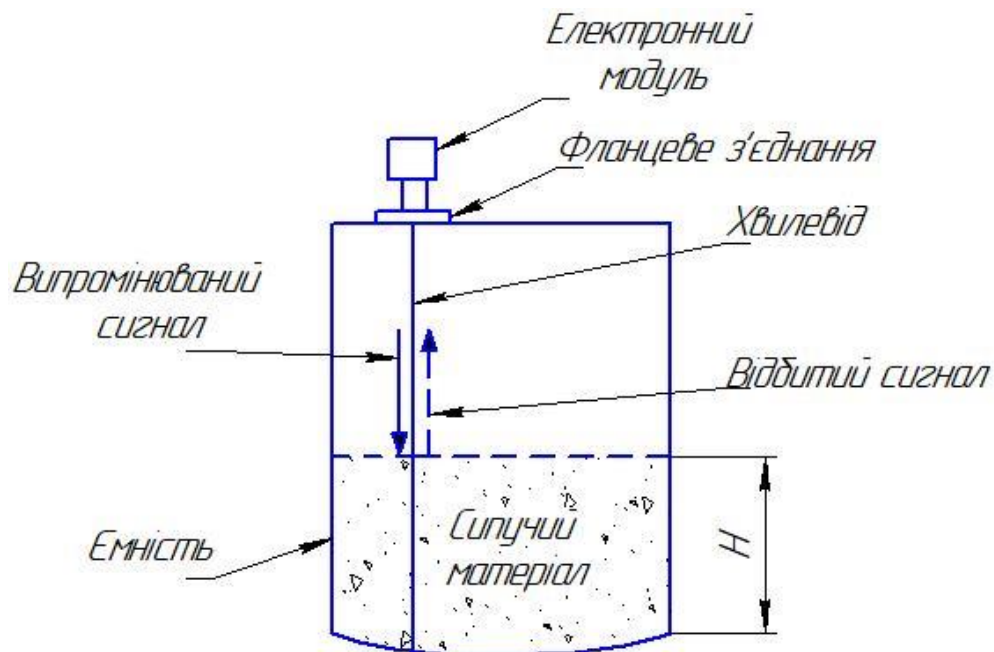
Модельний ряд мікрохвильових рефлексних рівнемірів сипучих матеріалів

Модель	Тип хвилеводу	Глибина вимірювання (довжина хвилеводу)	Температура контрольованого речовини	Виходи	Робоча напруга живлення
 MicroTREK	Одне і двох стрижневий, коаксіальний кабель	від 100 мм до 24000 мм	-30...+200 °С	4...20 мА, HART	18...35 В DC
 NivoGuide NG3000	TDR-датчик	від 100 мм до 75 м	-40...+200 °С	4...20 мА, HART	9,6...35 В DC
GRLM-70 «Міранда»	Стрижневий або кабельний	від 100 мм до 40 м	-40...+95 °С -40...+130 °С	4-20 мА, HART	18...30 В DC 18...36 В DC

			-40...+200 °C -40...+300 °C		
---	--	--	--------------------------------	--	--

Принцип роботи мікрохвильових рефлексних рівнемірів сипучих матеріалів

Ґрунтується на системі дії радіолокаторів. Хвильовий вимірювач рівня виробляє магнітно-електричний сплеск високої частоти, поширюючи їх вниз по щупі. Він відбивається від поверхні вимірювальної речовини. Сенсори зчитують зміни діелектричної константи на кордоні речовини і газового шару - так вираховується ступінь наповнення резервуара.



Область застосування рефлексних вимірників рівня сипучих матеріалів

Мікрохвильові рефлексні рівнеміри сипучих матеріалів знайшли своє застосування:

- в нафтопереробних галузях,
- паливних виробництвах,
- фармацевтиці,
- хімічній промисловості,
- паперово-целюлозному виробництві, та ін.

Призначення мікрохвильових рефлексних рівнемірів сипучих матеріалів

Мікрохвильові рефлексні вимірювачі рівня використовуються тоді, коли потрібно виміряти дисперсні порошки, гранули, палаюча продукція.

Завдяки простоті монтажу датчик може бути встановлений в високі цистерни, вузькі баки, різні контейнерні ємності.

Переваги та переваги рефлексних вимірників рівня сипучих матеріалів

Завдяки електромагнітним хвилям мікрохвильовий рівнемір стійкий до зовнішніх чинників. Найбільш очевидні переваги:

- Вимірює будь-які речовини, навіть з невисокою діелектричною проникністю;
- Фізичні характеристики вимірювальної речовини не мають значення;
- При запиленості, загазованості, спіненості або пару працює так само надійно;
- При швидкому вимірі рівнів працює стабільно;
- Управління на рівні інтуїції;
- Легко встановлюється і налаштовується;
- Поєднується з будь-якими ємностями;
- По заданих параметрах обчислює об'єм;
- Можливо вибухозахисне виконання;
- Великий асортимент для будь-яких потреб.

недоліки

В'язкі субстанції можуть налипнути на датчик - це може збільшити похибку при вимірі. Враховується тільки рівень речовини.

Мікрохвильові радарні рівнеміри

Універсальні прилади безперервного вимірювання рівня, за принципом роботи аналогічні ультразвуковим рівнемірам, так само використовують принцип відбиття хвиль від кордону розділу середовищ. Відмінність полягає в тому, що ультразвукові датчики рівня працюють в діапазоні випромінювання 5 ... 50 кГц, а мікрохвильові радарні датчики використовують частоти 6 ... 95 ГГц. Радарний датчик рівня побудований за принципом радіолокатора, що дозволяє мінімізувати вплив паразитних перешкод і перешкод, пов'язаних з нерівністю вимірюваної поверхні. Так само як і ультразвукові рівнеміри не мають контакту з вимірюваним об'єктом, але на відміну від ультразвукових датчиків, мають набагато меншу чутливість до впливу температури і тиску в робочій ємності, а так само їх зміни. Радарні рівнеміри мають більшу стійкість до таких негативних для інших приладів явищам, як запиленість, піноутворення, випаровування з вимірюваної поверхні. Важливою характеристикою впливу на рівень вимірювання і точність, є розмір і тип застосовуваної антени. Розрізняють рупорні, стрижневі, трубчасті, параболічні і планарні антени. Чим більше розмір антени, тим менше потужний і вузько направлений сигнал вона формує, відповідно забезпечується максимальна дальність і максимальна роздільна здатність мікрохвильового радарного рівнеміра.

Точність вимірювання рівня $\pm 1\text{мм.}$, що дозволяє використовувати мікрохвильові радарні рівнеміри для цілей комерційного обліку. Температура

процесу до + 250 °С. Діапазон вимірювання рівня до 50 метрів. Діелектрична постійна вимірюваної речовини повинна бути менше 1,6ε. Клейкі речовини можуть викликати відмови.

Мікрохвильові радарні рівнеміри сипучих матеріалів



Мікрохвильові радарні рівнеміри сипучих матеріалів розроблені для безперервного контролю рівня продукту в ємності за принципом радіолокатора.

Високовиробничі мікрохвильові рівнеміри радарного типу є найменш точними і універсальними приладами для визначення рівня різних матеріалів і ідеально підійдуть для роботи з сипучими продуктами.

Види мікрохвильових рівнемірів

Серед радарних рівнемірів для роботи з сипучими матеріалами розрізняють кілька типів, що відрізняються робочими параметрами:

- за принципом роботи - імпульсні або з безперервним модулюванням (FMCW),
- по виду антени - зі стрижневою, трубчастою, рупорною, тросовою, параболічною, планарною або ін. антеною,
- за діапазоном робочої частоти,
- за діапазоном вимірювання і іншим параметрам.

Модель	Тип	Антенa	Граничний діапазон вимірювання	Точність вимірювання
 <p>NivoRadar 3000</p>	FMCW	Лінзова	40 м / 100 м	± 0,25 %
 <p>JFR series</p>	FMCW	Рупорна / стрижнева	до 50 м	± 3 мм, ± 5 мм

Область застосування радарних рівнемірів сипучих матеріалів

Мікрохвильові рівнеміри з радарних принципом дії застосовуються практично у всіх сучасних галузях, що працюють з сипучими продуктами:

- харчова промисловість,
- деревообробка,
- виробництво скла, кераміки, пластику,
- хімічна промисловість,

- будівельна галузь і багато інших.

Також радарні рівнеміри підійдуть для контролю рідких середовищ і інших видів речовин.

Призначення мікрохвильових радарних рівнемірів

Основне призначення радарного мікрохвильового рівнеміра - моніторинг рівня сипучих продуктів та інших видів матеріалів і речовин. Крім того, прилади можуть вирішувати й інші завдання:

- вимір рівня речовини з мінімальною діелектричною проникливістю,
- робота з агресивними речовинами,
- вимір рівня в умовах високих температур або високого тиску або при їх постійній зміні,
- складський і комерційний облік продукту,
- контроль рівня продукту в ємності з додатковим робочим обладнанням,
- робота у вибухонебезпечних умовах і багато інших.

Переваги роботи рівнемірів радарного типу для сипучих матеріалів

Радарні рівнеміри з мікрохвильовим випромінюванням в порівнянні з приладами інших способів контролю величини сипучих матеріалів в ємності мають ряд незаперечних переваг:

- можливість безперервного вимірювання рівня без контакту з продуктом,
- висока точність роботи в будь-яких умовах,
- можливість роботи з будь-якими видами матеріалів і речовин: сипучими, рідкими, в'язкими продуктами, агресивними матеріалами, а також з будь-якими видами продуктів з малою діелектричною проникливістю і слабкими відбивними здібностями,
- зменшено вплив можливих перешкод різного роду, в тому числі перешкод від нерівної поверхні контрольованого матеріалу,
- знижена чутливість процедури вимірювань до температури і тиску всередині контрольованої ємності, мінімальна чутливість до можливого утворення пилу, випарів і піни в робочій ємності,
- простота монтажу та управління приладом.

Можливі недоліки мікрохвильового рівнеміра для сипучих матеріалів

Головним недоліком мікрохвильових радарних рівнемірів є їх висока вартість в порівнянні з іншими видами пристроїв вимірювання рівня. Перед вибором радарних рівнемірів необхідно провести аналіз терміну окупності, а також співвідношення витрат на покупку приладу до отримуваних вигоди від його використання. При необхідності економії може бути обраний, наприклад, ультразвуковий датчик рівня, що має схожий принцип, але менше схильний до негативних умов робочого середовища і чутливий до виду контрольованого матеріалу.

Принцип роботи мікрохвильового радарного рівнеміра

Загальний принцип роботи радарного рівнеміра досить простий. Прилад формує електромагнітне випромінювання в надвисокочастотному діапазоні, яке розповсюджується по робочій ємності. Вихідний від антени випромінювача сигнал відбивається від контрольованої поверхні і повертається назад в випромінювач. За часом проходження сигналу визначається висота знаходження матеріалу в ємності, що визначає його рівень.

За принципом формування мікрохвильового випромінювання розрізняють два види радарних рівнемірів: імпульсні і пристрої з безперервним модулюванням по частоті (frequency modulated continuous wave, або FMCW). Робота імпульсних рівнемірів будується на випромінюванні сигналу імпульсам з певними проміжками, під час яких приймається відбитий сигнал. Рівнеміри типу FMCW випромінюють сигнал безперервно одночасно з безперервним прийомом відбитого сигналу однією антеною. В цьому випадку оцінка рівня матеріалу відбувається за менше складною формулою, заснованої на вимірюванні часу повернення сигналу і зміни частоти при випромінюванні і відображенні сигналів.

Рівнеміри рідини

Рівнеміри рідини призначені для безперервного контролю рівня рідин. Рівнеміри рідини називають так само перетворювач рівня рідини. На виході рівнеміра рідини формується або аналоговий сигнал пропорційний рівню рідини, або цифровий сигнал у форматі промислових комунікаційних мереж. Рівнеміри рідини можуть використовувати контактний метод вимірювання, коли чутливий елемент рівнеміра стикається з рідиною або безконтактний, тоді прямого контакту частин рівнеміра рідини з вимірюваною рідиною не відбувається.

Рівнеміри рідини контактні

 <p>Ємнісні</p>	 <p>Гідростатичні</p>	 <p>Байпасні</p>
 <p>Магнітострикційні</p>	 <p>Магнітні</p>	 <p>Мікрохвильові рефлексні</p>



Рівнеміри рідини з використанням безконтактної технології



Ємнісні перетворювачі рівня







Ємнісні рівнеміри використовують той же принцип роботи, що і ємнісні сигналізатори граничного рівня. Активний зонд приладу (трос, стрижень, кабель) і провідна стіна ємності (або заземлений другий зонд, або спеціальна труба, одягнена на зонд, якщо стіна ємності зроблена з непровідних матеріалів) створюють пластини конденсатора. Ізолятором в цьому конденсаторі є або повітря, або інший матеріал в ємності, які будуть діелектриками між пластинами простого конденсатора. Коли ємність порожня, тоді початкова ємність конденсатора буде дорівнює C_0 , при цьому діелектричний коефіцієнт ϵ для повітря дорівнює 1. Коли повітря буде витіснене продуктом з діелектричної константою вище ніж у повітря, ємність конденсатора зміниться, тобто ємність буде змінюватися зі збільшенням вимірюваного продукту в ємності. Ця зміна ємності буде перетворено приладом у вихідний сигнал пропорційно зміні рівня. Показання рівнеміра прямо пропорційно зміні рівня продукту і рівня ємності конденсатора. Ємність також залежить від відстані між пластинами і виконанням умови про паралельність активного зонду і стіни ємності або другого зонда. Застосування другого зонда необхідно при вимірюванні рівня в ємностях незвичайної форми, сферичних, ємностей з відсутніми точними вертикальними стінами, навіть якщо стіна виготовлена з провідного матеріалу, зі стінками, виготовленими з слабо провідних або непровідних матеріалів.

Діапазон вимірювання рівня в залежності від типу застосовуваного зонда і досягає значення 30 метрів. Точність вимірювання залежить від вимірюваного рівня і як правило не менше $\pm 0,3 \%$. Температура вимірюваного продукту до $+ 200 \text{ }^\circ\text{C}$ (опціонально до $+ 800 \text{ }^\circ\text{C}$). Регульований час затримки. Вихідні сигнали стандартних протоколів 4 - 20 мА, HART та ін.

Ємнісні рівнеміри для рідини застосовуються для вимірювання і сигналізації рівня різних рідких продуктів за допомогою ємнісного датчика.

Моделльний ряд ємнісних рівнемірів для рідких продуктів

Виробники пропонують різні варіанти рівнемірів рідини ємнісного типу з різними технічними характеристиками.

Модель	Зонд	Вимірювальна відстань	Температура контролюваного речовини	Виходи	Робоча напруга живлення
 NivoCap	Стрижень Трос Високоміцний кабель	до 20 м	-30...+200 °С	4...20мА Вихід на вольтметр Модуль SAP-202 Інтерфейс HART-протоколу	12...36 В DC
 NivoCapa NC8000	Стрижень Трос	до 25 м	-40...+200 °С	4...20 мА; 20...4 мА	12...24 В DC
 DLM-35	Стрижень Трос	до 6 м	-40...+200 °С	4...20 мА; 0...10 В	9...34 В DC
 CLM-36	Стрижень Трос	до 20 м	-40...+300 °С	4...20 мА; 0...10 В	9...34 В DC 16...36 В DC
 FineTek EB	Стрижень Трос	до 50 м	-20...+200°С	4...20мА	12...36 В DC
 KQ10	Без зонду (через стінку непровідної ємності)	до 50 см	-20...+80 °С	NO/NC програмований	10...30 В DC, 18...30 В DC (IO-Link)

Область застосування ємнісних рівнемірів рідини

Ємнісні рівнеміри підходять для роботи з різними видами рідких продуктів і застосовуються в різних галузях промисловості:

- виробництво рідких харчових продуктів, напоїв, мінеральної води, пива, алкоголю,
- хімічна промисловість, включаючи виробництво побутової хімії, лакофарбових матеріалів,
- виробництво рідких будівельних матеріалів,
- підприємства видобутку води, системи водопостачання і відведення в різних виробництвах,
- сфера житлово-комунального господарства,
- сільське господарство,
- фармацевтична галузь і багато інших.

Призначення рівнемірів ємнісного типу для рідких речовин

Ємнісні рівнеміри використовуються, перш за все, для вимірювання поточного рівня рідкого продукту в ємності або трубі і сигналізації про отриманий результат. Крім того, рівнеміри допоможуть у вирішенні інших завдань:

- безперервне вимірювання рівня,
- вимір рівня в особливо глибоких ємностях, свердловинах, трубопроводах,
- безконтактний контроль рівня,
- підтримання встановленого рівня продукту,
- передача інформації на зовнішнє обладнання та інші.

Переваги вибору ємнісних рівнемірів для рідких речовин

На відміну від інших типів вимірювачів рівня, ємнісні рівнеміри для рідких речовин мають ряд переваг:

- підходять для роботи з різноманітними видами рідин з різними фізичними властивостями: електропровідністю, температурою, щільністю,
- відрізняються підвищеною чутливістю і швидким спрацьовуванням,
- можуть працювати з небезпечними і агресивними речовинами,
- працюють в широкому діапазоні тиску в ємності, а також у вакуумі,
- застосовуються для відкритих і закритих резервуарів і ємностей різної глибини,
- мають просту конструкцію без рухомих елементів,
- відрізняються високою надійністю і довгим терміном служби.

Можливі обмеження при роботі з ємнісними рівнемірами для рідини

Ємнісні рівнеміри мають деякі недоліки в роботі:

- не підходять для дуже вузьких продуктів, для речовин з можливістю кристалізації або утворення плівки на поверхні, рідин з осадом, а також для вибухонебезпечних продуктів,
- при роботі з діелектриками вимагають додаткової ізоляції матеріалів,

- необхідне налаштування роботи під кожен конкретний вид продукту, а також поправка чутливості при зміні температури продукту,
- чутливі до налипання речовини на зонд.

Принцип роботи ємнісного рівнеміра для рідких продуктів

Ємнісний рівнемір складається з двох основних елементів: ємнісного датчика і вторинного перетворювача. Датчик виконаний у вигляді стрижня або кабелю, що складаються з декількох труб або пластин. Відповідно до цього датчик може мати циліндричну або плоску форму.

Ємнісний датчик рівнеміра рідких продуктів є чутливий електричний конденсатор, що фіксує будь-які зміни діелектричної проникності середовища. Ємність конденсатора змінюється при зіткненні з рідиною і залежить від її рівня. Виходячи з ємності конденсатора, рівнемір визначає поточний рівень рідкого продукту в ємності і за допомогою вторинного перетворювача модифікує отримане значення у вихідний сигнал, який передається на зовнішнє обладнання. Деякі моделі ємнісних рівнемірів мають вбудований дисплей або індикатор для відображення отриманого результату вимірювання.

Ультразвукові перетворювачі рівня

Ультразвукові рівнеміри - безконтактні датчики рівня безперервної дії. Використовують явище відбиття ультразвукових коливань від кордону розділу середовищ газ - тверда речовина. Електронний блок ультразвукового рівнеміра вимірює час проходження випроміненого ультразвукового імпульсу від датчика до кордону розділу середовищ і назад. Чим більше рівень матеріалу в ємності або силосі, тим менше час проходження імпульсу від датчика до матеріалу і назад. Так як швидкість поширення звуку в повітрі становить 331 м/сек., а вимірювані рівні не перевищують 70 метрів, тому вимір рівня можна проводити щомиті. Завдяки цьому ультразвукові датчики здійснюють саме безперервне вимірювання, тоді як, лотковим датчикам потрібно набагато більше часу на розмотування і змотування троса. Основа електронного блоку - мікропроцесорний пристрій, який дозволяє запрограмувати відключення датчика на час періодичного проходження механізму, наприклад лопасті мішалки. Ультразвукові датчики виготовляються у вигляді моноблока з індикаторним пристроєм і блоком програмування, або з відсутністю таких. У цьому випадку управління здійснюється через ПК. Вихідні сигнали формуються за стандартними протоколами 4 - 20 мА, HART.

Установка вертикально зверху або під невеликим кутом в залежності від профілю вимірюваної поверхні. Діапазон вимірювання рівня до 25 метрів. Точність вимірювання 0,25 %. Температура процесу до + 90 °С. Вибухобезпечне виконання.

Рідинні модифікації приладів, побудованих на ультразвуковому методі, не мають в своїй конструкції частин, які безпосередньо прилягають до продукту вимірювання. Як наслідок, пристрої володіють певними перевагами.

Ультразвуковий рівнемір рідини - це інтелектуальний пристрій, призначений не тільки для вимірювання рівня рідких середовищ, але і в якості витратоміра. Сучасні ультразвукові рівнеміри рідини оснащені великою кількістю функцій автоматизації.

Таблиця підбору ультразвукових рівнемірів рідини

Найменування	Діапазони вимірювання	Комунікація	Короткий опис
EasyTREK 	0,2...4 м 0,25...6 м 0,35...10 м 0,45...15 м	4...20 мА HART 2 реле	Економічний інтегрований перетворювач рівня для рідин. Вимірювання рівня і об'єму матеріалу. Налаштування параметрів через HART-модем. Вбудований дисплей відсутній.
EchoTREK 	0,2...4 м 0,25...6 м 0,35...10 м 0,45...15 м 0,6...25 м	4...20 мА HART 2 реле	Ультразвуковий рівнемір зі знімним дисплеєм. Вимірювання рівня і об'єму матеріалу. Вимірювання витрат у відкритих каналах. Налаштування параметрів через HART-модем або за допомогою вбудованого дисплея.
UST 200 	0,2...4 м 0,25...6 м 0,35...8 м	4...20 мА	Ультразвуковий рівнемір зі знімним дисплеєм. Дуже добре справляється із завданням вимірювання рівня як у відкритих, так і закритих ємностях.
INNOLevel ECHO 	0,2...15 м	4...20 мА	Недорогий УЗ рівнемір для рідини. Вбудований дисплей. Налаштування параметрів з допомогою вбудованого дисплея. Корпус з політетрафторетилену (Teflon).
EAX series 	0,25...8 м 0,25...12 м	4...20 мА HART	Безконтактний ультразвуковий рівнемір, бюджетний, легко встановлюється. Універсальне рішення для вимірювання рівня рідини і сипучих середовищ.

<p>ULL series</p> 	<p>0,25...5 м 0,6...15 м</p>	<p>4...20 мА</p>	<p>Безконтактний ультразвуковий рівнемір для рідин з рідкокристалічним екраном і кнопками управління на панелі.</p>
<p>UTC series</p> 	<p>0,6...25 м</p>	<p>4...20 мА</p>	<p>Ультразвуковий датчик і контролер рівня рідини з рідкокристалічним екраном і кнопками управління на панелі.</p>
<p>ULS series</p> 	<p>0,05...1,25 м 0,1...3,0 м 0,2...5,5 м</p>	<p>4...20 мА</p>	<p>Безконтактний ультразвуковий рівнемір для рідин з функцією автоматичної компенсації температури.</p>
<p>ULM-53</p> 	<p>0,1...20 м</p>	<p>4...20 мА 0...10 В RS-485 Modbus RTU</p>	<p>Компактний багатозадачний прилад – крім вимірювання рівня може виконувати функції витратоміра.</p>
<p>ULM-70</p> 	<p>0,15...20 м</p>	<p>4...20 мА HART</p>	<p>Ультразвуковий рівнемір з інноваційною системою обробки сигналів для відкритих і закритих резервуарів.</p>
<p>ULTM</p> 	<p>0,15...8 м</p>	<p>GSM, GPRS, USB</p>	<p>Мобільний ультразвуковий датчик рівня.</p>
<p>Gauger GSM</p>	<p>0,15...9,5 м</p>	<p>Mini USB RS-485 GSM GPRS</p>	<p>GaugerGSM є інтеграцією ультразвукового рівнеміра (моделі Gauger485) і стільникового передавача. Краще рішення для віддаленого моніторингу рівня.</p>

			Вбудований дисплей. Автономна робота від акумуляторної батареї.
Gauger GPS 	0,15...8,0 м	Mini USB RS-485 GSM GPRS	Бездротовий рівнемір об'єднав в одному корпусі ультразвуковий датчик рівня палива, GPRS приймач і стільниковий GSM передавач. Крім інформації про рівень і об'єм, постійно передається інформація про місце розташування.
Gauger 420 	0,15...9,5 м	4...20 мА mini USB HART Modbus	Ультразвуковий перетворювач з вбудованим дисплеєм. Вимірювання швидкоплинного рівня, об'єму, підсумовування результатів вимірювання. Налаштування параметрів за допомогою вбудованого дисплея або через комунікації.
SmartScan-25/50 	0,6...10 м 0,4...12 м 0,6...25 м 0,6...40 м	4...20 мА RS-232 RS-485 5 реле	Перетворювач розділеного виконання. Стандартний кабель між датчиком і блоком обробки 15 метрів. Графічний індикатор і кнопки програмування на блоці обробки. Вимірювання рівня, об'єму, ваги і витрат.
SmartLite 	0,6...10 м	4...20 мА RS-232 RS-485 2 реле	Економ версія SmartScan для нескладних застосувань на рівень до 10 метрів. Адаптований для вимірювання рівня рідини в малих резервуарах. Стандартний кабель між датчиком і блоком обробки 15 метрів. Графічний індикатор і кнопки програмування на блоці обробки.

Області застосування

Рідинні модифікації ультразвукових рівнемірів найменш поширені. Вони знаходять застосування в безлічі сфер промисловості, де потрібно робити вимірювання і розрахунки даних по рідким продуктам:

- Хімічна промисловість (збір інформації про рідини у відкритих або закритих ємностях)
 - Нафтохімічна галузь промисловості (кількісна оцінка нафти, палива)
 - Фармацевтика (агресивні продукти, кислоти і спирти)
 - Аграрна промисловість і сільське господарство (вимір витрат рідини, промисловий облік)
- Харчова промисловість (стеження за великим парком ємностей, соки, алкоголь)
 - Виробництво, яке потребує регулярних перевезень (відстеження пересувних цистерн)
 - Комунальне господарство (кількісна оцінка потоків води)
 - Очисні споруди (стічні води, брудні рідини)
 - Опріснювальні споруди
 - Промислові АСУ (контроль рівня, управління, сигналізація)

Призначення ультразвукових рівнемірів рідини

Сучасні прилади вирішують безліч завдань:

- Роботи по безперервному моніторингу рівня рідких, абразивних, в'язких і клейких продуктів, забруднених, агресивних і корозійних середовищ
 - Одночасне спостереження за станом великого парку виробничих резервуарів (силоси, жолоби)
 - Проведення витратомірних робіт у відкритих / природних або безнапірних каналах і водотоках. Використовуються лотки Паршаля або інші пристрої подібного типу
 - Контроль стічних вод, каналізаційних стоків на відстані з оповіщенням про нештатні ситуації на кшталт закупорки стоків або переповнення колекторів
 - Віддалене спостереження за продуктом (дизельні цистерни, баки або чани)
 - Відстеження місцезнаходження курсуючих за допомогою автомобільного або залізничного транспорту цистерн, ходу їх розвантаження і завантаження
 - Контроль стану водної поверхні на дамбах, греблях, річках або озерах для попередження повеней чи інших аварійних ситуацій, оповіщення
 - GPS, GSM, SMS-інформування про події в системі на відстані. Використовується як мобільний зв'язок, так і промислові протоколи
 - Регулювання рівня продукту за допомогою управління виконавчими механізмами по алгоритмам, закладеним в датчик
 - Реєстрація повідомлень та даних стану в системі
 - Вимірювання температури продукту
 - Реагування на зовнішні і внутрішні сигнали (наприклад, на відкриття та закриття кришки)
 - Сигналізація, в тому числі і аварійна

Переваги ультразвукових рівнемірів рідини

Важливою перевагою рідинних модифікацій є те, що вони, крім усього іншого, є недорогим, але якісним рішенням для вимірювання витрат рідини. Інші моменти:

- Відсутність контакту з вимірюваним продуктом, що розширює сфери застосування приладу
- Габарити пристрої при такому методі виходять дуже компактними
- Прилади можна використовувати як регулятори, реєстратори даних, складні обчислювальні блоки з передачею даних (завдяки багаточисельним опціям)
- Результати вимірювань виходять незалежними від хімічних і фізичних факторів середовища, а також її щільності (застосовність до агресивних, в'язким середах)
- Частина приладів може працювати повністю автономно з використанням зовнішніх батарей

недоліки

Приладам даного класу властиві загальні недоліки:

1. Сигнал не може проходити в вакуумному середовищі

Вирішення проблеми: Для роботи в таких середовищах переважно використовувати мікрохвильові рівнеміри. Наприклад, PiloTrek.

2. Необхідність підтримки нормального атмосферного тиску в місці роботи

Вирішення проблеми: Ємності під тиском - це сфера, де краще застосовувати пристрої іншого типу. Наприклад, гідростатичні рівнеміри.

3. Конусність випромінювання, можливі помилки вимірювання через відбиття сигналу від стаціонарних перешкод

Рішення проблеми: Вибір датчика з оптимальною конусністю і правильне розташування в ємності. При необхідності вимірювань в дуже вузьких резервуарах, звернути увагу на датчики контактного методу роботи. Наприклад, магніострикційні NivoTrack або гідростатичні вимірювачі.

4. Вплив на якість вимірювань сильного вітру і зайвої запиленості

Рішення проблеми: Проблему часто можна вирішити правильним вибором робочої частоти приладу. Альтернативним варіантом можуть виступити гідростатичні або магніострикційні датчики.

Моделі приладів і аналоги

Моделей УЗК-датчиків досить багато. Зупинимося на основних особливостях і виконаннях:

- **Стандартне виконання.** Такий варіант має на увазі застосування, яке не потребує особливих надмірностей. Часто буває досить стандартних функцій по вимірюванню і аналогового виходу. Це бюджетні моделі. До таких можна віднести Gauger420.

- **Вибухобезпечне (іскро безпечне) виконання.** У більшості моделей приладів (зокрема - EchoTrek, EasyTrek) присутні модифікації під небезпечні середовища і виробництва.
- **Інтелектуальні виконання.** Всі моделі приладів в тій чи іншій мірі оснащуються електронікою. Залежно від розв'язуваних завдань, вона буває різна. Так, наприклад, EchoTrek, EasyTrek здатні вимірювати витрату рідини, оснащуються реєстраторами даних і промисловими комунікаційними інтерфейсами, мають складні алгоритми компенсацій збурень і поліпшення якості вимірювань. Такі моделі як GaugerGSM і GaugerGPS крім промислових протоколів оснащуються GPS або GSM (для передачі по мобільному зв'язку) комунікаціями, що добре підійде для віддаленого спостереження та відстеження переміщень продукту.
- **Багатозадачність.** Окремі моделі можуть використовуватися як регулятори завдяки наявності в своєму складі силових реле (моделі EchoTrek, InnoLevel ЕЧО, EasyTrek). А частина моделей сімейства Gauger оснащуються датчиками температури і дозволяють підключати до себе додаткові сигнали (вхідні або вихідні). Всі пристрої допускають широке налаштування і мають відповідне програмне забезпечення.

Принцип роботи приладу

Ультразвуковий рівнемір рідини використовує в своїй роботі метод відбиття сигналу. Розташовуючись в верхній точці ємності паралельно поверхні продукту, прилад надсилає імпульси і приймає їх, визначаючи час проходження. На підставі відомих і вимірюваних даних, розраховуються всі необхідні параметри.

Спеціальні моделі приладів оснащуються засобами, що дозволяють здійснювати GPS, GSM - комунікацію і зв'язуватися з промисловим протоколом (HART, Modbus). Такі функції реалізуються складною електронікою приладу.

У витратомірних додатках велику роль відіграє складна електроніка приладу, яка адаптована під роботу зі стандартними лотками, з лотками Паршаля.

Принцип дії пристроїв заснований на вимірюванні часу проходження сигналу. У EchoTREK використовується найменш поширений випадок для ультразвукових датчиків рівня. Прилад розташовується у верхній точці ємності, а рівень продукту обчислюється за відомими даними про висоту самого резервуара і вимірним відстані між датчиком і поверхнею рідини. Ця відстань розраховується виходячи з часу передачі сигналу. Датчик випромінює ультразвуковий сигнал, який доходить до поверхні середовища (до кордону з різкою зміною щільності), відбивається від неї і повертається назад до рівнемірів. Швидкість поширення сигналу - величина, відома перетворювача рівня. Час проходження імпульса вимірюється, а розрахунок рівня середовища відбувається за формулою:

$$LEV = H - DIST$$

$$DIST = \frac{1}{2} V_s t ,$$

де V_s – швидкість проходження сигналу,
 t - вимірний час проходження сигналу.

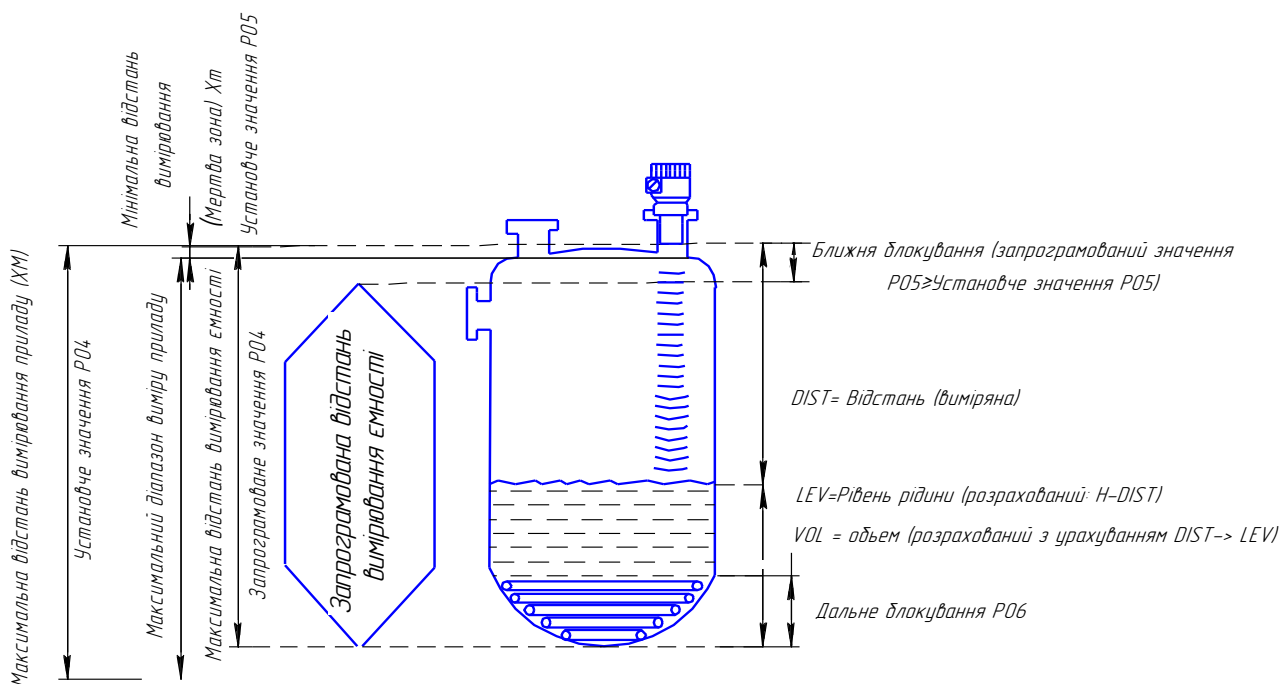
Існує такий параметр як конусність випромінювання, він впливає на здатність працювати у вузьких резервуарах. Від нього також залежить діапазон дії. У EchoTREK параметр варіюється в межах 5 -7 при 3 дБ зменшення інтенсивності.

У приладів, які використовують у своїй роботі ультразвуковий принцип, також існує поняття мертвої зони (мінімальної відстані для вимірювання) і максимальної відстані вимірювання. Ці дані визначаються конструктивними особливостями приладу. Щоб уникнути перешкод від нерухомих об'єктів рекомендується програмно розширювати мертво зону.

Ультразвуковий рівнемір EchoTREK виконує вимірювання рівня і потоку рідини без наявності прямого контакту з вимірюваною поверхнею. Використовуваний метод роботи дозволяє EchoTREK уникнути корозійного впливу вимірюваного продукту на прилад.

Вимірювання потоку за допомогою EchoTREK проводиться у відкритих каналах з використанням спеціальних споруд (лотків-витратомірів). Ці споруди конструюються таким чином, що витрата води через них пропорційна її рівню в певній точці лотка. Знаючи конструктивні особливості і потрібні коефіцієнти, витрата легко розраховується за стандартними формулами в залежності від вимірюваного рівня рідини. Електроніка EchoTREK великим чином запрограмована під роботу з лотком Паршала. Але одночасно цей прилад може працювати і з багатьма лотками інших типів, таких як наприклад лоток Хафагі-Вентурі, лоток Пальмер-Боулуса, прямокутні і трапецієподібні типи.

Програмне забезпечення містить безліч варіантів для роботи зі стандартними лотками. У додатку по вимірюванню витрат рідини рекомендується встановлювати прилад по можливості ближче до вимірюваного середовища.



Діагностика EchoTREK

Прилад має кілька можливостей як для діагностики, так і для сигналізації:

- Релейні виходи (сигналізація)
- Аналоговий і цифровий виходи
- Дисплейний модуль SAP-200

З допомогою дисплейного модуля SAP-200 прилад програмується на місці, а також проводиться індикація даних і повідомлень про різні помилки: як внутрішні, так і помилки програмування.

Акустичні рівнеміри

За принципом дії аналогічні ультразвуковим рівнемірам. Прилад випромінює дуже потужні акустичні хвилі, які відбиваються від поверхні вимірюваної речовини. Відбитий сигнал обробляється за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення, для того щоб відфільтрувати корисний сигнал і придушити помилкове ехо. Метод обробки прийнятого ехо-сигналу дозволяє знизити до мінімуму втрати сигналу. Завдяки застосуванню дуже потужного імпульсу а, загасання мають набагато менший вплив, порівняно зі звичайними ультразвуковими приладами. Випромінюються менше потужні сигнали, відповідно, приймаються теж менше потужні відбиті сигнали. Приймальна електроніка дозволяє розпізнати і обробити дуже слабкі ехо-сигнали, також в комбінації з сильними шумовими перешкодами. Для забезпечення найменш можливої точності вимірювання, вимірюваний сигнал компенсується в залежності від температури. Установка вертикально зверху або під невеликим кутом в залежності від профілю вимірюваної поверхні. Діапазон вимірювання рівня до 60 метрів. Точність вимірювання 0,25 %. Температура виробничого процесу до 150 °С. Вибухобезпечне виконання.

Гідростатичні перетворювачі рівня

Гідростатичні рівнеміри використовують метод вимірювання заснований на визначенні гідростатичного тиску, що чиниться рідиною на дно резервуара. Величина гідростатичного тиску на дно резервуара залежить від висоти стовпа рідини над вимірювальним приладом і від щільності рідини. Принцип дії: перетворення деформації пружного чутливого елемента під впливом гідростатичного тиску в аналоговий струмового сигнал. Гідростатичні рівнеміри це фактично перетворювачі диференціального тиску, тому для роботи їм потрібен зв'язок з атмосферою. Гідростатичні рівнеміри застосовуються для вимірювання рівня різних рідин, починаючи від чистої води до різних паст, в відкритих і закритих резервуарах, басейнах, колодязях і глибинних свердловин. Гідростатичні рівнеміри бувають **врізного типу** (врізаються в днище ємності) і **погружного типу** (в цьому випадку паралельно приєднувального кабелю назовні виводиться капілярна трубка для зв'язку з атмосферним тиском). Точність вимірювання не менше 0,25 %, що дозволяє застосовувати їх для цілей комерційного обліку. Температура вимірюваного виробничого процесу до + 125 °С.

При монтажі гідростатичних рівнемірів необхідно враховувати, що при закачуванні матеріалу виробничого процесу, струмінь рідини може викликати надлишковий тиск, що призведе до втрати точності, тому слід розташовувати датчики максимально віддалено від зони турбулентності.

Гідростатичні рівнеміри - економічно оптимальні рішення по вимірюванню рівня рідин і газів

Гідростатичні рівнеміри надійні і невибагливі до складних умов. Важливе значення гідростатичних рівнемірів - невисока вартість при гарній точності і широкому діапазоні.



Врізні гідростатичні рівнеміри



Погружні гідростатичні рівнеміри

Області застосування гідростатичних рівнемірів

Прилади даного класу оптимізовані для роботи з рідкими продуктами різної щільності. Однак, деякі типи застосовуються і для роботи з газами. Можливі сфери роботи:

- Хімічна промисловість (вимір рівня рідин в цистернах та ін.)
- Нафтогазова промисловість (оцінка рівня газу в резервуарах, а також різного палива)
- Комунальне господарство (промір свердловин і колодязів; моніторинг стічних вод)

- Сільське господарство і екологічний моніторинг (визначення рівня води в природних водоймах, контроль води в резервуарах населених пунктів і підприємств)
- Харчова промисловість (молочні продукти, алкогольні напої, комерційний облік)
- Фармацевтична промисловість (спирти, ефіри)
- Металургійна, гірничодобувна промисловість (грунтові, підземні води, свердловини)
- Виробництво морського обладнання (моніторинг стану судна)
- Гальвановиробництво

Первинним вимірюваним параметром приладів є тиск, тому такі рівнеміри також використовуються з метою безперервної реєстрації граничних значень тиску середовища.

Призначення гідростатичних рівнемірів

Такі пристрої застосовуються для вирішення широкого спектра завдань:

- Безперервний моніторинг тиску і рівня води чи інших рідин різної щільності, забрудненості і агресивності (кислоти, високов'язкі і пастоподібні продукти)
 - Замір рівня газів в резервуарах
 - Комерційний облік рідких продуктів
 - Стеження за рівнем у великих ємностях та відкритих резервуарах (таких як басейн або водойми / сховища глибиною до сотень метрів)
 - Вимірювання температури в свердловинах (у деяких моделях)
 - Реєстрація даних стану середовища вимірювання для подальшого використання в автоматизованій системі
- Сигналізація по певним подіям (наприклад, досягнення певної температури і рівня)
 - Моніторинг рівня води в артезіанських свердловинах
 - Дослідження ґрунтових вод, стічних вод, природних водойм
 - Обстеження вузьких труб і інших важкодоступних місць
 - Захист свердловинних насосів від «сухого» (холостого) ходу
 - Управління виробничими процесами в автоматизованих системах (таких як насосні станції або каналізаційні системи)
 - Контроль і спостереження за спустошенням сховищ
 - Стеження за осадою і положенням судна / корабля

Види приладів

Основних типів гідростатичних вимірників рівня існує два. Вони поділяються за способом приєднання до процесу на врізні і погрузні. Іноді виділяють фланцевий спосіб, кардинально не відрізняється від названих. Умовно ж рівнеміри можна розділяти за властивостями робочого середовища: для середовищ, які неагресивні до матеріалів приладу, для агресивних середовищ,







пульпо подібних середовищ. Також певні конструкційні особливості та вимоги накладають хімічні та гігієнічні вимоги до пристроїв.




Врізні прилади є компактними пристроями, що встановлюються в певній точці резервуара. Прилади такого типу найкраще підійдуть для вимірювання рівня рідин, газів або комерційного обліку в стаціонарних резервуарах-сховищах самих різних розмірів.

Врізні гідростатичні рівнеміри - компактні вимірювачі рівня рідин у великих діапазонах

Врізні гідростатичні рівнеміри - прилади стаціонарного типу, що володіють компактними габаритами. Застосовуються гідростатичні врізні рівнеміри для вимірювання рівня як рідин, так і газів, з хорошою точністю.

Таблиця підбору врізних гідростатичних рівнемірів

Рівнемір	Діапазон вимірювання, хв / макс	Температура процесу, °С.	Вихідний сигнал	Стійкість до агресивних речовин
Nivopress D 	-1,0...0 м вод.ст./ 0...400 м вод.ст.	-25...+125 °С	4...20 мА HART	середня
LMP331 	0...0,4 м вод.ст./ 0...400 м вод.ст.	-40...+125 °С	4...20 мА 0...20 мА 0...10 В	середня
LMP331i 	0...1 м вод.ст./ 0...400 м вод.ст.	-40...+125 °С	4...20 мА HART RS232 RS485	середня
LMK331 	0...6 м вод.ст./ 0...600 м вод.ст.	-25...+135 °С	4...20 мА 0...10 В	висока
LMK351 	0...0,4 м вод.ст./ 0...100 м вод.ст.	-25...+125 °С	4...20 мА	дуже висока
EC1200 	0...1,0 м вод.ст./ 0...100 м вод.ст.	-10...+150 °С	4...20 мА	середня
EC1210	0...1,0 м вод.ст./ 0...4,0 м вод.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	середня

				
 EC1500	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 бар.	-10...+80 °С	4...20 мА	середня
 IFM серії P	от -1 до 2,5 бар	-25...125 °С	4...20 мА, 0...10 В, IO-Link, PNP/NPN	висока

Переваги

Важливою перевагою гідростатичних рівнемірів в принципі є досить висока точність при простоті конструкції і дешевизні щодо інших приладів. Але є й інші переваги, що стосуються саме врізних рівнемірів:

- Великий діапазон вимірювання без використання кабелів і зондів (до сотень метрів) при дуже компактних габаритах (невеликий пристрій монтується в нижній точці ємності);
- Використання не тільки з чистими рідинами, але також з забрудненими, високов'язкими, липкими, хімічно агресивними, пінними рідкими продуктами;
- Врізні пристрої використовуються для вимірювання рівня газів;
- Не потребують складного технічного обслуговування;
- Мають досить високу точність.

Недоліки

Однак є у даних типів рівнемірів і недоліки:

1. Необхідність компенсації атмосферного тиску.

Рішення проблеми: в принципі, це питання вирішується самою конструкцією приладу. Якщо ж планується проводити вимірювання в ємностях під тиском, то потрібно використовувати два прилади, пов'язаних контролером. Один прилад відміряє всю товщу, а другий надлишковий тиск, який чиниться на продукт.

2. Зміна щільності рідини може стати причиною помилки у вимірюваннях.

Рішення проблеми: розрахунок величини стовпа рідини проводиться за відомою щільності продукту. Якщо не можливо бути впевненим в прийнятних коливаннях щільності продукту, то потрібно вибрати на інший рівнемір. Наприклад, ультразвукові EchoTREK, EasyTREK, радарні PiloTREK. У них є свої обмеження (зокрема - по робочому діапазону), але вони можуть підійти для застосування краще, так як результати їх вимірів не залежать від щільності середовища.

3. Рух рідини, що створює додатковий тиск.

Рішення проблеми: прилад слід встановлювати на відстані від таких об'єктів як мішалки або насоси. У деяких випадках можна звернути увагу на радарні хвильові рівнеміри MicroTREK і подібні до них.

Моделі приладів і аналоги

Сучасна номенклатура приладів може задовольнити практично будь-які запити замовника. Виконань і модифікацій приладів досить багато. Зупинимося на основних випадках, коли може знадобитися той чи інший тип:

- **Стандартне загальнопромислове виконання.** Такий варіант є у всіх виробників, він не має на увазі особливих критеріїв до приладу від умов середовища.

- **Вибухозахищене, іскро безпечне виконання.** Слід відзначати такі варіанти виконань у випадках можливого використання на небезпечних виробництвах. Можна відзначити датчики серій LMP 331, LMP 331i, LMK 331, LMK 351 і NivoPress D, де вибухозахищені виконання доступні для замовлення.

- **Високотемпературне виконання.** Цей тип може знадобитися на виробництві, де робочі температури продукту або навколишнього середовища можуть перевищувати загальнопромислові значення. Варто звернути увагу на прилади подібні EC1200 (до +150 °C). У LMP 331, LMP 331i, LMK 331, LMK 351 ці значення до +125 °C.

- **Хімічно стійкі виконання.** Не всі прилади можуть працювати з агресивними середовищами. Наприклад, серії врізних датчиків LMP і LMK відрізняються матеріалом мембрани. LMP слід використовувати в середовищах, які неагресивні до нержавіючої сталі, а LMK таких обмежень не має (матеріал мембрани - кераміка). Також варто звернути увагу на модель EC1210.

- **Інтелектуальні виконання.** В сучасних АСУ виробничих процесів істотну роль грає ступінь взаємодії її елементів між собою. Аналоговим виходом оснащуються всі серії, а цифрові інтерфейси HART, RS485 можуть бути присутніми за бажанням. Серія FineTek EC може оснащуватися реєстратором даних, індикаторною панеллю, сигнальним контролером або PLC (ПЛК). NivoPress D комплектується модулем програмування і відображення інформації, який є повноцінним обчислювальним елементом, здатним передавати в систему вже оброблені дані.

- **Виконання для вимірювання газів.** NivoPress D доступний у виконанні з діапазоном вимірювання «-1 ... 0 бар», що прекрасно підійде для такого додатка (летючі гази, стиснені гази).

Прилади врізного типу використовуються в додатках, пов'язаних з вимірюванням рівня рідких продуктів або газів в резервуарах-сховищах підприємств різних сфер промисловості. Також можливі застосування, пов'язані з охороною навколишнього середовища. Наприклад:

- Хімічна промисловість (азотна кислота, ацетон)
- Нафтогазова (сира нафта, бензин, емульсії, масла, різні гази)
- Фармацевтична (етиловий спирт, хлороформ, ефір)

- Харчова (вода, пиво, соки, молоко, проблеми комерційного обліку)
- Комунальне господарство, охорона навколишнього середовища (вода; різні стоки та опади у буферних резервуарах)

Призначення врізних гідростатичних рівнемірів

Первинний вимірюваний параметр у цих приладів - тиск. Тому рівнеміри такого типу також використовуються для безперервного вимірювання тиску середовища. Основні ж завдання, які вирішуються за допомогою даних рівнемірів:

- Оцінка рівня рідин у великих стаціонарних резервуарах-сховищах (до декількох сотень метрів);
- Розробка надійної і недорогої вимірювальної системи на компактних датчиках;
- Комерційний облік рідин і рідких продуктів;
- Постійне і досить точне вимірювання рівня, реєстрація отриманих даних в системі;
- Візуалізація даних за рівнем вмісту резервуара і сигналізація по граничних значень даних;
- Безперервний моніторинг рівня високов'язких, корозійних матеріалів, пінних та задимлених рідин;
- Моніторинг рівня парів і газів;
- Оцінка рівня рідин в посудинах під тиском (застосовуються два датчика, об'єднаних контролером).

Метод роботи врізного гідростатичного рівнеміра заснований на перетворенні вимірюваного тиску стовпа рідини (або газу) в пропорційний його рівню уніфікований вихідний сигнал. Відомо, що величина гідростатичного тиску, що чиниться на вимірювальний прилад, залежить від висоти стовпа рідини над ним.

Прилад монтується як в нижній (для рідин), так і у верхній (для вимірювання газів) точці резервуара. П'єзорезистивний тензодатчик (ємнісний керамічний або інший п'єзоелектричний вимірювальний перетворювач) пов'язаний з вимірюваним продуктом через ізолюючу мембрану. Рівень продукту розраховується за відомими формулами гідростатичного тиску при відомих даних про його щільності і виміряним тиску:

$$P_{hidr} = 10^{-5} \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = 10^5 \cdot P_{hidr} / (\rho \cdot g),$$

де P_{hidr} [бар] - гідростатичний тиск

ρ [кг/м³] - середня щільність повітря







g [м/с²] - гравітаційна постійна














h [м] - дистанція між середньою точкою діафрагми і середнім рівнем продукту.











Вимірювачі поглибленого типу містять спеціальний зонд, який опускається в резервуар або свердловину на необхідну глибину. Такі пристрої слід вибирати в додатках, пов'язаних з обстеженням свердловин, колодязів, будь-яких відкритих резервуарів або природних водойм.







Погружні гідростатичні рівнеміри - прилади, надійно працюють в важкодоступних місцях і свердловинах на великій глибині. Це гідростатичні поглиблені рівнеміри часто володіють великою кількістю функцій і хороші в плані економії.

Таблиця підбору поглиблених гідростатичних рівнемірів

Рівнемір	Діаметр зонда	Діапазон вимірювання	Температура процесу, °С	Вихідний сигнал	Стійкість до агресивних речовин
серія ALZ 	21-40 мм	Від 0...0,4 м в.ст. до 0...250 м в.ст.	-20...+50 °С -20...+75 °С	4...20 мА (Ехіа виконання опція); 0...20 мА; 0...10 В; 0...5 В; 0,5...4,5 В; Modbus RTU; HART	середня/ висока
NivoPress NP 	22 мм	0...200 м в.ст.	-10...+60 °С	4...20 мА, HART	середня
NivoPress NZ 	38 мм	0...200 м в.ст.	-10...+60 °С	4...20 мА, HART	середня
NivoPress NC 	40 мм	0...20 м в.ст.	0...+60 °С	4...20 мА, HART	середня
Nivopress NP+NAW-104 	22 мм	0...200 м в.ст.	-10...+60 °С	4...20 мА, HART	середня
серія HLM 	16 мм 25 мм	0...200 м в.ст.	-25...+75 °С	4...20 мА, 0...10 В	середня

 LMP 305	19 мм	0...250 м В.ст.	-10...+70 °С	4...20 мА	средня
 LMP 307	27 мм	0...250 м В.ст.	-10...+70 °С	4...20 мА	средня
 LMP 307i	27 мм	0...200 м В.ст.	-10...+70 °С	4...20 мА	средня
 LMP 308	35 мм	0...250 м В.ст.	-20...+70 °С	4...20 мА	средня
 LMP 308i	35 мм	0...250 м В.ст.	-20...+70 °С	4..20 мА	средня
 LMP 808	35 мм	0...100 м В.ст.	0...+50 °С	4..20 мА	средня
 LMK 306	17 мм	0...200 м В.ст.	-10...+70 °С	4..20 мА	средня
 LMK 307	27 мм	0...250 м В.ст.	-10...+70 °С	4..20 мА	средня
 LMK 358	39,5 мм	0...100 м В.ст.	-20...+70 °С	4..20 мА	средня
 LMK 358H	39,5 мм	0...100 м В.ст.	-20...+70 °С	4...20 мА HART	средня
 LMK 458	39,5 мм	0...200 м В.ст.	-25...+125 °С	4...20 мА	средня
 LMK 858	45 мм	0...100 м В.ст.	-0...+50 °С	4...20 мА	дуже висока
 EC 1300	34 мм	0...100 м В.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	средня

 <p>EC 1310</p>	34 мм	0...100 м в.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	средня
 <p>EC 1320</p>	34 мм	0...100 м в.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	средня
 <p>EC 2500</p>	27 мм	0...6 м в.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	средня
 <p>MPM489W</p>	26 мм	1...200 м в.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА	средня
 <p>MPM4700</p>	26 мм	3,5...200 м в.ст.	-10...+80 °С	4-20 мА RS485 (ModBus) HART	средня
 <p>MPM4710</p>	26 мм	0~0.1...1.1 МПа	-10...+80	RS485	средня
 <p>MPM4810</p>	31,5 мм	0~5...200 м в.ст.	0...+125 °С	4...20 мА (2 канали)	средня
 <p>MPM4811</p>	30 мм	1...200 м в.ст.	-10...+80 °С	4...20 мА (2 канали)	средня
 <p>MPM460</p>	26 мм	0,01~100 МПа 0~1...200 м в.ст. 0~35 кПа...3,5 МПа	-10...+60 °С	4...20 мА 0...10/20 мА 0/1...5 В DC RS485 5 реле (240 В / 5А AC чи 30 В / 5 А DC)	средня
 <p>MPM316W</p>	26 мм	0~1...200 м в.ст.	-10...+80 °С	< ± 2 мВ DC (zero) ≥ 70 мВ DC чи ≥ 25 мВ DC	средня

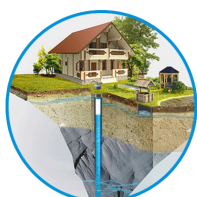
				(< 2 м H ₂ O)	
MPM4809TD 	26 мм	0~2 м (Diesel Oil)	-10...+80 °C	4...20 мА	середня
MPM426W 	26 мм	1...200 м в.ст.	-10...+80 °C	4...20 мА 0...10/20 мА 0/1...5/10 В DC	середня
MPM436W 	43 мм	0,5...2 м в.ст.	-30...+70 °C	4...20 мА 0...10/20 мА 0/1...5/10 В DC	середня
MPM416 	26 мм	0...200 м в.ст.	-10...+80 °C	4...20 мА 0...10/20 мА 0/1...5/10В DC	середня
MPM5589 	22 мм	1...5 м в.ст.	-20...+70 °C	До 2 PNP (1,2А) 0/4...20 мА 0/1...5В DC ModBus	середня
IFM PS 	27 мм	0...10 м в.ст.	-10...+85 °C	4...20 мА	середня

Застосування поглиблених гідростатичних рівнемірів



Промислова підготовка води

контрольована середовище: вода



Контроль і вимір рівня води в свердловинах

контрольована середовище: вода

Переваги погрузних гідростатичних рівнемірів

Гідростатичні рівнеміри відрізняються простотою конструкції, що призводить до здешевлення вартості та підвищення надійності їх роботи. Відносно погрузних пристроїв, виділимо наступні переваги:

- Обстеження важкодоступних місць (вузьких труб, свердловин в землі та ін.);
- Великий діапазон вимірювання (залежить від довжини кабелю);
- Можливість одночасної безперервної реєстрації декількох параметрів водного середовища (деякі моделі забезпечуються додатковими датчиками, наприклад - температурним);
- Можливість установки додаткових опцій на погрузний зонд, що розширюють функціонал приладу в системі АСУ виробничих процесів;
- Не потребує складного технічного обслуговування;
- Досить висока точність при невисокій вартості.

Недоліки

Погружні рівнеміри мають свою специфіку застосування, що накладає певні обмеження. Можна виділити певні недоліки:

1. Атмосферний тиск повинен компенсуватися.

Рішення проблеми: питання вирішується конструкцією приладу. Атмосферний тиск прикладається до вимірювального перетворювача через спеціальну трубку для компенсації.

2. Бічні переміщення зонда.

Рішення проблеми: зонд рекомендується розташовувати в місці, де відсутні рух рідини або турбулентні потоки. Також можна встановити направляючу трубу.

Проте, розумної альтернативи в свердловинних застосуваннях таких приладів практично відсутня.

Моделі приладів і аналоги

Сучасний модельний ряд погрузних датчиків рівня дозволяє зробити найменш оптимальний вибір приладу в залежності від умов його роботи. Основні варіанти виконань:

- **Стандартне виконання загальнопромислового призначення.** Цей варіант найменш поширений і присутній у всіх виробників.
- **Вибухозахищене або іскро безпечне виконання.** На багатьох виробництвах може знадобитися захист приладу, що працює в небезпечному середовищі. У зв'язку з цим, необхідно звернути увагу на датчики серій LMP, LMK.
- **Стійкість до агресивних і забруднених середовищ.** Датчики NivoPress N можуть забезпечуватися спеціальними адаптерами для стічних вод. Серія LMP використовується із середовищами, неагресивними по відношенню до нержавіючої сталі. Деякі датчики серії LMK застосовуються для забруднених, стічних вод і рідин малої в'язкості. Датчики LMK 458 призначені для морських

умов експлуатації. LMK 858 адаптований для роботи в агресивних середовищах, таких як луги або кислоти.

- **Інтелектуальні модифікації.** Датчики серій LMP, LMK, NivoPress N можуть комплектуватися датчиком температури. Останній (NivoPress N) також комплектується повноцінним обчислювальним модулем. Серія FineTek EC може бути забезпечена панеллю відображення інформації, реєстратором, ПЛК (PLC) або сигнальним контролером. Стандартний аналоговий вихід присутній практично у всіх серій (в деяких модифікаціях замінюється на цифровий). NivoPress N і частина датчиків серій LMP, LMK також підтримують цифрові інтерфейси HART, RS485 в своїх модифікаціях.

- **Виконання для роботи в обмеженому просторі або важкодоступних місцях.** Не завжди доводиться працювати на відкритому водоймищі, іноді доводиться проміряти труби. Для таких цілей потрібно підбирати датчики вузького діаметру, наприклад такі моделі, як LMP305 або LMK306 (діаметри корпусів 19 і 17 мм відповідно).

Значна частина приладів даного класу оптимізована для роботи в водних областях промисловості. Як правило, погрузний зонд може опускатися на великі глибини, які обмежені, в основному, довжиною кабелю. Можливі області застосування:

- Металургійна, гірничодобувна промисловість (грунтові води, свердловини, будь-які відкриті резервуари)
- Комунальне господарство (виміри колодязів і свердловин; моніторинг забруднених і стічних вод, моніторинг балансу води підприємств і населених пунктів, контроль води в резервуарах насосних станцій)
- Сільське господарство і природоохоронна діяльність (контроль рівня різних водойм / басейнів, озер, річок)
- Харчова промисловість (молоко, вода та ін.)
- Фармацевтична промисловість (різні спирти)
- Природоохоронна діяльність (моніторинг рівня вод артезіанських свердловин)
- Суднобудування
- Гальвановиробництво

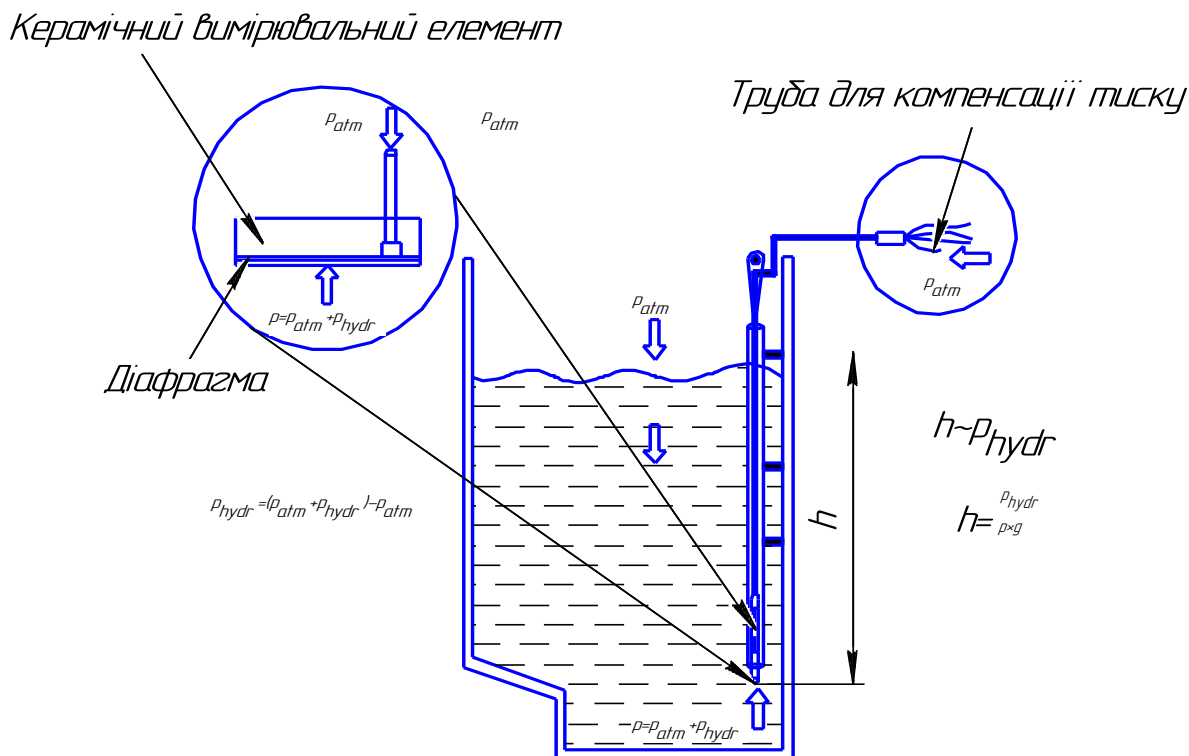
Призначення погрузних гідростатичних рівнемірів

Як вже було сказано, погрузні рівнеміри часто оснащуються додатковими опціями. Наприклад, датчиком температури або адаптером стічних вод. Це дозволяє вирішувати безліч завдань, серед яких:

- Безперервний моніторинг температури і рівня в артезіанських чи інших свердловинах, а також колодязях, басейнах і будь-яких відкритих резервуарах великої глибини;
- Вимірювання рівня води в вузьких трубах і важкодоступних місцях;
- Дослідження природних водойм і водосховищ;

- Реєстрація даних стану середовища і сигналізація по певним значенням температури або глибини;
- Спостереження за підземними, ґрунтовими водами за рівнем і температурі;
- Управління виробничими процесами;
- Контроль і захист свердловинних насосів від холостого (або «сухого») ходу у свердловинах;
- Стеження за спустошенням водойм / сховищ;
- Моніторинг стічних та інших забруднених вод;
- Перегляд усадки, тяги і положення судна.

Використання гідростатичного методу визначення рівня в погрузних пристроях засноване на перетворенні вимірних значень тиску стовпа рідини над датчиком в рівень цього стовпа. Перетворювач формує уніфікований вихідний сигнал. Величина тиску, що чиниться на датчик, складається з тиску водяного стовпа і атмосфери. Атмосфера компенсується за допомогою зв'язку датчика з нею через спеціальну трубку.



Моделі приладів

В якості прикладу відзначимо деякі моделі гідростатичних вимірників рівня:

LMP 331 - Врізний датчик рівня з діапазоном вимірювання 0 ... 0,4 до 0 ... 400 м водяного стовпа, має аналоговий вихід 4..20 мА. Застосовується в роботі з водою, паливом, неагресивними до нержавіючої сталі рідинами.

ЕС 1300 - Погружной датчик рівня з діапазоном до 100 м. Може забезпечуватися цифровою індикаторною панеллю, реєстратором, PLC або сигнальним контролером.

NivoPress N - Погружной свердловинний рівнемір з опціональним датчиком температури або адаптером стічних вод (можна одночасно вимірювати рівень і температуру на глибинах до 200 м). Може поставлятися з додатковими налаштуваннями, які полегшують автоматизацію.


Байпасні перетворювачі рівня


Байпасні рівнеміри використовують спеціальну відвідну трубку байпас - колонку для вимірювання рівня рідини розміщену збоку ємності. Резервуар і байпасна трубка сполучені посудиною, зміна рівня в резервуарі відповідає зміні рівня в байпасній трубці. У самій трубці розміщений поляризований магніт, який плаває на поверхні рідини. Поруч з трубкою розташований чутливий елемент магнітострикційного типу, який перетворює зміну відстані від нижньої точки байпаса до магніту в струмовий сигнал 4 ... 20 мА. Для візуалізації рівня на стінках скляної трубки розміщені спеціальні пластини, які під впливом магніту змінюють своє положення. Кожному положенню відповідає свій колір, тому візуально чітко видно межу рівня рідини в байпасі і відповідно в резервуарі. При необхідності байпасні рівнеміри можуть додатково обладнуватися сигналізаторами граничного рівня. Зв'язок із зовнішнім середовищем відбувається тільки через магнітне поле, прямий контакт з вимірюваним середовищем відсутній, що дозволяє використовувати байпасні перетворювачі рівня в харчовій промисловості, молочній промисловості, фармацевтичній промисловості та ін.

байпасні рівнеміри

В основі роботи рівнемірів байпасних поплавцевих лежить принцип сполучених посудин. А байпасний рівнемір буде показувати кількість рідини в баку навіть за відсутності електроживлення.

Моделльний ряд байпасних рівнемірів

Модель	Довжина ділянки контролю рівня рідини	Робоча температура середовища	Робочий тиск середовища	захист	Особливості
EF/MEF 	150...5800 мм	-20...+400 °С	до 100 бар	IP67	Можливість інтеграції в АСУ

 <p>NivoFlip</p>	500...5500 мм	-35...+250 °C	до 100 бар	–	Можливість інтеграції в АСУ
---	---------------	---------------	------------	---	-----------------------------

Принцип роботи байпасних рівнемірів

Принцип роботи байпасних рівнемірів рідини досить простий. Сам прилад монтується до стінки ємності або резервуара з зовнішньої сторони і утворює систему сполучених посудин. У середині рівнеміра перебуває магнітний поплавок, який є чутливим елементом і реагує на зміну рівня води в резервуарі. Поплавок надає руху систему двоколірних магнітів, які знаходяться всередині приладу. Магніти змінюють свій колір залежно від рівня і повідомляють про точне значення рівня рідини.

Загальні технічні характеристики рівнемірів байпасного типу

Поплавкові байпасні рівнеміри володіють наступними технічними характеристиками:

- Максимальна температура навколишнього середовища: не менше + 80 °C;
- Максимальна робоча температура процесу: + 400 °C;
- Максимальний тиск процесу: 100 бар;
- Між фланцева відстань: від 150 до 5800 мм;
- Діаметр труби: Ø 60,5 мм;
- Технологічне з'єднання: DIN, ANSI фланець (за кодом замовлення);
- Повітряний клапан: M20x1,5;
- Матеріал деталей, що контактують із середовищем: нержавіюча сталь, титан.

Переваги байпасних рівнемірів рідини

Виділяються наступні переваги:

- Можливість роботи з підвищеною температурою і тиском;
- Робота з агресивними середовищами;
- Висока точність вимірювань;
- Можливість обслуговування приладу без зупинки ходу виробничого процесу;
- Постійний візуальний контроль значення рівня рідини;
- Робота приладу без живлення від мережі;
- Можливість використання разом з магнітострикційним датчиком і подальшим підключенням до SCADA-системі.

недоліки

Серед недоліків можна виділити необхідність зупинки виробничого процесу при первинній установці рівнеміра і ретельної підготовки перед монтажем. Неприпустима робота з сипучими речовинами.

Застосування байпасних рівнемірів

Найбільша затребуваність рівнемірів байпасних поплавцевих в таких виробничих процесах як:

- вимір рівня кислоти, води, нафти, оливи;
- використання рівнеміра в умовах відсутності живлення від мережі;
- виробничі процеси з обов'язковим постійним візуальним контролем рівня рідини;
- контроль рідких середовищ з тиском до 100 бар і температурою до + 400 °С.

Для правильного вибору моделі байпасного рівнеміра, необхідно враховувати специфіку сфери застосування, де планується використання. А також брати до уваги параметри і властивості самого процесу і вимог, що пред'являються регламентом виробництва при вимірюванні рідини.

Мікрохвильові перетворювачі рівня

Мікрохвильові радарні рівнеміри - універсальні прилади безперервного вимірювання рівня, за принципом роботи аналогічні ультразвуковим рівнемірам, так само використовують принцип відображення хвиль від кордону розділу середовищ. Відмінність полягає в тому, що ультразвукові датчики рівня працюють в діапазоні випромінювання 5 ... 50 кГц, а мікрохвильові радарні датчики використовують частоти 6 ... 95 ГГц. Значення частоти випромінювання радарного рівнеміра необхідно враховувати при виборі приладів для вимірювання рівня рідин з малими значеннями діелектричної проникності. Чим менше ϵ - тим вище повинна бути частота. Так для вимірювання рівня нафтопродуктів слід використовувати радарні рівнеміри з максимальною частотою. Радарний датчик рівня побудований за принципом радіолокатора, що дозволяє мінімізувати вплив паразитних перешкод і перешкод, пов'язаних з нерівністю вимірюваної поверхні. Так само як і ультразвукові рівнеміри не мають контакту з вимірюваним об'єктом, але на відміну від ультразвукових датчиків, мають набагато меншою чутливістю до впливу температури і тиску в робочій ємності, а так само їх зміни. Радарні рівнеміри мають більшу стійкість до таких негативних для інших приладів явищам, як запиленість, піноутворення, випаровування з вимірюваної поверхні. Важливою характеристикою впливу на рівень вимірювання і точність, є розмір і тип застосовуваної антени. Розрізняють рупорні, стрижневі, трубчасті, параболічні і планарні антени. Чим більше розмір антени, тим менше потужний і вузько направлений сигнал вона формує, відповідно забезпечується максимальна дальність і максимальна роздільна здатність мікрохвильового радарного рівнеміра.

Точність вимірювання рівня ± 1 мм., що дозволяє використовувати мікрохвильові радарні рівнеміри для цілей комерційного обліку. Температура процесу до $+ 250$ °С. Діапазон вимірювання рівня до 50 метрів. Діелектрична постійна вимірюваної речовини повинна бути менше 1,6. Клейкі речовини можуть викликати відмови.

Підбір мікрохвильового радарного рівнеміра рідини




Мікрохвильові радарні рівнеміри рідини являють собою високовиробничі пристрої безперервного контролю рівня різноманітних рідких продуктів.

Радарні рівнеміри є найменш сучасною розробкою в області контролю рівня і підійдуть для роботи практично з усіма видами рідких продуктів.

Моделльний ряд радарних рівнемірів для рідких продуктів

Мікрохвильові радарні рівнеміри для рідини представлені в різних варіантах, що відрізняються за кількома робочими параметрами:

- за принципом дії (імпульсний або FMCW),
- по робочому діапазону,
- за типом і розміром антени,
- по частоті випромінювання та ін.

Модель	Вимірюване середовище	Діапазон вимірювання	Точність вимірювання	температура процесу	Виходи	Особливості
 PiloTrek	Рідини, сипучі матеріали	0,2...23 м	± 3 мм	$-30...+180$ °С	4...20 мА, HART	безконтактний вибухозахищений мікрохвильовий рівнемір
 JFR	Рідини, сипучі матеріали	до 70 м	± 3 мм, ± 5 мм	$-40...+200$ °С	4...20 мА, HART, RS485	Вимірюють рідкі і сипучі речовини, використовуючи відбиті частотно-модульовані сигнали
 TRG8060	Рідини	0,3...70 м	від ± 3 мм до $\pm 0,1\%$ діапазону вимірювання	$-60...+ 400$ °С	4...20 мА, HART	Високоточний рівнемір, підходить для вимірювання рівня різних рідин в широкому діапазоні температур і тисків

Область застосування мікрохвильових радарних рівнемірів рідини

Рівнеміри мікрохвильового типу підходять для контролю рівня різних видів рідини і можуть застосовуватися в багатьох галузях промисловості:

- видобуток і переробка нафти і газу,

- металургія,
- харчова промисловість,
- хімічна промисловість,
- житлово-комунальне господарство,
- сільське господарство та аграрна промисловість.

Радарні рівнеміри активно використовуються в системах водопостачання, водоочищення, водовідведення, опалення та ін.

Призначення мікрохвильових рівнемірів радарного типу для рідини

Радарні рівнеміри з мікрохвильовим випромінюванням використовуються для вирішення різноманітних завдань в промисловому виробництві:

- контроль рівня рідких речовин в ємності,
- підтримання заданого рівня рідини,
- комерційний облік рідких матеріалів,
- контроль рівня агресивних матеріалів,
- автоматизація виробничих процесів, пов'язаних з обробкою рідин.

Переваги вибору радарних рівнемірів для рідких речовин

Принцип дії на основі мікрохвильового випромінювання і особливості конструкції радарного рівнеміра для рідких матеріалів забезпечують велику кількість переваг перед іншими способами вимірювання:

- висока точність роботи в будь-яких умовах,
- сумісність з рідинами будь-яких видів, включаючи небезпечні і агресивні речовини,
- нечутливість до утворення піни і хвиль на поверхні рідини,
- різні варіанти виконання за типом і розміром антени, а також особливостям корпусу, в тому числі вибухозахищені моделі,
- нечутливість рівнеміра до особливостей зовнішнього середовища з можливістю роботи при підвищених температурах і високому тиску,
- широкий діапазон вимірювання,
- можливість роботи з різними видами ємностей, резервуарів, сховищ.

Можливі недоліки радарного мікрохвильового рівнеміра для рідини

Рівнеміри радарного типу дії для рідин відрізняються досить високою вартістю, що може стати обмеженням при виборі пристроїв контролю рівня. Однак висока вартість компенсується за рахунок великої кількості переваг мікрохвильових рівнемірів з радарних методом контролю рівня рідких продуктів. При необхідності може бути обраний інший варіант безконтактного контролю рівня, наприклад, ультразвуковий рівнемір в разі, якщо вартість є головним критерієм вибору.

Принцип роботи радарного рівнеміра рідини

Радарний мікрохвильовий рівнемір для рідких продуктів працює за принципом радіолокатора. За допомогою антени прилад посилає вихідний

радіосигнал в ємність і приймає відбитий продуктом зворотний сигнал. За час передачі сигналу визначається відстань до поверхні рідини і її рівень в ємності.

Імпульсні радарні рівнеміри випускають радіосигнал через певні проміжки часу, протягом яких відбувається прийом зворотного сигналу. У мікрохвильових рівнемірах для рідини типу FMCW випромінювання сигналу відбувається постійно, одночасно з постійним прийомом зворотного сигналу.





Мікрохвильові рефлексні рівнеміри рідини



Мікрохвильові рефлексні рівнеміри рідини - це надійні датчики, призначені для безперервного вимірювання рівня рідини або рівня розділу фаз рідин з різною щільністю.

Мікрохвильові рівнеміри рідин також відмінно справляються з завданнями визначення об'ємів сумішей, суспензій.

Спеціальне коаксолінове покриття хвилевода (зонда) дозволяє проводити вимірювання в агресивних середовищах.

Модельний ряд мікрохвильових рефлексних рівнемірів рідини

Модель	Тип хвилевода	Глибина вимірювання (довжина хвилевода)	Температура контрольованої речовини	Виходи	Робоча напруга живлення
 MicroTREK	Одно чи двох стрижневий, коаксіальний кабель	от 100 мм до 24000 мм	-30...+200 °С	4...20 мА, HART	18...35 В DC
 GWLF	Одно чи двох стрижневий, коаксіальний кабель	от 600 мм до 21000 мм	-196...+430 °С -40...+200 °С -40...+315 °С	4...20 мА, HART	18...35 В DC
 NivoGuide NG8000	стрижневий чи кабельний	от 6 м до 75 м	-40...+200 °С	4...20 мА	9,6...35 В DC
 GRLM-70 «Міранда»	стрижневий чи кабельний	от 100 мм до 40 м	-40...+95 °С -40...+130 °С -40...+200 °С -40...+300 °С	4-20 мА, HART	18...30 В DC 18...36 В DC

					
 IFM LR	Зонд, коаксіальна трубка	от 100 мм до 2000 мм	0...80 °C -20...100 °C -40...150 °C	4...20 mA / 0-10 V/ NPN/PNP програмовані	18...30 V DC

Принцип роботи мікрохвильових рефлексних рівнемірів рідини

Рефлексні рівнеміри рідини конструктивно представляють собою датчик з міцного алюмінієвого корпусу або з нержавіючої сталі і хвилевод у вигляді одинарного або подвійного зонда (стержня або троса). На корпусі розташований добре читаємий світлодіодний дисплей, а довжина хвилевода визначається глибиною ємності.

Принцип дії хвильових рівнемірів рідини дозволяє отримувати точні дані навіть в складних виробничих умовах - підвищеної температури, конденсації, пари, високого тиску, піноутворення, суспензії, запиленості.

Вимірювання рівня

У мікрохвильових рефлексних рівнемірах рідини застосовується мікрохвильовий принцип дії. Високочастотні мікрохвильові імпульси поширюються уздовж хвилевода. При досягненні поверхні вимірюваного середовища вони відбиваються від неї, а отриманий сигнал обробляється перетворювачем. Час, витрачений на досягнення зворотним сигналом датчика, перераховується в показання рівня.

Вимірювання міжфазного рівня

У цьому випадку тільки частина променів відбивається від поверхні першої речовини. Решта відбиваються від поверхні другого матеріалу - від лінії розділу фаз.

Різниця часу між відбитим сигналом від першого шару і від лінії розділу обробляються датчиком і перетворюються в показники рівнів.

Призначення рефлексних рівнемірів рідини

Рефлексні датчики рідини застосовують для визначення об'єму рідини, суспензій, масляних рідин в складних умовах вимірювання, обумовлених різкими перепадами температури, підвищеним тиском, піноутворення, наявністю суспензій. Коаксолінове покриття хвилевода (зонда) розширює можливості застосування в агресивних середовищах.

Область застосування мікрохвильових рефлексних рівнемірів рідини

Рефлексні рівнеміри рідини застосовуються в багатьох сферах, де вимагається вимірювання води, оливи, паливно-мастильних матеріалів:

- Нафтопереробка і паливо;
- Харчове виробництво;
- Целюлозно-паперове виробництво;
- Водоочищення;
- Хімічне виробництво.

Мікрохвильові рівнеміри рідин зручно монтувати в ємностях різного типу, в тому числі в високих і вузьких.

Легка і проста установка дозволяє використовувати датчики рівня в баках, контейнерах та інших ємностях різних конфігурацій.

Переваги мікрохвильових рефлексних рівнемірів рідини

Мікрохвильові рефлексні рівнеміри рідини мають ряд незаперечних переваг завдяки стійкості до впливу зовнішніх факторів:

- можливість вимірювати рідини, тверді сипучі речовини, речовини з низькою діелектричною проникністю;
- відмінні експлуатаційні характеристики незалежно від параметрів вимірюваного середовища;
- надійно працюють у важких умовах - при запиленості, наявності суспензії, випарів, газів, наявності піни;
- можливість вимірювання рівня двох і менше продуктів, визначення різниці фаз;
- легкий монтаж і налаштування;
- працюють в будь-яких типах ємностей в тому числі відкритих і закритих;
- висока точність вимірювань;
- вибухозахисне виконання;
- широкий вибір датчиків з різними типами і розмірами хвилевода.

Недоліки

При виборі хвильових рівнемірів рідини треба враховувати особливості деяких моделей, виробничі нюанси виробництва і володіти максимально повною інформацією про середовище вимірювання.

Магніострикційні перетворювачі рівня

Магніострикційні рівнеміри складаються з поплавця з вбудованим магнітом і напрямної, всередині якої розташовується хвилевід, поміщений в котушку по якій через певні проміжки часу протікають імпульси струму. При переміщенні імпульса виникає радіальне магнітне поле навколо хвилевода. При перетині з магнітним полем постійного магніту розташованого в поплавці, виникає, пластична деформація магніострикційного хвилевода, яка є високо динамічним процесом, внаслідок швидкості струмового імпульса. Через це виникає ультразвукова торсіонна хвиля, яка поширюється від місця виникнення в

обидва кінці хвилевода, проте в одному з кінців вона повністю гаситься і, таким чином, перешкоди і спотворення сигналу виключаються. Детектування і обробка торсіонного імпульса відбувається на іншому кінці хвилевода в спеціальному перетворювачі. Точне визначення позиції виходить виміром часу між стартом струмового імпульса а й часу виникнення відповідного електричного сигналу, який визначається в перетворювачі торсіонних імпульсів при детектуванні ультразвукової хвилі. Цей електричний сигнал обробляється електронікою датчика, електроніка аналізує час поширення торсіонних хвиль і формує пропорційний струмовий сигнал, або сигнал відповідного протоколу. Напрямна може бути жорсткою або гнучкою, останній варіант найменш кращий для вимірювання великого діапазону рівня, так як значно спрощує транспортування приладу до місця установки.



магнітострикційні рівнеміри


Магнітострикційні рівнеміри відносяться до датчиків поплавкового типу, які використовують в основі процесу вимірювання магнітострикційний ефект.

До складу датчика входить хвилевід, укладений в захисну трубу або гнучкий шланг (зонд), сенсорна головка, всередині якої розміщена електронна схема обробки сигналу, і поплавок із вбудованими постійними магнітами.

Зонд занурюється в технологічне середовище. Поплавок вільно рухається вздовж зонда. Пристрій не містить інших рухомих частин. Відсутність механічного зв'язку між поплавком і зондом виключає знос рухомих частин і робить конструкцію пристрою надзвичайно надійною і не вимагає обслуговування в ході експлуатації. Використання магнітострикційного методу дозволяє отримувати високоточні і стабільні результати вимірювань. Укупі з високою надійністю це робить магнітострикційні датчики рівня одним з найкращих рішень в системах контролю рівня і комерційного обліку продукції.

Модифікації магнітострикційних рівнемірів

Марка приладу	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювання	температура продукту	тиск продукту	Контроль розділу середовищ
 NivoTrack	0,5...4,5 м 2...15 м	± 0,1 мм чи ± 1,0 мм	-40...+90 °С	<25 бар	без контролю розділу середовищ
 FineTEK EG	0,025...5,5 м	± 0,05 % чи ± 0,01 % від діапазону вимірювання чи ± 0,1 мм	-40...+200 °С	<30 бар	контроль розділу середовищ

	0,04...4 м	± 0,1 мм чи ± 1,0 мм	-40...+160 °С	50 бар	без контролю розділу середовищ
---	------------	-------------------------	---------------	--------	--------------------------------

Призначення магнітострикційних рівнемірів

Ряд переваг магнітострикційних датчиків, які зумовлюють коло розв'язуваних ними завдань:

- висока точність і роздільна здатність методу вимірювання;
- безперервність вимірювань, обумовлена швидкодією методу;
- висока надійність і відмовостійкість конструкції.

Тому магнітострикційні рівнеміри доцільно застосовувати в наступних випадках:

- в установках комерційного обліку продукції, що випускається і споживаної продукції та вихідної сировини;
- в установках, що працюють при низьких температурах і високих тисках;
- в установках, що працюють з агресивними матеріалами і пінистими рідинами;
- при необхідності контролю кордонів розділу двох середовищ або контролю двох продуктів одночасно.

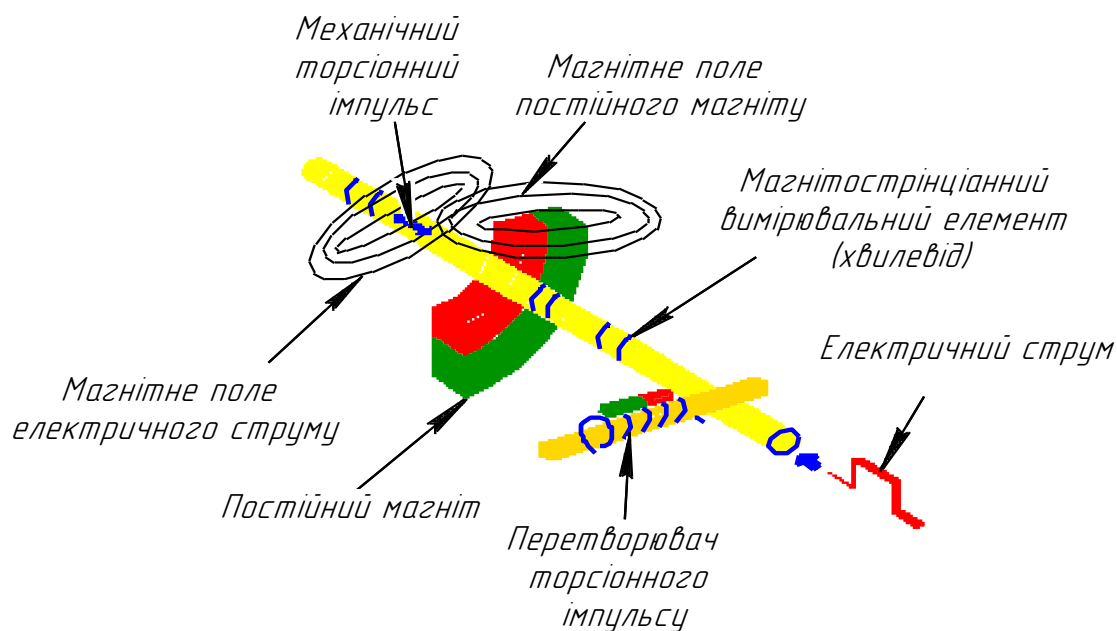
Застосування магнітострикційних рівнемірів

Технічні характеристики магнітострикційних рівнемірів дозволяють використовувати ці пристрої для вирішення виробничих задач, де потрібна надійна безперебійна робота датчиків з високою точністю вимірювань:

- в харчовому, фармацевтичному та хімічному виробництвах для високоточної оцінки і дозування вихідної сировини, дорогих складових рецептур і комерційного обліку вихідного продукту;
- в хімічному виробництві для роботи з агресивними і пінистими рідинами;
- в нафто газопереробній промисловості для комерційного обліку скрапленого газу та легких нафтопродуктів;
- в паливній промисловості для контролю кількості бензину на заправних станціях;
- в металургії і на судновому транспорті - для цілей контролю рівня води в резервуарах і баках виробничих, господарських та побутових потреб, вимірювання об'єму та маси палива в паливних баках, визначення рівня використаної води в резервуарах.

Принцип дії магнітострикційних рівнемірів

Принцип дії цього типу рівнемірів заснований на використанні явища магнітострикції, характерному для ферромагнітних матеріалів (залізо, нікель, кобальт, ряд сплавів). Хвилевід датчика виконується з ферромагнітного матеріалу. Зонд з хвилеводом занурюється в контрольоване середовище. Поплавок з вбудованими магнітами має можливість вільно переміщатися уздовж хвилевода (зонда) відповідно до рівня рідини в резервуарі.



Працює пристрій наступним чином. Електронний блок датчика генерує імпульс струму, що протікає по хвилеводу. Струм створює навколо хвилевода концентричне магнітне поле. У тому місці, де поле хвилевода-провідника взаємодіє з полем постійних магнітів, вбудованих в поплавок, виникає торсійне (скручуєче хвилевід) зусилля, що приводить до місцевої деформації матеріалу хвилевода. В силу пружних властивостей матеріалу хвилевода, деформація починає поширюватися у вигляді хвилі в обидві сторони з ультразвуковою швидкістю. На нижньому кінці хвилевода хвиля загасає, а на верхньому - фіксується спеціальним пристроєм. За часом запізнювання приходу хвилі щодо моменту формування імпульса струму можна судити про відстань до поплавка, тобто до поверхні рідини в резервуарі.

Використання описаних вище фізичних принципів створює очевидні переваги магнітострикційних рівнемірів:

- відсутність механічних зв'язків між частинами, що рухаються, пристрій забезпечує високу відмовостійкість і надійність і мінімізує експлуатаційні витрати;
- вимір рівня відбувається за допомогою вимірювання часових проміжків, цим забезпечується висока роздільна здатність і точність вимірювань;
- оскільки імпульс струму і хвиля механічної деформації поширюється по провіднику хвилевода, стан навколишнього і контрольованою середовищ дуже мало впливає на результати вимірювань. Пристрій може працювати при високих

температурах і тисках середовища, при кипінні рідини і газоутворення в резервуарі;

- зовнішні механічні дії не можуть викликати торсіонних деформацій хвилевода, тому результати вимірювань мало залежать від вібрацій, поштовхів, ударів і акустичних впливів на датчик.

Порівняльні показники різних типів рівнемірів

У таблиці наведено порівняння за основними якостями рівнемірів, заснованим на різних фізичних принципах.

Тип	Магнітострикційні	Ультразвукові	Мікрохвильові радарні	Гідростатичні	байпасні	ємнісні
Діапазон вимірювань, м	0,5...15	0,4...40	0,3...70	0...100	0,5...6,5	0,2...20
Похибка	± 0,1 мм; ± 1,0 мм; ± 0,05 %; ± 0,01 %	< ± 0,25 %	< ± 0,1%	< 0,3 %	Візуальний контроль по ціні поділки	< ± 1,0 %
Тиск робочого середовища, бар	< 50	-0,25...5	< 400	< 100	<2 60	< 40
Температура робочого середовища, °С	-40...+200	-40...+80	-60...+400	-10...+150	-50...+450	-40...+200
Вихідні сигнали	HART RS485 4...20 мА	HART RS282 RS485 4...20 мА	HART 4...20 мА	4...20 мА	Візуальний контроль	HART 4...20мА
Вимірювані рідини	Нафта і нафтопродукти, паливо, вода, спирти, розчинники, скраплений газ, алкогольні напої, пиво, соки	Нафта і нафтопродукти, паливо, вода, спирти, розчинники, харчові продукти: соуси і напої	Нафта і нафтопродукти, паливо, вода, спирти, розчинники, скраплений газ, харчові продукти: соуси і напої	Нафта і нафтопродукти, паливо, вода, спирти, розчинники, скраплений газ, алкогольні напої, пиво, соки	Легкі масла, скраплений газ, вода, харчові продукти, продукти фармацевтичного виробництва	Вода, напої в харчовому виробництві: алкоголь, пиво; фармацевтичні суміші, рідини хімічного виробництва
Контроль розділу середовищ	Можливо на окремих моделях	можливо	можливо	відсутня	можливо	відсутня
Порівняльна вартість	Середня	Середня	висока	Середня	висока	низька

Рекомендації по вибору магнітострикційних рівнемірів

Поплавкова конструкція і використовуваний магнітострикційний метод вимірювань, поряд з очевидними перевагами, мають ряд недоліків, що накладають обмеження на застосування датчиків в конкретних технічних випадках. Зупиняючи свій вибір на магнітострикційних рівнемірах, замовник повинен обов'язково враховувати наступні основні обмеження:

- утворення хвиль і турбулентності рідини в резервуарі впливає на точність вимірювань. Тому датчики повинні встановлюватися на максимальному видаленні від пристроїв заповнення і дренажу ємності;
- використання поплавця конструкції неприйнятно в випадках рідин, що володіють високою в'язкістю і таких, де може утворюватися налипання продукту, відкладення осаду і домішок на зонді і поплавці;
- оскільки взаємодія поплавка і зонда відбувається за допомогою електромагнітного поля, використання таких датчиків неприпустимо поблизу випромінювачів сильних електромагнітних полів, а так само в разі присутності в вимірюваній середовищі металевих частинок і тирси.

Дотримання цих обмежень дозволить максимально використовувати корисні якості приладів. При виборі конкретного типу датчиків слід орієнтуватися на основні параметри, що характеризують якість роботи - діапазон вимірювань, тиск і температуру контролюваного середовища, похибка вимірювань. При необхідності роботи з агресивними рідинами слід вибрати зонди з пластиковим покриттям. У тих випадках, коли необхідно проводити виміри в високих резервуарах з великим діапазоном вимірювань, або при необхідності переміщень приладу, бажано вибрати гнучкий зонд. Ця опція доступна в сімействі магнітострикційних перетворювачів типу NivoTrack. Для невеликих ємностей слід вибрати жорсткий зонд.

Для всіх компаній-виробників характерний приблизно однаковий набір вихідних параметрів сигналів, що дозволяє використовувати датчики в автоматизованих системах контролю. Практично однаковий і набір сертифікатів по вибухобезпеки і іскробезпеки. Це дозволяє без сумнівів використовувати рівнеміри NivoTrack для цілей комерційного обліку продукції і точного дозування складових рецептур.

Компанії-виробники дають можливість при замовленні приладів досить різноманітно поєднувати вимоги до датчиків, не сильно обмежуючи замовника стандартним набором параметрів. Тільки лінійка приладів EG компанії FineTek дещо більше структурована за функціональними ознаками. Розрізняють моделі «стандартної» серії EG1, високоточних серій EG32 і EG34, вибухозахищених та призначених для роботи в агресивних середовищах серій EG36 і EG37. Серед останніх - прилад EG371, єдиний, що дозволяє здійснювати контроль кордону розділу двох середовищ або одночасний контроль рівня двох продуктів.

Прилади типу MLT, при збереженні на досить високому рівні інших параметрів, відрізняються адаптивністю до вельми високим рівням тисків (до 50 бар).

Датчики всіх компаній-виробників комплектуються наборами різних типів поплавців, що підбираються, в основному, по щільності робочого середовища.

Магнітні перетворювачі рівня

Магнітні рівнеміри подібні за конструкцією з магнітними сигналізаторами граничного рівня. Постійний магніт, змонтований в поплавці розташованому на направляючій, викликає спрацьовування магніточутливих контактів

розташованих в направляючій. При спрацьовуванні контакти включають послідовно розташовані резистори, таким чином, при переміщенні поплавка загальний опір резистивного модуля всередині направляючої безперервно змінюється з дискретністю відповідної роздільної здатності рівнеміра. Магнітні рівнеміри внаслідок простоти фізичного принципу вимірювання, не потребують скільки-небудь значному технічному обслуговуванні, не вимагають регулювання, прості в монтажі і економічно привабливі. Обмеження щодо застосування обумовлені в першу чергу щільністю вимірюваної рідини і розміром поплавка.



Магнітні рівнеміри рідини

Магнітні рівнеміри рідини призначені для вимірювання рівня рідини, а також визначення розділу фаз рідких середовищ як у відкритих ємностях, так і в судинах під тиском (до 30 бар).

Магнітні перетворювачі рівня розраховані на застосування з агресивними, токсичними і горючими речовинами і забезпечують економічне рішення задач рівнеметрії в різних галузях промисловості.

Модельний ряд магнітних рівнемірів

Модельний ряд магнітних рівнемірів для рідких середовищ представлений наступними серіями

Модель	Діапазон вимірювання	Робоча температура	Номинальний тиск	щільність середовища	клас захисту	Особливості
 UQZ	0...6000 мм	-20...+120 °C	25 бар	$\geq 0,65$ г/см ³	IP65	вибухозахищені: ExdIICT4-T6, ExiaIICT4-T6
 FineTek FG	150...30000 мм	-20...+200 °C	30 бар	$> 0,45$ г/см ³	IP65 IP67	Морський сертифікат: ABS, DNV, BV, LR, GL

Принцип роботи магнітних рівнемірів

Магнітний рівнемір рідини являє собою конструкцію у вигляді датчика і перетворювач сигналу. Поплавок датчика може бути виконаний з нержавіючої сталі SUS 314 або SUS 316, полімерних матеріалів (ПП, ПВДФ), в залежності від вимірюваного середовища. Для низькотемпературних виконань матеріал корпусу

перетворювач виготовляється з ПП, ПК, для високотемпературних виконань з алюмінію і нержавіючої сталі SUS 316.

Принцип роботи магнітних рівнемірів заснований на переміщенні поплавця уздовж стрижня. На вбудовані в трубку датчика геркони впливає магнітне поле поплавка. При цьому відбувається послідовне розмикання і замикання герконів.

У сенсорів датчика змінюється сумарний опір, який визначається положенням поплавця, розміщеного на стрижні рівнеміра. Положення поплавця, в свою чергу, залежить від рівня рідини в резервуарі.

Область застосування магнітних рівнемірів рідини

Магнітно-поплавкові перетворювачі рівня можуть застосовуватися як в герметичних ємностях, що знаходяться під тиском, так і у відкритих, пов'язаних з атмосферою.

Датчики використовуються в галузях промисловості, де необхідні регулярні виміри рівня паливо-мастильних матеріалів (ПММ), води та інших технічних рідин:

- виробництво нафтопродуктів;
- підприємства енергетики;
- хімічна та легка промисловість;
- фармацевтика;
- целюлозне виробництво.

Конструкції магнітних перетворювачів рівня можуть мати можливість верхнього або бокового монтажу.

Призначення поплавкових рівнемірів рідини

Завдяки поплавковим рівнемірам для рідини можливе отримання найточніших даних, незважаючи на велику складність промислових умов:

- високий тиск;
- утворення піни;
- підвищені температури;
- конденсація і пар;
- підвищена запиленість в приміщенні.

Переваги магнітних перетворювачів рівня

- Відсутність необхідності в джерелі електроживлення для датчика;
- Не схильні до впливу хвилювання на поверхні рідини і сильної вібрації;
- Захист датчика від зовнішніх впливів спеціальною демпферною трубкою;
- Здатність витримувати температуру до + 200 °С при роботі в хімічно агресивних середовищах;
- Стійкість до зовнішніх впливів мішалок, піни і утворення бульбашок;
- Висока надійність роботи і простота конструкції;
- Простий монтаж і відсутність калібрування.

недоліки

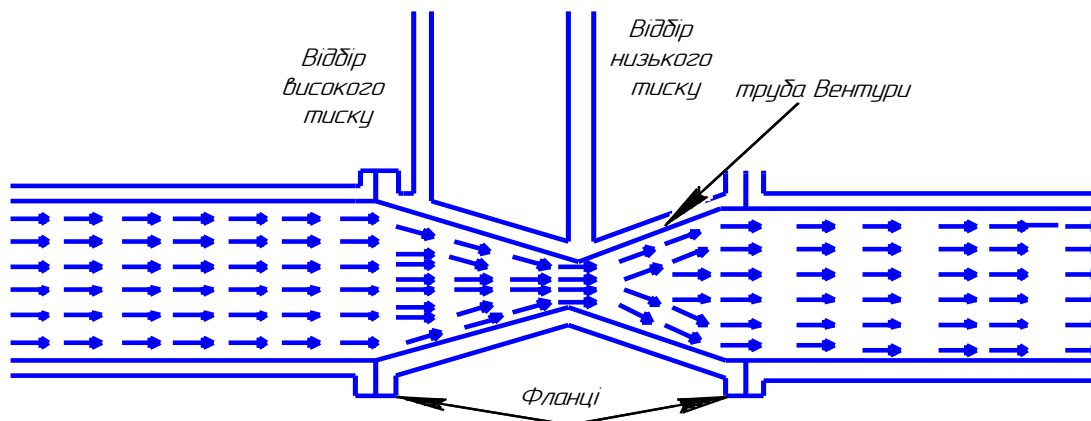
Як і у будь-яких інших приладів, у магнітних перетворювачів рівня є свої недоліки. Цей тип датчиків не підходить для роботи з липкими і швидко засихаючими рідкими середовищами, а також в рідинах, в яких містяться різні механічні включення.

4.2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ВИТРАТИ РІДИНИ

Витратоміри змінного перепаду тиску

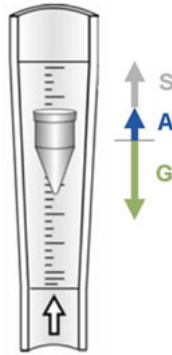
У витратомірах такого типу використовують залежність перепаду тиску від витрати речовини. Витратоміри змінного тиску діляться на:

- відцентрові;
- ударно-струменеві;
- витратоміри зі звужуючим пристроєм;
- витратоміри з гідравлічним опором;
- витратоміри з напірним пристроєм.



Найпростішим і популярним приладом для вимірювання витрати такого типу є витратомір з діафрагмою, тобто звужуючим пристроєм потоку рідини.

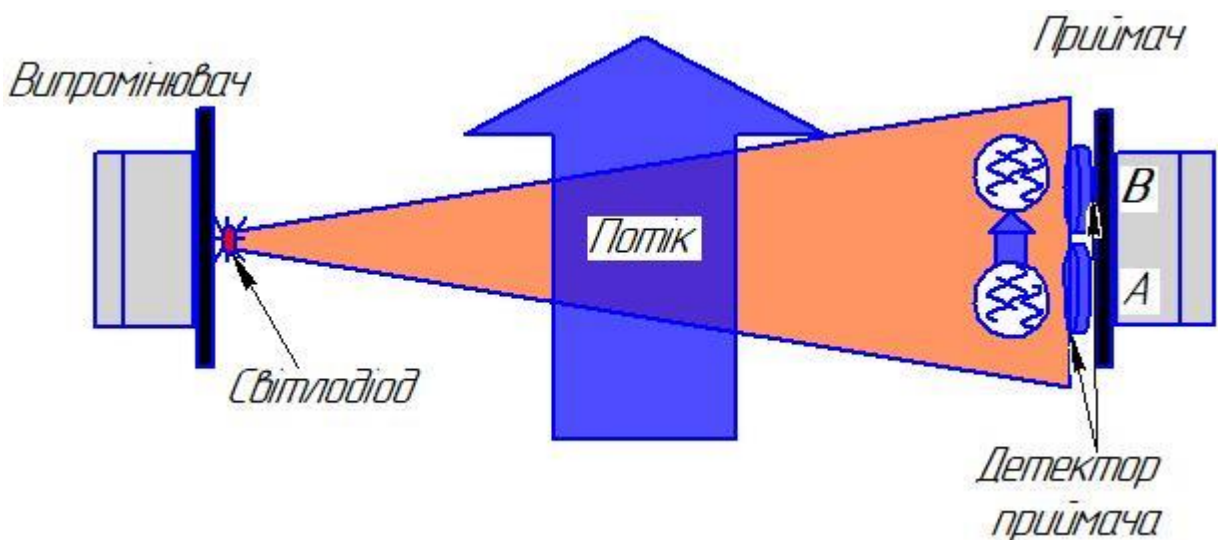
У трубі ставлять звуження потоку і вимірюється різниця тиску перед діафрагмою і в її отворі. За різницею тисків розраховується витрата речовини. Такий тип датчиків простий у виготовленні і може застосовуватися майже для будь-яких видів рідин. Але даний метод вимірювання витрати дуже важко застосовувати в системах з малою витратою, в пульсуючих потоках, а також в речовинах, що змінюють свій стан.



Витратоміри постійного перепаду тиску

Витратоміри постійного перепаду тиску також відомі як витратоміри обтікання. Принцип дії таких витратомірів заснований на реакції чутливого елемента на натиск. Яскравим прикладом є ротаметр. Ротаметр має форму вертикальної конічної труби, в якій знаходиться поплавець спеціальної форми. Речовина рухається вгору по трубі і піднімає поплавок, поки сили, що піднімають поплавок, і сила гравітації не врівноважаться.

Оптичні витратоміри



Оптичні витратоміри вимірюють витрату речовини, використовуючи залежність оптичних ефектів від швидкості руху речовини.

Такі витратоміри використовують ефект Фізо-Френеля. За допомогою цього ефекту визначають залежність швидкості світла в рухомому середовищі і швидкість руху середовища. Оптичні витратоміри застосовують в агресивних середовищах і в умовах високих і низьких температур.

Акустичні витратоміри

Принцип дії акустичних витратомірів заснований на вимірюванні ефекту, що виникає при проходженні акустичних коливань через речовину. Акустичні

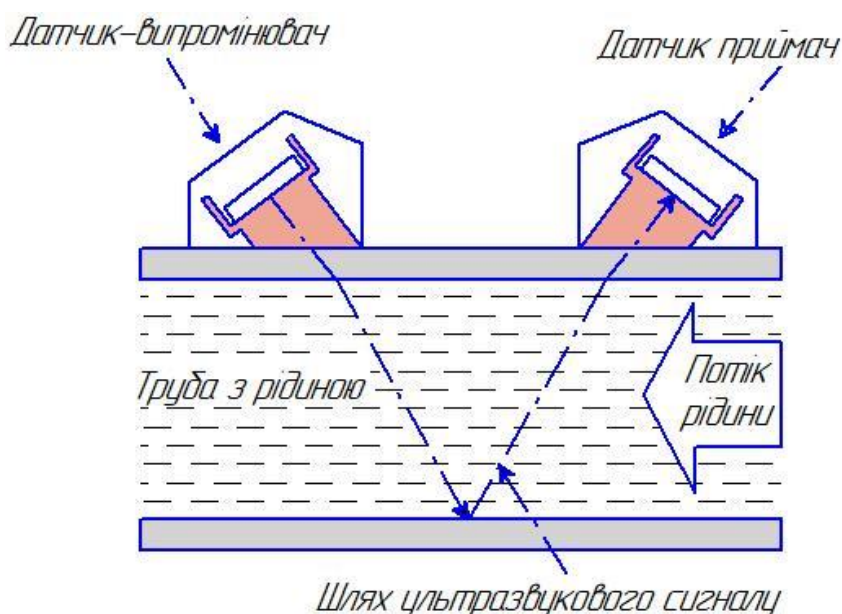
витратоміри називають ультразвуковими, тому що більшість з них працює в ультразвуковому діапазоні.



До ультразвуковим витратомірам відносяться:

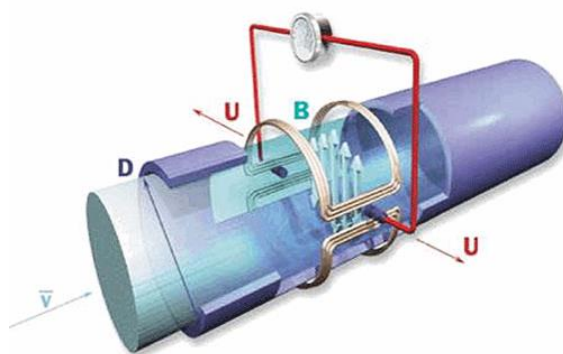
- ультразвукові часо-імпульсні;
- ультразвукові фазового зсуву;
- ультразвукові доплерівські;
- ультразвукові кореляційні.

Найбільше застосування отримали ультразвукові витратоміри, які вимірюють різницю часу проходження коливань по потоку і проти нього. На такому принципі заснований датчик Dynasonics TFXL.



Ультразвукові витратоміри можуть застосовуватися в агресивних середовищах, в діелектричних середовищах і в трубах майже будь-якого діаметру. Точність вимірювання таких витратомірів висока в широкому діапазоні. Ультразвукові витратоміри частіше застосовують як прилад для вимірювання витрати та кількості рідини, так як газ має малий акустичний опір і в ньому важче отримати акустичні коливання. Також ультразвукові датчики сильно залежать від ступеня забрудненості речовини. Довжина хвилі повинна бути на порядок більше діаметру твердих частинок.

Електромагнітні витратоміри



Принцип дії електромагнітних витратомірів заснований на законі Фарадея. Потік рідини поміщають між полюсами магніту і заміряють ЕРС. Застосовують як постійні магніти, так і електромагніти, що живляться змінним струмом. Труба в зоні установки витратоміра повинна бути виконана з непровідного немагнітного матеріалу.

Електромагнітні витратоміри застосовують в різних областях, в тому числі в медицині, біохімічній і харчовій промисловості, так як вони мало інертні, встановлюються із зовні трубопроводу, дозволяють вимірювати дуже малі витрати. До недоліків електромагнітних витратомірів можна віднести наступні: вони не можуть застосовуватися для вимірювання витрати речовин з малою електропровідністю, витратоміри чутливі до неоднорідностей, турбулентностям, паразитних струмів заземлення.

Витратоміри можуть забивати труби металевим сміттям.

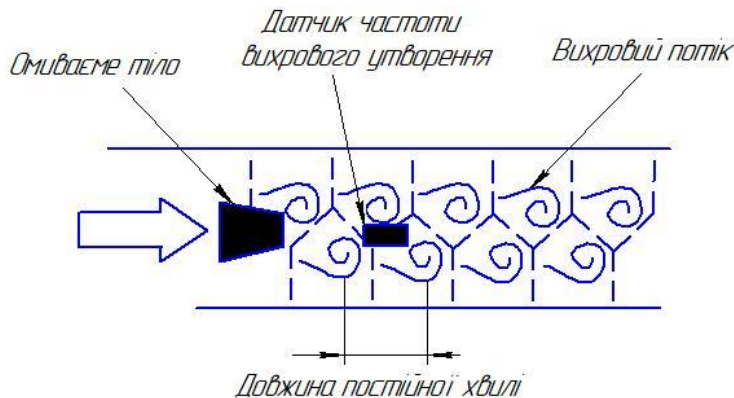


Коріолісові або масові витратоміри

Даний вид приладів використовує ефект Коріоліса для вимірювання масової витрати. Принцип дії витратоміра заснований на вимірюванні різниці фаз коливань на вході і на виході вимірювальних трубок. Розглянемо як це працює на прикладі витратоміра RCT 1000. Котушка збудження створює коливання у витратомірній трубці. Коли рідини немає, коливання на вимірювальних котушках збігаються по фазі. Але при наявності потоку починає діяти сила Коріоліса, через

яку коливання на вході і на виході починають відрізнятися. Знаючи різницю фаз коливань, витратомір визначає масову витрату. Щільність рідини визначається за періодом коливань.

Вихрові витратоміри

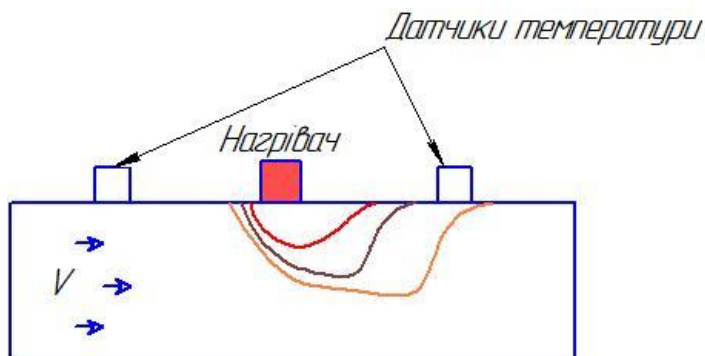


Вихрові витратоміри використовують ефект вихрової доріжки Кармана для вимірювання витрати. За тілом обтікання в потоці утворюється система вихорів. Частота вихорів пропорційна швидкості потоку. Пульсації тиску, що виникають в потоці вихорів за тілом обтікання, реєструються датчиками. Такий тип витратомірів забезпечує низьку відносну похибку + (0,2-1,5)% в широкому динамічному діапазоні.

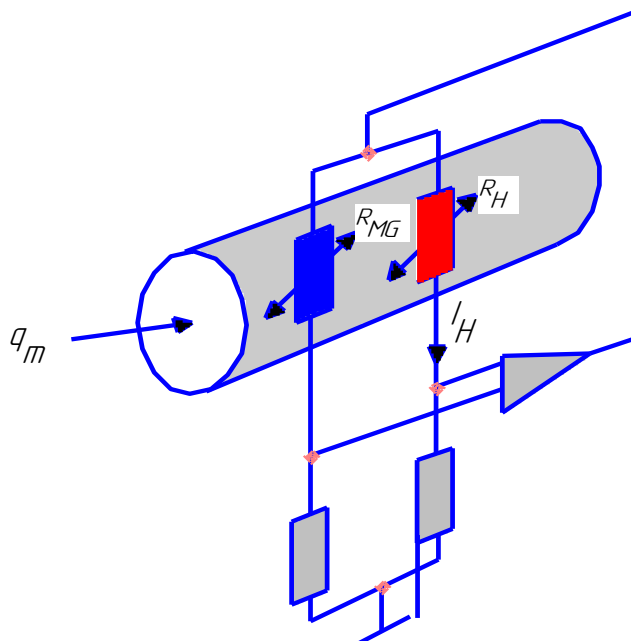
Теплові витратоміри

Теплові витратоміри засновані на вимірюванні швидкості потоку за ефектом теплового нагріву потоку або тіла в потоці. Теплові витратоміри діляться на такі види: калориметричні, термоконвективні і термоанемоментричні.

Калориметричні і термоконвективні витратоміри вимірюють різницю температур при постійній потужності нагріву. Перевагою калориметричних і термо конвективних витратомірів є сталість теплоємності при зміні витрати. Крім того термо конвективні витратоміри не контактують з речовиною, так як розташовуються зовні трубопроводу. Але ці види теплових витратомірів мають велику інерційність.



Термоанемоцентричні витратоміри засновані на залежності між втратою тепла тіла, що нагрівається і швидкістю речовини, в якому воно знаходиться. У витратомірах даного типу вимірюється опір, за яким визначається швидкість потоку. Термоанемометри мало інерційні, але застосовуються в основному для вимірювання місцевої швидкості і вектору швидкості.



q_m – масова витрата газу, R_{MG} – датчик вимірювання температури газу, R_H – нагрівний резистор, I_H – реальна температура нагрівання

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТОМІРА

Вихідні дані.

Розрахувати параметри вимірювального комплексу витратоміра. Вихідні дані по варіантам множаться на множник вказаний викладачем.

Вихідні дані	Умовне позначення	Одиниця величини	Значення
Вимірюване середовище	суміш газів		молярна концентрація
Етан	(C ₂ H ₆)		0,54
Бутан	(C ₄ H ₁₀)		0,3
Пропан	(C ₃ H ₈)		0,1
Вуглекислий газ	(CO ₂)		0,05
Азот	(N ₂)		0,01
Найбільша вимірювана витрата, приведена до нормального стану	$Q_{\text{ном.мак}}$	м ³ /год	0,111
Мінімальна вимірювана витрата, приведена до нормального стану	$Q_{\text{ном.мін}}$	м ³ /год	0,056
Температура газу перед пристроєм	t	°C	75 ± 2

звуження			
Надлишковий тиск газової суміші	P_i	кПа	610 ± 4
Атмосферний (барометричний) тиск	P_b	кПа	100
Допустима залишкова втрата тиску газового потоку при проходженні через звуження потоку при максимальній витраті	$P'_{пд}$	кПа	3
Відносна вологість	φ	%	60
Матеріал пристрою	сталь 0X17T		
Місцевий опір на вимірювальній ділянці трубопроводу			
до пристрою звуження	запірний вентиль		
після пристрою звуження	коліно з поворотом потоку на 90°		
Відстань між місцевими опорами	D20	мм	35
Вибір пристрою звуження і меж вимірювання			
Тип пристрою звуження	діафрагма		
Спосіб відбору перепаду тиску	кутовий камерний		
Верхня межа вимірювання витрати	$Q_{ном.пр}$	m^3/c	0,125

1 Вихідні дані

1.1 Вимірюване середовище - суміш газів, задана молярна концентрації вздовж одиниці

N_1 :- 0.54 N_2 :- 0.3 N_3 :- 0.1 N_4 :- 0.05 N_5 :- 0.01

1.2 Найбільша вимірювана витрата, приведена до нормального стану

$Q_{ном\max}$:- 0.111

1.3 Мінімальна вимірювана витрата, приведена до нормального стану

$Q_{ном\min}$:- 0.056

1.4 Температура газу перед пристроєм звуження

t :- 75

1.5 Надлишковий тиск газової суміші

P_i :- 610

1.6 Атмосферний (барометричний) тиск

P_6 :- 100

1.7 Допустима залишкова втрата тиску газового потоку при прох одженні через звуження потоку при максимальній витраті

$P_{пд}$:- 3

1.8 Відносна вологість

φ :- 0.6

1.9 Матеріал пристрою – сталь 0X17T.

1.10 Місцеві опори на вимірювальній ділянці трубопроводу: до пристрою звуження - запірний вентиль; після пристрою звуження - коліно з поворотом потоку на 90°.

1.11 Відстань між місцевими опорами

D :- 35

2 Вибір пристрою звуження і меж вимірювання

2.1 Тип пристрою звуження - діафрагма.

2.2 Спосіб відбору перепаду тиску - кутовий камерний.

2.3 Верхня межа вимірювання витрати

$Q_{ном\uparrow}$:- 0.125

3 Визначення відсутніх для розрахунку даних

3.1 Абсолютний тиск газу

$$P_{i\text{МПа}} := \frac{P_i}{1000} \quad P_{6\text{МПа}} := \frac{P_6}{1000}$$

$$P := P_{i\text{МПа}} + P_{6\text{МПа}} \quad P = 0.71$$

3.2 Абсолютна температура газу

$$T := 273.15 + t \quad T = 348.15$$

3.3 Визначення внутрішнього діаметра трубопроводу при 20 °С

3.3.1 Наближене значення внутрішнього діаметра трубопроводу при 20 °С

$$D_{20} := 8.54 \cdot \sqrt{\frac{T}{P} \cdot Q_{\text{ном,пр}}} \quad D_{20} = 66.86 \quad \text{round}(D_{20},1) = 66.9$$

Отримане значення відповідає діаметру умовного прохода

$$D_y := 65$$

Мінімальна товщина стінки труби

$$h_{\text{min}} := 0.5 \cdot \frac{P_{\text{пр}} \cdot D_y}{\sigma_B} \quad \sigma_B := 353 \quad P_{\text{пр}} := 0.9 \quad h_{\text{min}} = 0.083$$

3.5 Уточнення розмірів труби, вибір фланців і камер

3.5.1 Виходячи зі значень діаметра умовного проходу $D_y = 65$ мм і умовного тиску $P_y = 0,63$ МПа, вибираємо камерну діафрагму ДКС 10-65 виконання 1.

3.5.2 Виходячи з умовного тиску $P_y = 0,63$ МПа, вибираємо фланець сталевий приварений встик з ущільнювальною поверхнею виконання 2.

3.5.3 Діаметр отвору обраного фланця $d_1 = 66$ мм. Виходячи з цього вибираємо трубу із зовнішнім діаметром $D_n = 68$ мм і товщиною стінки $h = 1$ мм.

3.5.4 Внутрішній діаметр труби при 20 °С

$$D_n := 68 \quad h := 1 \quad D_{20} := D_n - 2 \cdot h \quad D_{20} = 66$$

3.6 Визначення внутрішнього діаметра трубопроводу при робочій температурі

3.6.1 Тепловий коефіцієнт лінійного розширення матеріалу трубопроводу

$$\beta_t := 11.1 \cdot 10^{-6}$$

3.6.2 Внутрішній діаметр трубопроводу при робочій температурі 75 °C

$$D := D_y \cdot [1 + \beta_t \cdot (t - 20)]$$

$D = 65.04$

3.7 Визначення показника адиабати газової суміші

3.7.1 Показники адиабати складових газової суміші

$$x_1 := 1.2 \quad x_2 := 1.1 \quad x_3 := 1.16 \quad x_4 := 1.31 \quad x_5 := 1.4$$

3.7.2 Показник адиабати суміші газів

$$X := x_1 \cdot N_1 + x_2 \cdot N_2 + x_3 \cdot N_3 + x_4 \cdot N_4 + x_5 \cdot N_5 \quad X = 1.173$$

3.8 Визначення щільності газової суміші при нормальних умовах.

3.8.1 Густина складових газової суміші при нормальних умовах

$$\rho_{ном1} := 1.2600 \quad \rho_{ном2} := 2.4947 \quad \rho_{ном3} := 1.8659 \quad \rho_{ном4} := 1.8346 \quad \rho_{ном5} := 1.1889$$

3.8.2 Щільність газової суміші при нормальних умовах

$$\rho_{ном} := N_1 \cdot \rho_{ном1} + N_2 \cdot \rho_{ном2} + N_3 \cdot \rho_{ном3} + N_4 \cdot \rho_{ном4} + N_5 \cdot \rho_{ном5} \quad \rho_{ном} = 1.719$$

3.9 Визначення коефіцієнта стиску газової суміші

3.9.1 Так як щільність газової суміші при нормальних умовах

$$\rho_{ном} = 1,7190 > 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

то коефіцієнти стиску складових газової суміші при $t = 75 \text{ °C}$ і $P = 0,71$

МПа, визначаємо за графіками залежності коефіцієнтів стиску газів

від тиску і температури. Щоб скористатися графіками, абсолютний

тиск вимірюваного середовища представимо в $\left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}\right]$

$$P := P \cdot 10^6 \cdot 1.01972 \cdot 10^{-5} \quad P = 7.24$$

$$K_1 := 0.96 \quad K_2 := 0.87 \quad K_3 := 0.93 \quad K_4 := 0.98 \quad K_5 := 1$$

3.9.2 Коефіцієнт стиску газової суміші

$$K := N_1 \cdot K_1 + N_2 \cdot K_2 + N_3 \cdot K_3 + N_4 \cdot K_4 + N_5 \cdot K_5 \quad K = 0.931$$

3.10 Щільність водяної пари

$$\rho_{\text{нп}} := 0.2420$$

3.11 Температура насиченої водяної пари при $P = 7,3$

$$t_{\text{нас}} := 165.57$$

3.12 Перевірка умови $t < t_{\text{нас}}$.

3.13 Так як $t < t_{\text{нас}}$, то найбільша можлива щільність пара при вологому газі при $P = 0,71$ МПа і $t = 75$ °С

$$\rho_{\text{вп, max}} := 0.2420$$

3.14 Тиск насиченої водяної пари при $t = 75$ °С

$$P_{\text{нп}} := 0.04$$

3.15 Так як $t < t_{\text{нас}}$, то найбільше можливий тиск водяної пари у вологому газі при $P = 0,71$ МПа і $t = 75$ °С

$$P_{\text{вп, max}} := P_{\text{нп}}$$

3.16.1 Псевдокритичний тиск газової суміші

$$P_{\text{ПК}} := 30.168 \cdot [0.05993 \cdot (26.831 - P_{\text{ном}}) + (N_4 - 0.392 \cdot N_5)] \quad P_{\text{ПК}} = 46.792$$

3.16.2 Приведений тиск газової суміші

$$\frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{ПК}}} := \frac{P}{P_{\text{ПК}}} \quad P_{\text{пр}} = 0.155$$

3.16.3 Псевдокритична температура газової суміші

$$T_{\text{ПК}} := 88.25 \cdot [1.7591 \cdot (0.56364 + P_{\text{ном}}) - (N_4 - 1.681 \cdot N_5)] \quad T_{\text{ПК}} = 351.432$$

3.16.4 Приведена температура газової суміші

$$\frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{ПК}}} := \frac{T}{T_{\text{ПК}}} \quad T_{\text{пр}} = 0.991$$

3.16.5 Динамічна в'язкість газової суміші в робочих умовах

$$\mu := 5.073 \cdot 10^{-6} \cdot [1 + 1.7190 \cdot (1.105 - 0.25 \cdot P_{\text{ном}})] \cdot [0.99 \cdot (1 - 0.1038 \cdot T_{\text{пр}}) + 0.037] \cdot \left[1 + \frac{P_{\text{пр}}^2}{30 \cdot (T_{\text{пр}} - 1)} \right]$$

$$\mu = 9.275 \times 10^{-6} \quad \mu := 9.3 \cdot 10^{-6}$$

3.17 Щільність сухої частини вологої газової суміші в робочих умовах

$$\rho_{\text{сг}} := 2.8932 \cdot 10^{-3} \cdot 1.719 \cdot \frac{0.71 \cdot 10^6 - \phi \cdot 0.04 \cdot 10^6}{T \cdot K} \quad \phi := 0.6$$

$\rho_{\text{сг}} = 10.521$

3.18 Щільність вологої газової суміші в робочих умовах

$$\rho_{\text{вг}} := \rho_{\text{сг}} + \phi \cdot \rho_{\text{вп, max}} \quad \rho_{\text{вг}} = 10.667$$

4 Визначення додаткових величин

4.1 Допустима втрата тиску при обраній верхній межі вимірювання

$$\rho_{\text{пд}} := \rho_{\text{пд}} \cdot \left(\frac{Q_{\text{ном пр}}}{Q_{\text{ном max}}} \right)^2 \quad \rho_{\text{пд}} = 3.8$$

Так як в номограмме для визначення граничного номінального перепаду тиску дифманометра і m-діафрагм втрата тиску представлена в кгс/см², то приводимо до тих одиницям

$$\rho_{\text{пд}} := \rho_{\text{пд}} \cdot 1.01972 \cdot 10^{-2} \quad \rho_{\text{пд}} = 0.039$$

4.2 Додаткова величина С

$$C := \frac{Q_{\text{ном пр}} \cdot T \cdot K \cdot \sqrt{\rho_{\text{вг}}}}{0.010064 \cdot 0.065^2 \cdot (0.71 \cdot 10^6 - 0.6 \cdot 0.04 \cdot 10^6)} \quad C = 4.538$$

4.3 Граничний номінальний перепад тиску на пристрої звуження потоку

$$\Delta P_{\text{пр}} := 400 \quad \Delta P_{\text{пр1}} := \frac{\Delta P_{\text{пр}}}{100} \quad \Delta P_{\text{пр1}} = 4$$

4.4 Наближене значення відносної площі пристрою звуження

$$m := 0.36$$

4.5 Втрата тиску вимірюваного середовища при проходженні через звуження потоку

$$P_{\text{п}} := 0.025 \cdot 98.0665 \quad P_{\text{п}} = 2.452$$

Так як $P_n < P_{нр}$, розрахунок продовжуємо.

4.6 Оцінка числа Рейнольдса, мінімальне значення.

4.6.1 Число Рейнольдса при мінімальній витраті

$$Re_{min} := 1.2744 \cdot \frac{Q_{ном\min} \cdot \rho_{ном} \cdot v_{вг}}{D \cdot \rho_{ст} \cdot \mu} \quad Re_{min} = 2.057 \times 10^5 \quad D := 0.065$$

4.6.2 Перевірка умов. Отримане число Рейнольдса при мінімальній витраті більше мінімально допустимого для відносної площі пристрою звуження 0,36 для $0,20 < m \leq 0,59$, $Re_{min} = 10^4$.

5 Визначення параметрів пристрою звуження

5.1 Визначення коефіцієнта витрати при наближеному значенні відносної площі пристрою звуження.

5.1.1 Абсолютна шорсткість нової сталеві суцільнотягнутої труби не була в експлуатації. Приймаємо

$$k := 0.02$$

5.1.2 Число Рейнольдса при граничній витраті

$$Re_{max} := 1.2744 \cdot \frac{Q_{ном\пр} \cdot \rho_{ном} \cdot v_{вг}}{D \cdot \rho_{ст} \cdot \mu} \quad Re_{max} = 4.593 \times 10^5 \quad Re_{max} := 4.6 \cdot 10^5$$

5.1.4 Приблизне значення діаметра отвору діафрагми

$$D := 65.04$$

$$d := D \cdot \sqrt{m} \quad d = 39.02$$

Так як $d < 125$ мм, визначаємо поправочний множник на притуплення вхідного краю діафрагми

$$a := 1 + 0.011 \cdot \exp[-55.2 \cdot (0.065 - 0.05)^{1.3}]$$

$$b := 0.020 + 0.2558 \cdot 0.065 - 1.68 \cdot 0.065^2 + 2.867 \cdot 0.065^3$$

$$n := 4.25 + 142.94 \cdot (0.065 - 0.05)^{1.92}$$

$$K_p := a + b \cdot \exp[-n \cdot (m - 0.05)] \quad K_p = 1.017$$

5.1.5 Коефіцієнт витрати при наближеному значенні відносної площі пристрою звуження

$$\alpha := \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} \cdot 0.5959 + 0.0312 \cdot m^{1.05} - 0.1840 \cdot m^4 + 0.029 \cdot m^{1.25} \cdot \left(\frac{10^6}{R_{\max}} \right) \cdot K_{\text{л}}$$

$\alpha = 0.664$

5.2 Коефіцієнт розширення газової суміші при обраному номінальному перепаді тиску на діафрагму і наближеному значенні відносної площі пристрою звуження (перше значення)

$$P_{\dots} := 0.74$$

$$\epsilon_1 := 1 - (0.41 + 0.35 \cdot m^2) \cdot \frac{P_{\text{пл}}}{P \cdot X} \quad \epsilon_1 = 0.98$$

5.3 Допоміжна величина (перше значення)

$$m_{\alpha 1} := 3.1315 \cdot \frac{C}{\epsilon_1 \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{пл}} \cdot 10^3}} \quad m_{\alpha 1} = 0.229$$

5.4 Відносна площа пристрою звуження (перше значення)

$$m_1 := \frac{m_{\alpha 1}}{\alpha} \quad m_1 = 0.345$$

5.5 Визначення коефіцієнта витрати при першому значенні відносної площі пристрою звуження (перше значення)

5.5.1 Поправочний множник на притуплення вхідного краю діафрагми при першому значенні відносної площі (перше значення)

$$k_{n1} := a + b \cdot \exp[-n \cdot (m_1 - 0.05)] \quad k_{n1} = 1.017$$

5.5.2 Коефіцієнт витрати при першому значенні відносної площі діафрагми (перше значення)

$$\alpha_1 := \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} \cdot 0.5959 + 0.0312 \cdot m^{1.05} - 0.1840 \cdot m^4 + 0.0029 \cdot m^{1.25} \cdot \left(\frac{10^6}{R_{\max}} \right) \cdot K_{\text{л}}$$

$\alpha_1 = 0.648$ $\alpha_{1\dots} := 0.65$

5.6 Коефіцієнт розширення газової суміші при тому ж перепаді тиску на пристрої звуження потоку та першому значенні відносної площі (друге значення)

$$P_{\dots} := 0.71 \quad X = 1.17$$

$$\epsilon_2 := 1 - (0.41 + 0.35 \cdot m_1^2) \cdot \frac{P_{\text{пл}}}{P \cdot X} \quad \epsilon_2 = 0.979$$

5.7 Перевірка умови

$$\Delta \epsilon := \epsilon_2 - \epsilon_1 \quad \Delta \epsilon = -0.001$$

5.3 Допоміжна величина (друге значення)

$$m_{\alpha 2} := 3.1315 \cdot \frac{C}{\epsilon_2 \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{тр}1} \cdot 10^3}} \quad m_{\alpha 2} = 0.23$$

5.4 Відносна площа пристрою звуження (перше значення)

$$m_2 := \frac{m_{\alpha 2}}{\alpha} \quad m_2 = 0.346$$

5.5 Визначення коефіцієнта витрати при першому значенні відносної площі пристрою звуження (друге значення).

5.5.1 Поправочний множник на притуплення вхідного краю діафрагми при другому значенні відносної площі (друге значення)

$$k_{n2} := a + b \cdot \exp[-n \cdot (m_2 - 0.05)] \quad k_{n2} = 1.017$$

5.5.2 Коефіцієнт витрати при першому значенні відносної площі діафрагми (друге значення)

$$\alpha_2 := \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} \cdot 0.5959 + 0.0312 \cdot m_2^{1.05} - 0.1840 \cdot m_2^4 + 0.0029 \cdot m_2^{1.25} \cdot \left(\frac{10^6}{Re_{\text{max}}} \right) \cdot K_{\text{л}}$$
$$\alpha_2 = 0.648 \quad \alpha_2 := 0.65$$

5.6 Коефіцієнт розширення газової суміші при тому ж перепаді тиску на пристрої звуження потоку і другому значенні відносної площі (третє значення)

$$P_{\text{л}} := 0.71$$
$$\epsilon_3 := 1 - \left(0.41 + 0.35 \cdot m_2^2 \right) \cdot \frac{P_{\text{л}}}{P_{\text{л}}} \quad \epsilon_3 = 0.979$$

5.7 Перевірка умови

$$\Delta \epsilon := \epsilon_3 - \epsilon_2 \quad \Delta \epsilon = -0$$

Так як $|\Delta\varepsilon| < 0,0005$, умова виконується, для подальших розрахунків приймаємо значення коефіцієнта розширення газової суміші при проходженні через звуження потоку $\varepsilon = 0,9998$, коефіцієнт витрати $\alpha = 0,6522$ і відносну площу діафрагми $m = 0,3446$.

5.8 Визначення діаметра отвору діафрагми.

5.8.1 Поправочний множник на теплове розширення матеріалу діафрагми

$$kt1 := 1.0012 \qquad kt := 1.0006$$

5.8.2 Діаметр отвору діафрагми при 20 °С

$$d20 := \frac{D}{kt} \cdot \sqrt{m} \qquad d20 = 39.001$$

5.8.3 Допуск на відхилення розміру діаметра отвору діафрагми

$$\begin{aligned} \delta &:= 0.02 \\ \Delta d20 &:= \frac{\delta \cdot d20}{100} \qquad \Delta d20 = 0.008 \end{aligned}$$

6. Перевірка правильності розрахунку

6.1 Об'ємна витрата, приведена до нормального стану і відповідна граничному номінальному перепаду тиску на діафрагмі

$$\begin{aligned} \varepsilon &:= 0.9998 \qquad d21 := \frac{d20}{100} \qquad d21 = 0.39 \end{aligned}$$

$$Q_{ном,пр1} := 0.32137 \cdot 10^{-2} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot 1.0012 \cdot 0.038159^2 \cdot \frac{P \cdot 10^6 - \varphi \cdot P_{атм} \cdot 10^6}{T \cdot K} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 1^3}{P_1 \cdot Q_{ном,пр1}}} = 1.275 \times 10^{-1}$$

6.2 Відхилення отриманого значення витрати від заданого

$$\delta 1 := \frac{Q_{ном,пр1} - Q_{ном,пр1}}{Q_{ном,пр1}} \cdot 100 \qquad \delta 1 = 0$$

Так як відхилення розрахункового значення витрати менше допустимого значення ($\Delta < 0,2\%$), то розрахунок виконано правильно.

7 Вибір вимірювального комплексу витратоміра

7.1 Тип і різновид диференціального манометра.

Дифманометр Метран-49-ДД-Ех моделі 9420 з вихідним сигналом 0-5 мА, що змінюються за законом квадратного кореня, з граничним перепадом тиску 4 кПа, класу точності $\delta \Delta P = 0,4$ с гранично допустимим робочим надлишковим тиском 10 МПа.

7.2 Тип і різновид вторинного приладу. Вторинний прилад, призначений для показу й реєстрації одного параметра Диск-250 з вхідним струмовим сигналом 0-5 мА класу точності $S_{вп} = 0,5$.

8 Розрахунок необхідних довжин прямих ділянок трубопроводу

8.1 Необхідна довжина прямої ділянки L2 трубопроводу за пристроєм звуження при нульовій похибці

$$m = 0.36$$

$$L2 := 7.2 - 0.065 \cdot L2 = 0.468$$

8.2 Довжина прямої ділянки трубопроводу перед пристроєм звуження

$$L1 := 35$$

$$D20L2 := 35 - 0.065 - 0.468 \quad D20L2 = 1.807$$

$$L11 := \frac{L1}{D20}$$

8.3 Необхідна довжина прямої ділянки трубопроводу безпосередньо перед пристроєм звуження при нульовій похибці

При установці запірного вентиля перед пристроєм звуження додаткова похибка вимірювання відсутня при

$$L1D201 := 60$$

$$m := 0.4$$

$$L_{11} := 60 - 0.065 \cdot L1 = 3.9$$

8.4 Додаткова похибка від скорочення довжини прямої ділянки трубопроводу перед пристроєм звуження

Згідно з пунктом 8.2 відносна відстань між запірним вентилям і пристроєм звуження. Значення додаткової похибки знайдемо лінійною інтерполяцією табличних значень

Лінійна інтерполяція для значення

$$L1D20 := 20$$

$$\text{при } m := 0.3 \quad \delta aL1 := 0.42 - \frac{0.42 - 0.31}{10} \cdot 7.7 \quad \delta aL1 = 0.334$$

$$\text{при } m := 0.35 \quad \delta aL2 := 0.44 - \frac{0.44 - 0.33}{10} \cdot 7.7 \quad \delta aL2 = 0.354$$

Лінійна інтерполяція між $m = 0,3$ і $0,35$ для значення $m = 0,3677$

$$\delta aL3 := \delta aL1 + \frac{\delta aL2 - \delta aL1}{0.05} \cdot 0.0677 \quad \delta aL3 = 0.361$$

9 Визначення граничної похибки витратоміра

9.1 Визначення середньої квадратичної відносної похибки коефіцієнта витрати

9.1.1 Середня квадратична відносна похибка через допустимих відхилень діаметра отвору пристрою звуження

$$\sigma_{a\delta} := 2 \cdot 0.05 \cdot \left(1 + \frac{m^2}{\alpha} \right) \quad \sigma_{a\delta} = 0.118$$

9.1.2 Середня квадратична відносна похибка через допустимих відхилень внутрішнього діаметра трубопроводу

$$\sigma_{aD} := 2 \cdot 0.15 \cdot \frac{m^2}{\alpha} \quad \sigma_{aD} = 0.055$$

9.1.3 Середня квадратична відносна похибка через скорочення прямої ділянки трубопроводу перед діафрагмою

$$\sigma_{AL} := 0.5 \cdot \delta aL3 \quad \sigma_{AL} = 0.181$$

9.1.4 Середня квадратична відносна похибка через притуплення вхідного краю діафрагми

$$t := \frac{D}{10^3}$$

$$\sigma_{kp} := -0.833 \cdot m + 16.7 \cdot t^2 - 7.5 \cdot t + 1.17 \quad \sigma_{kp} = 0.461$$

9.1.5 Середня квадратична відносна похибка коефіцієнта витрати

$$\sigma_{ay} := \left[\left[(0.3^2 + \sigma_{a\delta}^2 + \sigma_{aD}^2)^{0.5} \right]^2 + \sigma_{kp}^2 \right]^{0.5} \quad \sigma_{ay} = 0.566$$

9.1.6 Середня квадратична відносна похибка коефіцієнта витрати з урахуванням скорочення довжини прямої ділянки трубопроводу перед діафрагмою

$$a_{ay} := \sigma_{ay} + \sigma_{AL} \quad a_{ay} = 0.746$$

9.2 Визначення середньої квадратичної відносної похибки абсолютного тиску газової суміші

9.2.1 Середня квадратична відносна похибка завдання надлишкового тиску газової суміші

$$\sigma_{pi} := 50 \cdot \frac{\Delta P_{pr1}}{P_i} \quad \sigma_{pi} = 0.328$$

9.2.2 Можлива відносна зміна барометричного тиску. приймаємо

$$\delta_{pb} := 2.5$$

9.2.3 Середня квадратична похибка від зміни барометричного тиску

$$\sigma_{pb} := 0.5 \cdot \delta_{pb} \quad \sigma_{pb} = 1.25$$

9.2.4 Середня квадратична відносна похибка визначення абсолютного тиску газу

$$\sigma_p := \left[\sigma_{pb}^2 + \left(\sigma_{pi} \cdot \frac{P_i}{P} \right)^2 \right]^{0.5} \quad \underline{P} := 710$$
$$\sigma_p = 1.281$$

9.3 Середня квадратична відносна похибка завдання температури газу

$$\Delta t := 2 \quad \underline{t} := 75$$

$$\sigma_T := 50 \cdot \frac{\Delta t}{273.15 + t} \quad \sigma_T = 0.287$$

9.4 Середня квадратична похибка диференціального манометра

$$S_{\Delta p} := 0.4$$

$$\sigma_{\Delta p} := 0.5 \cdot S_{\Delta p} \quad \sigma_{\Delta p} = 0.2$$

9.5 Середня квадратична відносна похибка визначення вмісту компонентів газової суміші

$$\underline{N}_1 := 0.54 \quad \underline{N}_2 := 0.3 \quad \underline{N}_3 := 0.1 \quad \underline{N}_4 := 0.05 \quad \underline{N}_5 := 0.01$$

$$\Delta N_i := 0.005$$

$$\sigma_{N1} := 50 \frac{\Delta N1}{N1} \quad \sigma_{N1} = 0.463$$

$$\sigma_{N2} := 50 \frac{\Delta N2}{N2} \quad \sigma_{N2} = 0.833$$

$$\sigma_{N3} := 50 \frac{\Delta N3}{N3} \quad \sigma_{N3} = 2.5$$

$$\sigma_{N4} := 50 \frac{\Delta N4}{N4} \quad \sigma_{N4} = 5$$

$$\sigma_{N5} := 50 \frac{\Delta N5}{N5} \quad \sigma_{N5} = 25$$

9.6 Визначення середньоквадратичне відносної похибки показника адіабати газової суміші.

9.6.1 Середня квадратична відносна похибка визначення показників адіабати компонентів газової суміші

$$x1 := 1.2 \quad x2 := 1.1 \quad x3 := 1.16 \quad x4 := 1.31 \quad x5 := 1.4$$

$$\Delta X1 := 0.005$$

$$\sigma_{X1} := 50 \frac{\Delta X1}{x1} \quad \sigma_{X1} = 0.208$$

$$\sigma_{X2} := 50 \frac{\Delta X1}{x2} \quad \sigma_{X2} = 0.227$$

$$\sigma_{X3} := 50 \frac{\Delta X1}{x3} \quad \sigma_{X3} = 0.216$$

$$\sigma_{X4} := 50 \frac{\Delta X1}{x4} \quad \sigma_{X4} = 0.191$$

$$\sigma_{X5} := 50 \frac{\Delta X1}{x5} \quad \sigma_{X5} = 0.179$$

$$N1 := 0.54 \quad N2 := 0.3 \quad N3 := 0.1 \quad N4 := 0.05 \quad N5 := 0.01$$

$$x1 := 1.2 \quad x2 := 1.1 \quad x3 := 1.16 \quad x4 := 1.31 \quad x5 := 1.4$$

9.6.2 Середня квадратична відносна похибка показника адіабати газової суміші

$$\sigma_{N11} := (N1 \cdot x1)^2 \cdot (\sigma_{X1}^2 + \sigma_{N1}^2) \quad \sigma_{N22} := (N2 \cdot x2)^2 \cdot (\sigma_{X2}^2 + \sigma_{N2}^2)$$

$$\sigma_{N33} := (N3 \cdot x3)^2 \cdot (\sigma_{X3}^2 + \sigma_{N3}^2) \quad \sigma_{N44} := (N4 \cdot x4)^2 \cdot (\sigma_{X4}^2 + \sigma_{N4}^2) \quad \sigma_{N55} := (N5 \cdot x5)^2 \cdot (\sigma_{X5}^2 + \sigma_{N5}^2)$$

$$\sigma_X := \frac{1}{1.13} \cdot (\sigma_{N11} + \sigma_{N22} + \sigma_{N33} + \sigma_{N44} + \sigma_{N55})$$

$$\sigma_X = 0.383$$

9.7 Середня квадратична відносна похибка коефіцієнта розширення газової суміші

$$\sigma_{\epsilon} := \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \cdot (\sigma_X^2 + \sigma_{\Delta p}^2 + \sigma_p^2)^{0.5} + 2 \cdot \frac{0.004}{0.71} \quad \sigma_{\epsilon} = 0.012$$

9.8 Визначення середньої квадратичної відносної похибки щільності газової суміші в нормальних умовах.

9.8.1 Середня квадратична відносна похибка визначення щільності складових газової суміші в нормальних умовах

$$\Delta \rho_{\text{норм}} := 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}1}} := 50 \cdot \frac{\Delta \rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{норм}1}} \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}1}} = 0.002$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}2}} := 50 \cdot \frac{\Delta \rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{норм}2}} \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}2}} = 0.001$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}3}} := 50 \cdot \frac{\Delta \rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{норм}3}} \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}3}} = 0.0013$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}4}} := 50 \cdot \frac{\Delta \rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{норм}4}} \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}4}} = 0.0014$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}5}} := 50 \cdot \frac{\Delta \rho_{\text{норм}}}{\rho_{\text{норм}5}} \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}5}} = 0.0021$$

9.8.2 Середня квадратична відносна похибка визначення щільності газової суміші в нормальних умовах

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}N11}} := (N1 \cdot \rho_{\text{норм}1})^2 \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}1}}^2 + \sigma_{N1}^2) \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}N22}} := (N2 \cdot \rho_{\text{норм}2})^2 \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}2}}^2 + \sigma_{N2}^2)$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}N33}} := (N3 \cdot \rho_{\text{норм}3})^2 \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}3}}^2 + \sigma_{N3}^2) \quad \sigma_{\rho_{\text{норм}N44}} := (N4 \cdot \rho_{\text{норм}4})^2 \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}4}}^2 + \sigma_{N4}^2)$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}N55}} := (N5 \cdot \rho_{\text{норм}5})^2 \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}5}}^2 + \sigma_{N5}^2)$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}}} := \frac{1}{\rho_{\text{норм}}} \cdot (\sigma_{\rho_{\text{норм}N11}} + \sigma_{\rho_{\text{норм}N22}} + \sigma_{\rho_{\text{норм}N33}} + \sigma_{\rho_{\text{норм}N44}} + \sigma_{\rho_{\text{норм}N55}})$$

$$\sigma_{\rho_{\text{норм}}} = 0.584$$

9.9 Визначення середньої квадратичної відносної похибки коефіцієнта стисливості газової суміші.

9.9.1 Середні квадратичні відносні похибки визначення коефіцієнтів стисливості компонентів газової суміші

$$\Delta K1 := 0.01 \quad \Delta K2 := 0.01 \quad \Delta K3 := 0.005 \quad \Delta K4 := 0.01 \quad \Delta K5 := 0.005$$

$$K1 := 0.96 \quad K2 := 0.87 \quad K3 := 0.93 \quad K4 := 0.98 \quad K5 := 1$$

$$\sigma_{K1} := 50 \cdot \frac{\Delta K1}{K1} \quad \sigma_{K1} = 0.521$$

$$\sigma_{K2} := 50 \cdot \frac{\Delta K2}{K2} \quad \sigma_{K2} = 0.575$$

$$\sigma_{K3} := 50 \cdot \frac{\Delta K3}{K3} \quad \sigma_{K3} = 0.269$$

$$\sigma_{K4} := 50 \cdot \frac{\Delta K4}{K4} \quad \sigma_{K4} = 0.51$$

$$\sigma_{K5} := 50 \cdot \frac{\Delta K5}{K5} \quad \sigma_{K5} = 0.25$$

9.9.2 Середня квадратична відносна похибка визначення коефіцієнта астиску газової суміші

$$N11 := (N1 \cdot K1)^2 \cdot (\sigma_{K1} + \sigma_{N1}^2)$$

$$N33 := (N3 \cdot K3)^2 \cdot (\sigma_{K3} + \sigma_{N3}^2) \quad N22 := (N2 \cdot K2)^2 \cdot (\sigma_{K2} + \sigma_{N2}^2)$$

$$N55 := (N5 \cdot K5)^2 \cdot (\sigma_{K5} + \sigma_{N5}^2) \quad N44 := (N4 \cdot K4)^2 \cdot (\sigma_{K4} + \sigma_{N4}^2)$$

$$\sigma_{Ks} := \frac{1}{K} \cdot (N11 + N22 + N33 + N44 + N55)$$

$$\sigma_{Ks} = 0.498$$

9.10 Визначення середньої квадратичної відносної похибки коефіцієнта корекції витрати на вологість газової суміші

9.10.1 Коефіцієнт корекції витрати на вологість газової суміші

$$K\varphi := 1 - \varphi \cdot \frac{0.04}{0.71} \quad K\varphi = 0.966$$

9.10.2 Середня квадратична відносна похибка визначення найбільшого можливого тиску водяної пари в газовій суміші

$$\Delta P_{вп\max} := 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma_{P_{вп\max}} := 50 \cdot \frac{\Delta P_{вп\max}}{0.04} \quad \sigma_{P_{вп\max}} = 0.063$$

9.10.3 Середня квадратична відносна похибка завдання відносної вологості газової суміші

$$\Delta \varphi := 0.005$$

$$\sigma_{\varphi} := 50 \cdot \frac{\Delta \varphi}{0.6} \quad \sigma_{\varphi} = 0.417$$

9.10.4 Середня квадратична відносна похибка коефіцієнта корекції витрати на вологість газової суміші

$$\sigma_{K\varphi} := \left[\left(\frac{1 - K\varphi}{K\varphi} \right)^2 \cdot (\sigma_{\varphi}^2 + \sigma_{P_{\text{впmax}}}^2 + \sigma_p^2) \right]^{-0.5} \quad \sigma_{K\varphi} = 0.047$$

9.11 Середня квадратична відносна похибка вимірювання витрати

$$\sigma_{Q_{\text{ном}}} := \left[a_{\text{lay}}^2 + 0.0140^2 + \sigma_{K\varphi}^2 + \sigma_{\Delta p}^2 + 0.25 \cdot (\sigma_{r_{\text{ном}}}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_T^2 + \sigma_{K_s}^2) \right]^{-0.5}$$

$\sigma_{Q_{\text{ном}}} = 1.085$

9.12 Гранична похибка вимірювання витрати

$$\delta_{Q_{\text{ном}}} := 2 \cdot \sigma_{Q_{\text{ном}}} \quad \delta_{Q_{\text{ном}}} = 2.171$$

9.13 Гранична похибка вимірювального комплексу витратоміра

$$\delta_{\text{компл}} := (\delta_{Q_{\text{ном}}}^2 + 0.5^2)^{0.5} \quad \delta_{\text{компл}} = 2.227$$

Геометричні параметри камер

D	D1	D2	D3	D4	h	h1	b
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
127	120	100	90	109	3	3	1,5

Геометричні параметри фланців

D	D1	D4	Dn	Dm	d	d1	n	h	h1	h4	b
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
180	145	109	77	88	18	66	4	3	4	35	12
$D_{\text{болтів, шпильок}} = M16$											

РОЗДІЛ 5. КОНТРОЛЬ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ РЕЧОВИНИ

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ТА ІНШИХ РІДИН

Контроль параметрів води необхідно проводити регулярно і за допомогою спеціальних надійних приладів. Прилади для вимірювання параметрів рідини незамінні в областях промисловості, де потрібен спеціальний аналіз води.



Вимірювання рН
води і рідин



Вимірювання
кисню
у воді і рідинах



Вимірювання
електропровідності
води і рідин



Датчики потоку рідини

Області застосування

Вимірювання параметрів рідини проводиться в областях промисловості, що вимагають спеціальної підготовки води для своїх потреб:

- Харчова промисловість (водопідготовка для виробництва напоїв)
- Сільське господарство, тваринництво і птахівництво (підготовка питної води, водопостачання)
- Рибництво, акваріуми і видобуток (підтримання параметрів води в необхідних межах)
- Аграрна промисловість, рослинництво, землеробство (моніторинг ґрунту)
- Комунальне господарство і очисні споруди, теплоенергетика
- Медична, фармацевтична, хімічна, косметична і лакофарбова промисловість
- Хімічна, нафтохімічна промисловість

призначення

Вимірювання параметрів води взаємопов'язане з рішенням таких завдань, як:

- Контроль водневого показника рН (регулювання лужності / кислотності водного середовища, ґрунту в рослинництві)

- Оцінка вмісту кисню в рідині / воді (кількість кисню у воді акваріумів, рибницьких басейнах)
- Контроль аерації води (аналіз вмісту розчиненого кисню)
- Вимірювання окислювально-відновного або редокс-потенціалу (для безперервного приготування якісної питної води)
- Відстеження змін в рівні електропровідності рідини, вологості, припливу води в свердловинах
- Спостереження за якістю води, аналіз засолення ґрунтів
- Кондуктометричне титрування, вимірювання критичної концентрації міцело утворення
- Моніторинг роботи очисних споруд

Види приладів для вимірювання параметрів води

У більшості випадків при контролі параметрів рідини в промисловості оцінюються ряд основних величин. Позначимо відповідні їм прилади.

рН-перетворювач. рН - найважливіший показник якості води. Такі вимірювачі знаходять застосування у всіх додатках, пов'язаних з контролем води. Також, часто до основної функції додається функція моніторингу показника ORP.

датчик провідності. Аналізує воду і інші рідини на предмет електричної провідності, яка може залежати від ступеня забруднення, ступеня дистиляції та інших факторів.

киснеміри. Такий датчик вимірює у воді або іншій рідині вміст кисню в розчиненому вигляді.

Часто прилади відрізняються конструктивно. Виділити можна варіанти зі стаціонарним постійним розміщенням і переносні прилади.

Прилади переносного типу (портативні) нерідко використовуються для вимірювання параметрів (рН або розчиненого кисню) ґрунту, водних розчинів в рослинництві. Тобто в місцях, які потребують мобільності. Такі пристрої часто являють собою компактний «пульт», що уміщається в одній руці. Мають вбудовану пам'ять.

Прилади стаціонарного типу використовуються в промисловості з великими об'ємами виробництва. Встановлюються в ємностях / цистернах / басейнах і безперервно беруть участь в технологічному процесі.

Моделі приладів і аналоги

Сучасні моделі приладів зручно вписуються в виробничий процес завдяки своєму «інтелекту» і функціональності:

AnaCONT LE - датчик, що вимірює показники рН і ORP. Компактний стаціонарний прилад, адаптований до промислового застосування.

AnaCONT LCK - датчик електропровідності, стаціонарний. Має вибухобезпечне виконання.

AnaCONT LED - промисловий стаціонарний киснемір. Можна користуватися в декількох версіях, адаптований до застосування в промислових АСУ виробничих процесах.

5.1. ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ РІДИН

Густина речовини – це величина, що дорівнює відношенню маси речовини до її об'єму. Засоби вимірювання густини рідин поділяють на поплавцеві, вагові, гідростатичні, вібраційні і радіоізотопні густиноміри.

Поплавкові густиноміри (ареометри) в основному застосовуються в лабораторній практиці для вимірювання густини рідин, тобто для визначення процентного вмісту розчинених речовин у бінарних розчинах. Принцип дії заснований на вимірюванні виштовхувальної сили, що діє на поплавець, частково або повністю занурений у контрольовану речовину. Залежно від типу датчика густиноміра на виході може формуватися електричний або пневматичний сигнал. Густиноміри із частково зануреним поплавцем здійснюють вимір густини в діапазоні $0,005 - 0,01 \text{ г/см}^3$ з похибкою $1,5 - 3\%$ від діапазону вимірів. Густиноміри з повністю зануреним поплавцем можуть вимірювати густину рідин у діапазоні $0,5 \div 1,2 \text{ г/см}^3$, їх клас точності 1,0.

Вагові густиноміри застосовуються для вимірювання густини речовини в потоці. В них рідина протікає по петле подібній ділянці труби, з'єднаної з основним трубопроводом гнучкими гумовими або металевими патрубками (сильфонами). При зміні густини рідини відповідно змінюється маса петле подібної труби і за допомогою електросилового або пневмосилового перетворювача формується уніфікований сигнал, що надходить на вторинний прилад. Діапазон вимірювання $0,5 \div 2,5 \text{ г/см}^3$. Клас точності 1,0; 1,5.

Гідростатичні густиноміри можна застосовувати для безпосереднього вимірювання густини в виробничих об'єктах. Їх дія заснована на залежності тиску стовпа рідини постійної висоти від її щільності. Ці густиноміри мають діапазон вимірювання від $0,04$ до $0,35 \text{ г/см}^3$ і від $0,08$ до $0,50 \text{ г/см}^3$. Основна похибка становить $1,5 \div 2,0\%$ діапазону вимірів.

Робота **вібраційних густиномірів** заснована на функціональній залежності характеристик пружних коливань резонатора від густини контрольованої речовини. Резонатори виготовляються у формі труби, пластини, стрижня, струни, камертона, тощо. За конструкцією розрізняють проточні і занурені вібраційні густиноміри: у проточних контрольована речовина протікає через внутрішню порожнину резонатора; резонатор розміщується в потоці контрольованої речовини. Діапазон вимірювань вібраційних густиномірів становить $0,5 \div 0,6 \text{ г/см}^3$ з абсолютною похибкою $0,0001 \text{ г/см}^3$.

Принцип дії **радіоізотопних густиномірів** заснований на вимірюванні зміни інтенсивності іонізуючого випромінювання при його проходженні через контрольоване середовище. Вони знаходять застосування для вимірів щільності агресивних, а також достатньо в'язких середовищ.

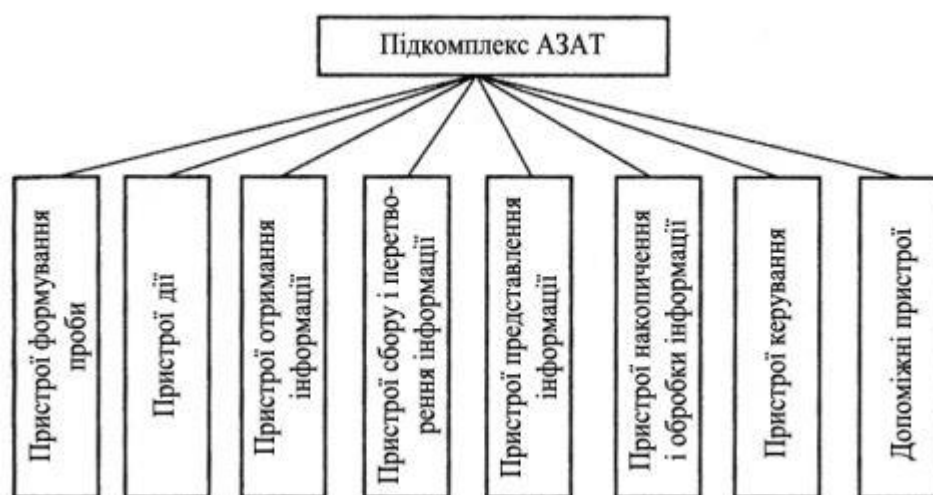
Витратомір для виміру густини (концентрації) рідини на ефекті Коріоліса. Принцип дії витратоміра заснований на вимірюванні величин

коріолісових сил у трубах первинного перетворювача при протіканні через них потоку середовища. Вимірювання густини засноване на вимірюванні резонансної частоти коливання трубок первинного перетворювача витрати. Витратомір являє собою програмний засіб вимірів, що складається з первинного перетворювача витрати і електричної частини в герметичному корпусі.

5.2. ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ СКЛАДУ РІДИНИ

Засоби вимірювальної техніки, які призначені для аналізу складу речовини, називають **аналізаторами**, а вимірювальні перетворювачі, що входять до їх складу, **аналітичними пристроями**. У переважній більшості аналізатори являють собою складні вимірювальні системи, у які входять різні спеціальні блоки і пристрої, пов'язані з відбором проб, їхньою підготовкою та переміщенням, аналізом, обчисленнями, тощо.

Автоматичні аналізатори випускаються в рамках державної системи приладів (ДСП) у складі агрегатного комплексу засобів аналітичної техніки (АЗАТ). Комплекс складається з ряду підкомплексів, побудованих за різними принципами вимірювання. Приблизний склад блоків підкомплексів АЗАТ наведений.



Типовий склад блоків підкомплексу АЗАТ

Вимірювальні перетворювачі і аналізатори підкомплексу АЗАТ дозволяють аналізувати речовини в газоподібному, рідкому, твердому, порошкоподібному станах, а також у вигляді плазми, суспензій і аерозолів.

Агрегатний комплекс засобів аналітичної техніки (АЗАТ) складається з наступних підкомплексів: фотометричних засобів вимірювання (АЗАТ-Ф), кондуктометричних засобів вимірювання (АЗАТ-К), потенціометричних засобів вимірів хімічного складу (АЗАТ-П), засобів вимірювання складу (АЗАТ-Д), магнітних, термомагнітних засобів вимірювання (АЗАТ-М).

Для контролю фізико-механічних параметрів матеріалів, сировини і готової продукції знаходять застосування агрегатний комплекс засобів випробувань

матеріалів і готової продукції на міцність (АЗВМ) і агрегатний комплекс засобів неруйнівного контролю (АЗНК).

Фотометричний підкомплекс АЗАТ-Ф. Підкомплекс фотометричних засобів вимірювання включає оптичні аналізатори, що працюють в інфрачервоній, видимій і ультрафіолетовій областях спектру. Вони засновані на явищах поглинання, відбиття і розсіювання випромінювання речовиною, що аналізується.

Спектральний аналіз дозволяє одержати точні і однозначні характеристики речовини, відрізняється високою вибірковістю, універсальністю і продуктивністю. Аналізи здійснюються за спектрами поглинання в ультрафіолетовій (УФ), видимій та інфрачервоній (ІЧ) ділянках спектру (абсорбційний аналіз), за спектрами люмінесценції, комбінованого розсіювання (КР) і атомно-емісійного аналізу.

Оптичні методи засновані на взаємодії випромінювання з речовиною. При поглинанні світла атоми і молекули поглинаючих речовин переходять у нові, енергетично збуджені стани. Прийнята атомами та молекулами надлишкова енергія в одних випадках витрачається на підвищення їхньої внутрішньої енергії, в інших – на флуоресценцію або фосфоресценцію, чи витрачається в ході фотохімічних реакцій.

Оптичні аналізатори дозволяють робити аналіз речовин за вибіркоким поглинанням монохроматичного світла у видимій, ультрафіолетовій і інфрачервоній областях спектра і характеризуються високою точністю (відносна похибка виміру становить 0,5 – 1,0%). Вони забезпечують: кількісне визначення вмісту елементів у широкому інтервалі довжин хвиль (від 185 до 1100 нм); кількісний аналіз багатокомпонентних систем; визначення складу світло поглинаючих комплексних з'єднань; вивчення хімічних рівноваг і визначення фотометричних характеристик світло поглинаючих з'єднань.

Оптичні аналізатори, засновані на використанні випромінювань видимої частини спектру і відносяться до класів точності від 2,0 до 10.

В УФ області спектру визначається вміст ряду груп атомів і досліджуються перетворення окремих речовин, що входять до складу продуктів.

Метод ІЧ-спектроскопії (інфрачервоної спектроскопії) є найважливішим фізичним методом ідентифікації, вивчення будови молекул і кількісного аналізу складних середовищ.

Метод КР дозволяє одержувати спектри не тільки прозорих, а також дисперсних і капілярно-пористих тіл.

Перспективними є метод спектроскопії за порушеним повним внутрішнім відбиттям (ППВВ) і метод непружного розсіювання нейтронів (МНРН).

Атомний емісійний спектральний метод призначений для проведення якісного й кількісного аналізу. Цей метод застосовується, в основному, для аналізу неорганічних елементів.

Спектральний аналіз заснований на застосуванні складної вимірювальної апаратури. Вона складається із сукупності джерел світла, фотометричних перетворювачів і пристроїв, а також електронної і обчислювальної техніки обробки й відображення інформації. Головними завданнями спектральної

апаратури є: одержання спектрів поглинання або флуоресценції продуктів, їх ідентифікація й розшифровка, запис значень контрольованих компонентів, що характеризують цінність продукту.

Аналізатори дисперсних середовищ засновані на явищі розсіювання світла і називаються турбідиметрами, якщо вимірюваний світловий потік проходить через аналізоване середовище, і – нефелометрами, якщо вимірюється світловий потік, відбитий цим середовищем. Наприклад, турбідиметричні аналізатори каламутності води (типу КВ) мають діапазони вимірів від 0 - 3 до 0 - 500 мг/л, основна похибка вимірів $\pm 2\%$, а турбідиметричний аналізатор вмісту часток сажі в димових газах здійснює виміри в діапазоні від 0 - 2 до 0 - 800 мг/м³, основна похибка 12,5%.

Аналізатори селективного виміру поглинання ультрафіолетового випромінювання різними речовинами є ультрафіолетовими аналізаторами й використовуються для вимірів концентрацій окремих газів і парів (сірководень, озон, ртуть, сірчистий ангідрид, чотирьох хлористий вуглець та інші).

У всіх фотометричних приладах використовується кілька типових оптичних і електричних схем, що розрізняються у аналізаторах однієї групи лише більшим або меншим ступенем складності. Існують схеми, які використовуються як в недисперсійних, так і в дисперсійних аналізаторах. Для багатьох прикладних завдань за допомогою дисперсійних аналізаторів зручніше й точніше зареєструвати спектр поглинання, чим вимірювати інтенсивність поглинання випромінювання в точці.

Останнім часом аналізатори якості оснащуються мікропроцесорною і обчислювальною технікою, що в автоматичному режимі вирішує питання ідентифікації, запису й розшифровки спектрів з видачою результатів аналізу в цифровій формі.

Інформацію про спектральні характеристики багатьох продуктів одержують за спектрами поглинання нерозсіюючих середовищ і за спектрами поглинання й відбиття компонентів, що розсіюють світло.

Інтенсивність поглинання різна в різних областях спектра. Для ІЧ спектрофотометрів характерна область $\lambda = 2,0 \div 40$ мкм або $5000 \div 200$ см⁻¹. У спектрофотометрах УФ і видимої областей спектра використовується випромінювання з $\lambda = 0,2 - 1,1$ мкм. Спектрофотометри КР працюють у діапазоні 0,4 – 0,85 мкм.

Люмінесценція, в основному, використовується для аналізу якості харчових продуктів (визначається ступінь псування). Спектри флуоресценції звичайно охоплюють діапазон 0,3 - 1,3 мкм. Аналізатори атомно-емісійного аналізу (спектроскопи) працюють у діапазоні довжин хвиль 0,39 – 0,7 мкм.

Кондуктометричний підкомплекс АЗАТ-К. Кондуктометричний підкомплекс заснований на використанні електрохімічних засобів вимірювання – електро кондуктометричних аналізаторів (кондуктометрів). Принцип дії кондуктометрів полягає у вимірі електричної провідності електролітів, за величиною якої визначається концентрація розчинених речовин. При проведенні аналізу газових сумішей їх розчиняють у допоміжній рідині, а потім вимірюють

електропровідність розчину.

Існують контактний і безконтактний методи вимірювання. При цьому розрізняють контактні й безконтактні вимірювальні елементи і, відповідно, кондуктометри. Найпростіша двохелектродна контактна комірка – це камера із двома металевими електродами, заповнена аналізованою рідиною. Для зменшення похибки, пов'язаної з поляризацією електродів, застосовують чотириох електродну вимірювальну комірку, у якій канали підведення електричної енергії до комірки і зняття сигналу вимірювальної інформації розділені. При цьому вимір електропровідності розчинів здійснюється на змінному струмі. Безконтактні кондуктометри підрозділяються на низькочастотні (із частотою до 1 кГц) і високочастотні (із частотою до сотень МГц). У високочастотних кондуктометрах використовуються ємнісні і індуктивні первинні вимірювальні пристрої, у низькочастотних, в основному, ємнісні. Безконтактні кондуктометри застосовуються при аналізі розчинів, таких як суспензії, колоїди, речовини, що утворюють плівку або кристалізуються, а також – для дослідження агресивних розчинів солей, лугів і кислот з високою питомою електропровідністю.



Концентратомір КАЦ-021 призначений для автоматичного дистанційного виміру приведеної до 25 °С питомої електричної провідності (ПЕП) або концентрації водяних розчинів (NaCl, NaOH, H₂SO₄ та інших речовин). Прилад складається з безелектродного первинного перетворювача і вимірювального блоку. В приладі забезпечуються цифрова індикація й дистанційна передача результатів вимірів питомої провідності або концентрації, а також незалежність показань від температури.

Концентратомір-сигналізатор кондуктометричний АЖК-3120 призначений для автоматичного виміру концентрації розчинів і сигналізації розділу фаз і складається із проточного первинного перетворювача й цифрового приладу, що сигналізує про вихід вимірюваного параметра за задані межі.

Потенціометричний підкомплекс АЗАТ-П. Потенціометричний підкомплекс призначений для вимірювання концентрацій різних іонів у розчинах (іонометрія) і для контролю окисно-відновного потенціалу (оксредметрія). Ці виміри можна робити також у газових середовищах. Потенціометричні аналізатори відносять до електрохімічних засобів вимірів, принцип дії яких заснований на визначенні потенціалу вимірювальної комірки, розміщеної в електроліті. Електродний потенціал вимірюють непрямим методом за величиною ЕРС вимірювальної комірки, що складається з вимірювального (індикаторного) і порівняльного (допоміжного, опорного) електродів. Електроди розміщуються в комірці, через яку пропускають аналізоване середовище. Величина ЕРС вимірювальної комірки формує інформацію про концентрацію (активність) іонів в аналізованому середовищі, а також про її окислювально-відновні властивості. Для визначення активної концентрації різних іонів при потенціометричних вимірах використовують показник рХ (р — перша буква слова Potenz — ступінь,

X— хімічний символ елемента за таблицею Д.І. Менделєєва), що дорівнює від'ємному десятковому логарифму кількості іонів елемента: $pX = -\lg a_x$, де a_x — кількість іонів елемента в 1 л розчину. Відома велика кількість різноманітних за конструкцією індикаторних електродів для іонометрії, серед яких широке застосування знайшли іоноселективні електроди, що мають селективну вибірковість для конкретного типу іонів. Для виміру активності катіонів і аніонів K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , I^- , CO_3^{-2} , NH_4^- , SO_4^{-2} і багатьох інших виготовляють електроди на основі іонообмінних мембран або спеціального скла. Для виміру активності іонів водню застосовуються скляні електроди, мембрана яких виготовляється зі спеціального електродного скла на основі оксидів Na, K, Cs. Для виміру окисно-відновного потенціалу застосовуються платинові електроди, які використовуються як індикаторні. У якості порівняльного (допоміжного, опорного) використовується хлорсрібний електрод, потенціал якого постійний і становить 201 мВ. Як аналізатори величини рХ використовуються іономіри на діапазони вимірів від мінус 20 до 20 рХ із похибкою вимірів $\pm 0,01$ рХ при постійній часу до 40 секунд. Іономіри виготовляються в лабораторному і промисловому варіантах, у стаціонарному або переносному виконанні. Потенціометричні іоноселективні вимірювальні системи використовуються для контролю концентрацій мікроелементів у харчових продуктах.



рН-метр-іономір «ЭКОТЕСТ-120» (портативний мікропроцесорний) призначений для виміру активності іонів водню (рН), активності різних іонів (рХ), молярної і масової концентрацій одновалентних і двовалентних аніонів та катіонів, а також для визначення температури водяних розчинів. В пам'ять приладу введені параметри 27 іонів, у тому числі H^+ , Mg^{+2} , K^+ , NH_4^- , NO^+ , Ca^{+2} . Це дозволяє підключити до приладу відповідні іоноселективні датчики контролю цих іонів. Переваги приладу: вивід результатів вимірів в одиницях мВ, рХ,

моль/л, мг/л; вимір температури; збереження даних попередніх калібрувань; можливість роботи з IBM сумісним комп'ютером (зв'язок здійснюється по каналу RS-232C); застосування зовнішнього комутатора каналів (це дозволяє використовувати прилад у якості багатоканального – до 49 каналів); рідкокристалічний дворядковий індикатор, зручне користувальницьке меню, режим підказок. Величина рН характеризує кислотні (лужні) властивості розчинів, тобто активність іонів водню в них. Для дистильованої води рН = 7. Розчини із рН > 7 являються лужними. Існує три методи виміру кислотності: колориметричний, потенціометричний і кондуктометричний.

Колориметричний метод заснований на титруванні проби речовини до точки нейтралізації, що визначається колірним індикатором. Цей метод трудомісткий, суб'єктивний і не піддається автоматизації.

Потенціометричний метод виміру рН полягає в тому, що при зануренні в контрольоване середовище вимірювальної комірки, що складається з вимірювального (індикаторного) і порівняльного (допоміжного) електродів, між

ними виникає електричний потенціал, який залежить від активності іонів водню і температури розчину. У якості вимірювального застосовують скляний, іноді сурм'яний або водневий електроди, а в якості порівняльного – хлорсрібний електрод. Електродну систему розміщують у спеціальні пристрої для захисту від механічних пошкоджень. Вимірювальні комірки виготовляють погрузного та проточного типу. Величину рН визначають рН-метрами. Ще експлуатуються комплекти промислових рН-метрів, до складу яких входять вимірювальні камери з термокомпенсатором, високоомні перетворювачі та потенціометри. Виготовляються лабораторні і виробничі рН-метри, які поділяються на переносні та стаціонарні. Діапазон вимірів цих рН-метрів становить 0 – 14 рН із піддіапазонами 0 – 4; 0 – 8; 8 – 12 рН. Абсолютна похибка вимірів $\pm 0,01$ рН. Вихідний струмовий сигнал становить 0 – 5 мА.



рН-мільвольтметр рН-011 призначений для автоматичного безперервного та лабораторного виміру активності іонів водню (рН) і окисно-відновного потенціалу (Eh) водних розчинів. Прилад складається з електронного блоку (високоомного перетворювача) і електродної системи. При цьому забезпечується цифрова індикація і дистанційна передача результатів виміру з можливістю вибору коефіцієнта перетворення в широких межах, а також температурної компенсації характеристик електродів. Технічні характеристики: діапазон вимірів від 0 до 14 рН;

основна похибка електронного блоку $\pm 0,02$ рН. Температура аналізованого середовища від 5 до 50 °С. Вихідний сигнал 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА. Напруга живлення змінного струму (220 \pm 20) В. Частота напруги живлення (50 \pm 5) Гц. Габарити електронного блоку (щитове кріплення) 154x205x240 мм; блоку електродної системи 280x440x105 мм.

рН-метр «МК-Луч» призначений для безперервного контролю величини рН і температури кисломолочних продуктів, заквасок, продуктів цукрової, пивоварної, виноробної, мікробіологічної промисловості в трубопроводах і на устаткуванні. Прилад складається з електронного блоку (високоомного перетворювача) і датчика (погрузного або проточного).

рН-метр Checker 1 (малогабаритний переносний) призначений для оперативного контролю величини рН водних розчинів, має цифровий дисплей з великою й чіткою індикацією рН.



рН-метр серії «PICCOLO». У приладі реалізований принцип «електрод + підсилювач сигналу», що дозволяє звести до мінімуму вплив буферного

розчину, небажаних домішок, вологості навколишнього середовища на точність рН-вимірів. Ці рН-метри комплектуються комбінованим електродом-штангою (PICCOLO-1) довжиною 90 мм, комбінованим електродом-штангою (PICCOLO-

2) довжиною 160 мм або комбінованим електродом-штангою (PICCOLO Plus) довжиною 160 мм, що дозволяє також вимірювати температуру.

Кондуктометричний метод визначення кислотності заснований на вимірі електропровідності контрольованих середовищ. Електропровідність аналізованих розчинів залежить від питомої електропровідності компонентів, що формують контрольоване середовище, кислотності і температури. Вимірювальний пристрій являє собою двохелектродну комірку, виконану з металевих стрижнів. У якості вимірювальної схеми використовується електронний міст постійного струму. Однак цей метод контролю кислотності не знайшов широкого застосування через низьку чутливість і погану відтворюваність результатів вимірів.

Окредметрія розглядає взаємодію речовин у розчинах. Процеси, що протікають у розчині, забирають частки розчину до окисно-відновної системи, що характеризується величиною окисного потенціалу (ОП). Термін «окисний потенціал» уведений для того, щоб показати, що потенціал збільшується з ростом окисної здатності розчину. Відновна здатність розчину буде тим більше, чим менше його окисний потенціал. Величина ОП (мВ) є параметром (енергетичною характеристикою) оперативного контролю інтенсивності протікання окисно-відновних реакцій, тобто активності і глибини протікання біохімічних, мікробіологічних і інших перетворень при шумуванні напівфабрикатів. Вона визначає термодинамічні та кінетичні характеристики процесу дозрівання напівфабрикатів хлібопекарського, спиртового і пивоварного виробництв, а також виноробства. Величину ОП варто розглядати як роботу реакцій окисно-відновної взаємодії аналізованого середовища (субстрату) зі стандартною системою, потенціал (Ψ_m) якої приймається рівним нулю. Тому різниця потенціалів (ϕ) між окисно-відновною системою Ψ і стандартною (опорною) системою формує ОП, що дорівнює $\phi = \Psi_m - \Psi$. Таким чином, ОП чисельно дорівнює ЕРС чутливого елемента вимірювального пристрою, у якому взаємодіють дві окисно-відновні системи, одна з яких стандартна. Ця гальванічна комірка вимірювального пристрою складається з вимірювального (індикаторного) і порівняльного (допоміжного) електродів. Вимірювальною схемою величини ОП є мілівольтметр або потенціометр. Діапазон виміру від -1990 до +1990 мВ із абсолютною похибкою виміру ± 10 мВ. При введенні в контрольоване середовище компонента воно відповідає стрибком ОП, величина якого є енергетичною характеристикою (роботою) взаємодії даного компонента із цим середовищем. За величиною ОП можна визначити оптимальне дозування компонента. Для виміру величини ОП або рН можна використовувати будь-який рН-метр із діапазоном виміру величини ЕРС електродної системи, наприклад: рН-мілівольтметр рН-011, рН-метр рН-метр серії «PICCOLO». 70

Діелектрометричний підкомплекс АЗАТ-Д. Підкомплекс діелектрометричних засобів вимірів призначений для визначення властивостей, складу і структури речовин за діелектрометричними параметрами (за діелектричною проникністю). Підкомплекс складається із трьох груп приладів. У першу групу входять прилади для безперервного безконтактного дистанційного контролю концентрації одного з компонентів двофазних потоків, що

утворюються, наприклад, при гідротранспорті матеріалів. Другу групу складають прилади, призначені для визначення складу бінарних сумішей рідин і газів. Третя група складається з діелектрометричних аналізаторів, призначених для аналізу властивостей і складу речовин всіх агрегатних станів.

Методи і засоби вимірювання складу газових сумішей.

У хімічній промисловості аналіз складу газових сумішей здійснюється за допомогою теплових (термо кондуктометричних, термохімічних, термомагнітних), гальванічних, оптичних і фотометричних газоаналізаторів, а аналіз складу рідин – за допомогою аналізаторів електричних (кондуктометричних, потенціометричних) і оптичних. Як правило, комплекти газоаналізаторів складаються з вимірювального перетворювача, вимірювального та допоміжного пристроїв.

Принцип дії термо кондуктометричних автоматичних газоаналізаторів заснований на використанні значної різниці в теплопровідності компонентів, що входять до складу контрольованих газових сумішей. За допомогою первинних вимірювальних перетворювачів вимірюється відносна зміна теплопровідності контрольованої газової суміші, що порівнюється з теплопровідністю еталонної суміші.

Дія термохімічних газоаналізаторів засновано на зміні температури при спалюванні газу на каталітично активній ниті, що нагрівається.

Принцип дії термомагнітних газоаналізаторів заснований на використанні парамагнітних властивостей кисню, і застосовується для виміру концентрації кисню в газових сумішах.

Робота гальванічних автоматичних газоаналізаторів заснована на використанні електрохімічної реакції, що викликає появу струму на лужному гальванічному елементі при попаданні на нього кисню.

Принцип дії оптичних автоматичних газоаналізаторів заснований на використанні зміни ступеня поглинання інфрачервоного випромінювання аналізованим газом залежно від концентрації в ньому вимірюваного компонента.

Дія фотометричних газоаналізаторів засновано на порівняльному вимірі світлових потоків, що падає і відбивається від стрічки приладу, обробленої розчином відповідного індикатора.

Газоаналізатор «Ритангаз-16» призначений для автоматичного контролю вихідних газів топок. Контрольовані гази: O_2 , CO_2 , CO , NO , SO_2 , H_2S . Діапазон вимірів: O_2 від 0...21%, CO від 0...30 000 ppm; CO_2 від 0 до 25%; NO від 0 до 20 000 ppm; SO_2 від 0 до 4000 ppm; H_2S від 0 до 200 ppm. Клас точності виміру 1,0.



Газоаналізатор «ГИАМ-15М» призначений для автоматичного контролю концентрації газів у виробничих процесах. Контрольовані гази: CO , CO_2 , NO , SO_2 . Діапазон вимірів: CO від 0 до 1%; CO_2 від 0 до 200 ppm; SO_2 від 0 до 0,2%; NO від 0 до 60

г/м³. Клас точності виміру 1,0.

Газоаналізатор «АНКАТ-7621» призначений для безперервного контролю концентрації токсичних газів на рівні ПДК робочої зони. Контрольовані гази: CO, H₂S, SO₂, Cl₂, NO₂. Діапазон вимірів: CO від 0 до 50 г/м³; H₂S від 0 до 20 г/м³; SO₂ від 0 до 20 г/м³; NO₂ від 0 до 20 г/м³. Клас точності виміру 0,5.



Газоаналізатор-сигналізатор «СГГ-4М» призначений для автоматичного безперервного контролю концентрацій багатокомпонентних повітряних сумішей горючих газів і парів, аж до вибухонебезпечних.

Газоаналізатор «ГАНК-4» призначений для автоматичного безперервного контролю вісту до 70 шкідливих речовин у повітрі робочої зони та атмосфері. Підключення аналізаторів складу з аналоговим вихідними сигналами до мікропроцесорних систем контролю та керування варто здійснювати за допомогою АЦП (тобто модулів введення аналогових сигналів серій АДАМ).

Методи і засоби контролю параметрів виробничих процесів

Постійно зростаюче число хімічних аналізів виробничих процесів в самих різних сферах діяльності - медицині, фармацевтиці, промисловості, службах контролю навколишнього середовища - викликає потребу в повній автоматизації аналітичного контролю за рахунок використання комп'ютерної техніки.

Основні цілі, які переслідує автоматизація хімічного аналізу, такі:

- можливість виконання великого числа аналізів за обмеженого часу.
- значне зниження витрат на оплату праці персоналу. Автоматичні аналізатори можуть обслуговуватися меншим числом працівників більш низької кваліфікації. Однак економія коштів буде спостерігатися лише в тому разі, якщо число виконуваних аналізів досить велике.

- можливість виконання складних і багатостадійних аналітичних операцій.

- скорочення часу аналізу, зокрема, за рахунок одночасного виконання декількох однотипних дій чи скорочення часу між виконанням окремих стадій методики. Часто автоматизація аналізу призводить до особливо значного виграшу в часі, якщо в ході виконання методики не потрібно встановлення хімічної рівноваги між реагуючими речовинами.

- запобігання забруднень проби сторонніми речовинами з навколишнього середовища при визначенні слідів шляхом використання роботів-маніпуляторів, здатних працювати в лабораторіях, спеціально призначених для аналізу особливо чистих речовин.

- підвищення точності результатів за рахунок виключення суб'єктивних джерел похибки. Автоматизація аналізу дозволяє підвищити точність за рахунок скорочення часу аналізу і поліпшення організації всього аналітичного процесу в цілому.

- збільшення ефективності отримання інформації за рахунок автоматизованого збору та обробки даних.

Як правило, всі методики аналізу так чи інакше включають в себе ряд

однотипних, повторюваних дій, які називаються основними операціями - пробо підготовка, відбір певної кількості проби, розтин проби, поділ, концентрування, додавання реагентів, перемішування розчинів, вимір, градування, обробка результатів вимірювання, представлення результатів.

Збір, зберігання, обробка і представлення даних виконуються головним чином за допомогою комп'ютера.

Фізико-хімічні методи аналізу (ФХМА) засновані на використанні залежності фізичних властивостей речовин від їх хімічного складу. При використанні ФХМА для отримання інформації про хімічний склад речовини досліджуваний зразок піддають дії будь-якого виду енергії. Залежно від виду енергії в речовині відбувається зміна енергетичного стану складових його частинок (молекул, іонів, атомів), що виражається в зміні тієї чи іншої властивості. Реєструючи зміну цієї властивості як аналітичний сигнал, отримують інформацію про якісний і кількісний склад досліджуваного об'єкта або про його структуру.

Найбільше практичне застосування мають оптичні, хроматографічні та потенціометричні методи аналізу.

Дискретний аналіз

Аналізатори працюють за дискретним принципом, обробляючи кожен пробу окремо.

Розглянемо дискретний спосіб автоматизації аналізу на прикладі операції змішування реагентів. Для цього можна заздалегідь приготувати необхідні розчини і при кожному визначенні відміряти і змішувати їх певні порції. Можна також змішувати окремі, заздалегідь приготовані, порції реагентів. В обох випадках змішування зазвичай здійснюють безпосередньо в вимірювальному первинному перетворювачі інформації.

Процес автоматичного дозування і змішування порцій розчинів схематично показаний за допомогою рис. на прикладі іонометричного визначення. Навіть якщо перемішування розчинів буде неповним, стандартизація умов автоматичного змішування дозволяє отримувати правильні результати.



Схема первинного перетворювача інформації для автоматичного іонометричного аналізу

Транспортна система працює по заздалегідь заданій програмі і керується від комп'ютера.

Переваги дискретних аналізаторів полягають у наступному.

- Простота механізації стандартних методик.
- Гнучкість, можливість більш швидкого, ніж при використанні безперервних аналізаторів, зміни програми роботи, послідовності тривалості окремих операцій.
- Зменшення витрат реагентів в порівнянні з безперервними аналізаторами.

Основним недоліком дискретних аналізаторів є порівняно низька надійність в роботі через високу складність механічного пристрою.

Безреактивний аналіз

Застосування дискретних аналізаторів дозволяє не тільки механізувати послідовність операцій, що виконуються вручну, але і повністю виключити або, принаймні, звести до мінімуму деякі з них. В першу чергу це відноситься до операцій дозування і змішування розчинів. Весь аналіз можна виконати на одній тестовій платівці, яка складається з послідовності шарів пористих матеріалів (мембран), просочених розчинами необхідних реагентів. Переміщення розчину

проби від шару до шару здійснюється самопливом, під дією дифузії або сили тяжіння. В окремих шарах можуть здійснюватися всі необхідні стадії пробопідготовки, розділення, проведення хімічних реакцій і вимірювання.

Подібним чином можна проводити не тільки процеси дифузійного транспорту і мембранного поділу компонентів розчину, але і фільтрування, селективну адсорбцію, стабілізацію реагентів, уповільнення процесів хімічної взаємодії, маскування та інші хімічні реакції, в тому числі за участю декількох реагентів. Такі тестові пластинки широко використовуються в кінетичних, особливо ферментативних методах аналізу.

Мініатюрні тестові пластинки можуть служити одноразовими хімічними сенсорами (первинними перетворювачами інформації).

Існують одноразові потенціометричні первинні перетворювачі інформації (одноразові іон-селективні електроди). Їх застосовують в медицині для визначення різних іонів біологічних рідин.

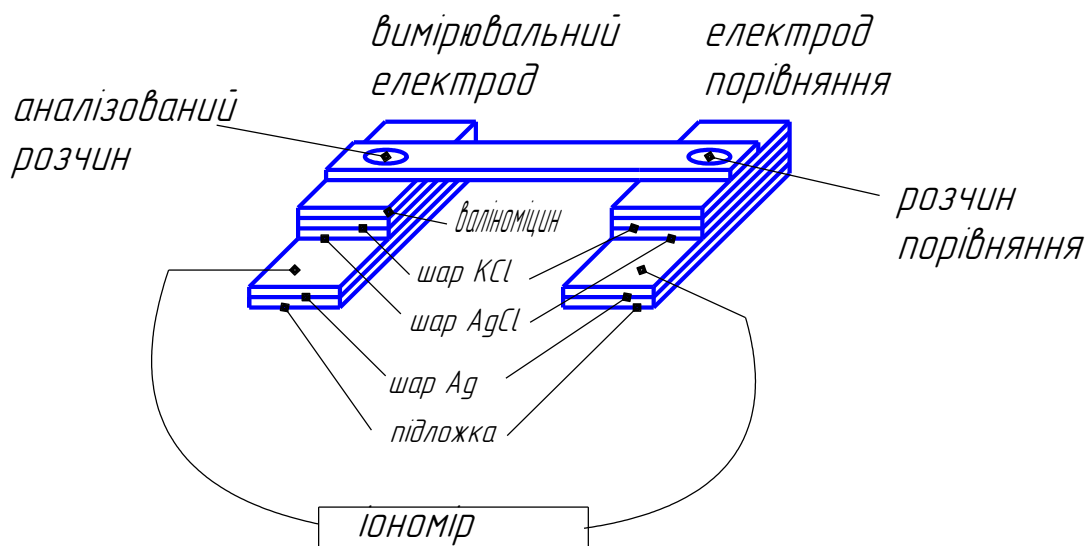


Схема визначення калію в сироватці крові за допомогою одноразового іон-селективного електрода

Схема складається з двох ідентичних іон-селективних електродів - для аналізованого розчину і розчину порівняння з відомою концентрацією калію. Електролітичний контакт між обома електродами здійснюється за допомогою смужки вологого паперу. Концентрацію калію в уже згадуваному розчині знаходять, вимірявши різниця потенціалів між електродами. Переваги таких мініатюрних засобів клінічної діагностики полягають у наступному:

- Дешевизна пристрою.
- Відсутність необхідності періодичного поновлення іон-селективних мембран.
- Відсутність забруднення мембрани в результаті адсорбції білків з плазми крові і пов'язаної з цим зниження чутливості.

Очевидним недоліком будь-якого одноразового первинного перетворювача інформації є неможливість його повторного використання.

Безперервний аналіз

Безперервні аналізатори працюють за принципом аналізу в потоці. Розчин проби, буферу і всіх необхідних реагентів вводять в потік рідини, перемішують і реєструють аналітичний сигнал за допомогою відповідного первинного перетворювача інформації. Розрізняють проточні методи аналізу з використанням і без використання сегментації потоку. Для сегментації використовують бульбашки повітря, що вводяться в потік рідини з визначеною періодичністю. Методи з сегментацією потоку називаються методами безперервного проточного аналізу (БПА), а без сегментації – методами проточно-інжекційного аналізу (ПІА).

Безперервний проточний аналіз (БПА)

Метод безперервного проточного аналізу запропонував Л.Т. Скеггс в 1958 р. Аналізований розчин подається за допомогою перистальтичного насоса в безперервний потік рідини, що містить реагент і буфер, і змішується з ним в змішувальній спіралі. Отриману суміш в ряді випадків піддають додатковим операціям, наприклад, термостатування або діаліз. Продукт реакції визначають в проточному осередку за допомогою відповідного первинного перетворювача інформації. Щоб зменшити розмивання зони продукту реакції внаслідок дифузії, потік рідини сегментують за допомогою періодичного введення бульбашок повітря.

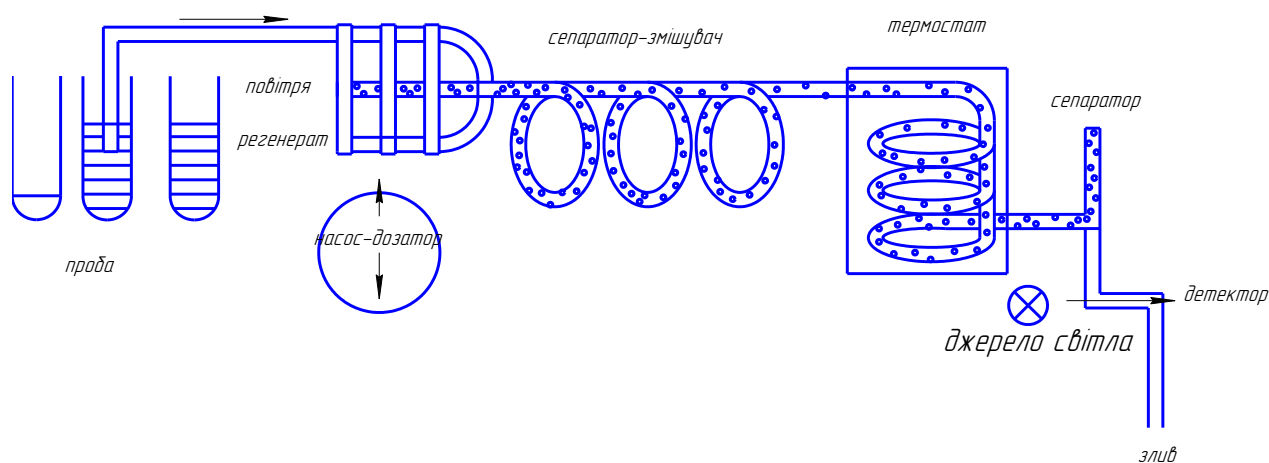


Схема безперервного проточного аналізатора з сегментацією потоку бульбашками повітря (згідно Скеггса)

Перед детектуванням з потоку рідини видаляють бульбашки повітря за допомогою сепаратора. Можливо і детектування безпосередньо в сегментованому потоці. Перешкоди з боку бульбашок в цьому випадку усувають за допомогою електронних пристроїв.

У БПА аналізаторах застосовують і багатоканальні насоси, керуючими декількома потоками реагентів. Пристрої для безперервного проточного аналізу дозволяють автоматизувати багато операцій хімічного аналізу: дозування розчину проби, поділ компонентів, розведення, додавання реагентів, перемішування,

термостатування, витримка (інкубація) розчинів, вимір, обробку та представлення результатів. Часто використовують методи детектування: флуорометрію, фотометрію полум'я, потенціометрію з використанням іон-селективного електродів.

Аналіз невідомого зразка можна поєднати з градуванням, вводячи в аналізатор порції розчинів проби і стандартних розчинів в порядку, що чергується.

Застосування багатоканальних насосів дозволяє виконувати одночасно аналіз декількох проб або аналіз однієї проби на кілька компонентів. У механічному відношенні пристрій БПА-аналізаторів досить простий, тому він надійний в роботі.

Недоліком методу є можливість забруднення розчинів в результаті тривалого руху по рідинній системі. Переобладнання БПА аналізаторів для вирішення іншої задачі здійснити складніше, ніж у випадку дискретних аналізаторів або при використанні технології ППА. БПА аналізатори пристосовані лише для виконання безлічі серійних аналізів; виробляти окремі нерегулярні аналізи з їх допомогою неможливо або недоцільно.

Проточно-інжекційні аналіз (ПІА)

Подальшим розвитком проточних методів стало створення в 1974 р Пунгором і, незалежно, Ружичкою методу проточно-інжекційного аналізу. В цьому методі певний об'єм проби, близько 100 мкл, вводять в ламінарний несегментований безперервний потік рідини (носія або розчину реагенту) і здійснюють детектування приблизно через 30 с. Вперше потік рідини створювали самопливом, під дією сили тяжіння. Потім для цієї мети стали застосовувати високоефективні рідинні насоси. За своєю будовою проточно-інжекційний аналізатор подібний з високоефективним рідинним хроматографом без розподільної колонки.

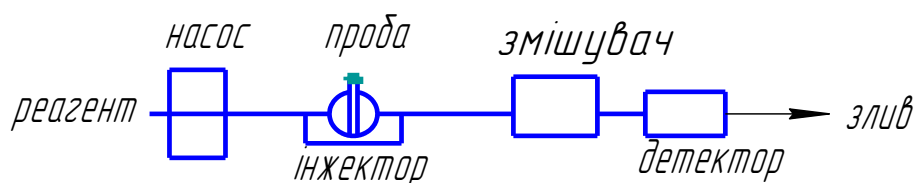


Схема рідинних потоків в одно каналному проточно-інжекційному аналізаторі

У ПІА зазвичай використовують перистальтичні насоси з круговим рухом притискних роликів. Вони дозволяють регулювати швидкість потоку в межах від 0,0005 до 40 мл/хв. Для введення проби використовують вентилі, аналогічні вживаним у високоефективній рідинній хроматографії. Об'єми введеного розчину проби зазвичай складають від 10 до 30 мкл.

Перемішування розчинів реагентів і проби відбувається під дією конвекції і дифузії. Повного перемішування при цьому зазвичай не досягається, і сигнал має форму піка, а не плато.

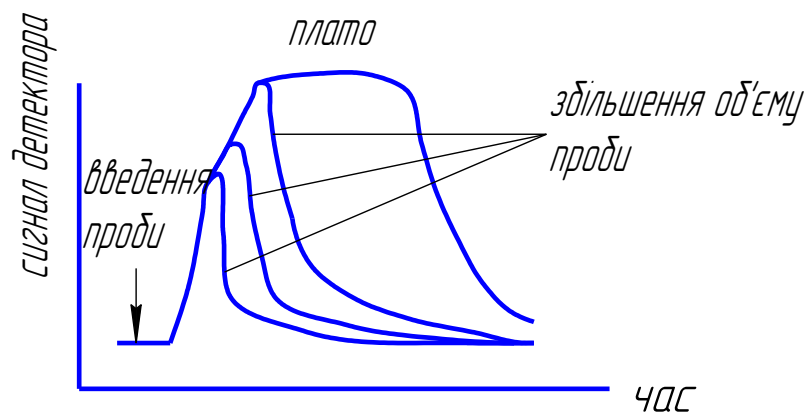


Схема впливу об'єму проби на форму і величину сигналу ПІА

Зазвичай детектування проводиться іонметричним методом. Визначити зміст речовини можна як за площею, так і по висоті піку. Відповідним способом необхідно проводити і градування. У методі ПІА не потрібно повного завершення реакції, тому продуктивність методу дуже висока - до 100 і більше аналізів за годину.

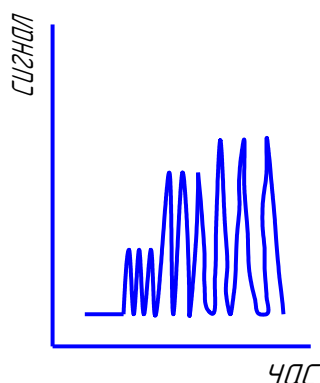


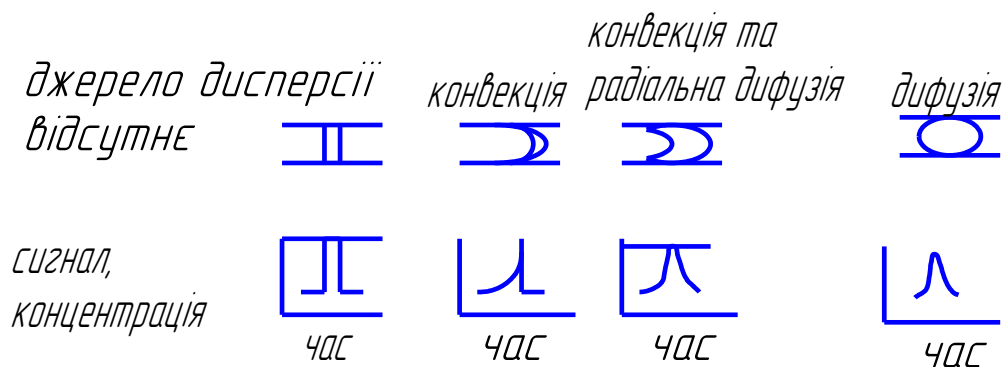
Схема сигналів детектора при ПІА проби зі збільшенням концентрації. Кожну пробу аналізували три раз

У рідинних системах для ПІА використовують дуже вузькі трубопроводи з діаметром, зазвичай не перевищуючим 0,5 мм. Швидкість потоку необхідно встановлювати дуже точно, щоб забезпечити відтворюване розмивання зон внаслідок дифузії. Розмивання зон характеризується величиною дисперсії D . Вона дорівнює відношенню концентрації аналізованого розчину C_0 до концентрації C в максимумі піку:

$$D = \frac{C_0}{C}$$

Дисперсія, що дорівнює одиниці, відповідає сигналу, що має форму плато (рис. 1.5). Це можливо лише в разі, якщо в потоці не відбувається ні

перемішування зони продукту реакції з навколишньою рідиною, ні розведення аналізованого розчину. Однак, якщо реагент не міститься в потоці носія, а вводиться додатково, то розведення виявляється неминучим. Таким чином величини дисперсії в ППА завжди більше одиниці. При збільшенні як довжини змішувальної спіралі, так і швидкості потоку дисперсія зростає. При цьому внаслідок конвекції і дифузії змінюється також форма піка (з вихідної прямокутної вона стає розмитою) і збільшується його ширина.



Схеми впливу конвекції і дифузії на концентраційний профіль зони визначаємого компонента і форми сигналу детектора

В ході подальшого розвитку ППА стало можливим додаткового зменшити об'єми введеної проби. Отримали розповсюдженні інші методи детектування - потенціометричний з використанням ІСЕ, атомно-емісійний з ІСП, атомно-абсорбційний. Перенесення звичайної методики хімічного аналізу в проточно-інжекційні варіанти, як правило, вимагає спеціального додаткового дослідження. Безпосередньо в ході проточно-інжекційного аналізу можна здійснити безліч видів пробопідготовки, таких як, встановлення рН, розсіювання під дією УФ - або мікрохвильового опромінення, діаліз, відгонка, екстракція, іонний обмін, розведення і т.д.

В цілому метод ППА краще для виконання невеликих серій аналізів, оскільки в ППА переналаштування обладнання для виконання іншої методик простіше, ніж в БПА. Для виконання ж великої серії стандартних аналізів, а також досягнення максимально можливої автоматизації процесу краще виконувати БПА. Цей метод більш продуктивний зважаючи на можливість виконання одночасних паралельних аналізів за допомогою багатоканальних аналізаторів. Часто метод БПА виявляється і чутливішим, ніж ППА, оскільки сегментація потоку бульбашками повітря зменшує дисперсію й розмивання піків. Однак при використанні попереднього концентрування метод ППА по чутливості може перевершити БПА.

У літературі представлені наступні класифікаційні ознаки проточно-інжекційних систем [11]: коефіцієнт дисперсії зразка, кількість детекторів, підходи до управління потоком розчину носія, тип використовуваних реакторів, тип проведення хімічної реакції, вид розведення, який заснований на розрізі зони проби, тип детектора, метод інжектування проби, тип змішувача.

Порівняльні переваги і недоліки БПА та ППА можна поділити наступним

чином:

1. Конструктивно ППА простіше БПА в основному завдяки відсутності необхідності вводити і видаляти з потоку бульбашки повітря.

2. Продуктивність аналізу в ППА приблизно вдвічі вище, ніж в БПА, і приблизно в два рази менше витрата проби і реагентів.

3. Чутливість детектування вище в БПА, оскільки проба не розбавляється в проточній системі носієм.

4. У БПА вище також точність і правильність результатів і результати менше залежать від коливань об'єму проби внаслідок краще вираженого концентраційного профілю в детекторі при рівноважному стані і можливості усереднення даних по всій горизонтальній ділянці реєстрованої кривої. Остання операція вимагає, природно, більш складної математичної обробки результатів.

5. Завдяки сегментації потоку дифузійне розмивання зон в БПА набагато менше, що знижує ймовірність злиття зон в потоці. Істотною перевагою цього методу є можливість аналізу в тих випадках, коли для визначення потрібно порівняно великий час перебування в проточній системі, особливо при необхідності попереднього відділення визначаємого компонента.

6. Перевага ППА полягає в можливості застосовувати носії, що містять всі необхідні реагенти, і генерувати реагенти кулонометричним методом безпосередньо в потоці носія.

Таким чином, ППА найбільш придатний для експресного аналізу простих за складом об'єктів, в той час як переваги БПА найбільш повно реалізуються при аналізі більш складних проб.

Центрифужний аналіз

Методи проточного аналізу - БПА та ППА - дозволяють, як правило, здійснювати лише послідовний аналіз проб. Якщо час аналізу досить великий як, наприклад в кінетичному методі, то ця обставина не дозволяє досягти високої продуктивності. Тому розроблені спеціальні аналізатори, призначені для одночасного аналізу цілої серії проб. Змішування розчинів усіх проб з розчином реагенту в них проводиться одночасно.

Конструктивно паралельний аналізатор влаштований у вигляді центрифуги. Тримач для проб має форму диска і має безліч гнізд, розміщених по периметру.

Перед початком аналізу відсіки заповнюють відповідними розчинами, а потім на короткий час приводять диск в обертання зі швидкістю близько 350 обертів в хвилину за допомогою центрифуги. При цьому під дією відцентрової сили розчини в кожному гнізді одночасно перемішуються і надходять у вимірювальний осередок. Іноді для прискорення перемішування використовують потік повітря. Після цього в кожному осередку можливо виміряти швидкість хімічної реакції за допомогою фотометричної індикації будь-яким доступним способом - методом фіксованого часу або по нахилу початкової ділянки кінетичної кривої.

Такі аналізатори особливо часто використовують для визначення ферментів. На відміну від традиційного варіанту ферментативних методів, що

застосовується для визначення субстратів, тут вивчають залежність швидкості реакції від концентрації ферменту, а не субстрату.

Системи автоматичного контролю виробничих процесів

Аналітичний контроль виробничих процесів передбачає постійне стеження за зміною різних фізичних і хімічних параметрів з плином часу - в потоці рідини, газу або сипучого матеріалу, в ході хімічної реакції. Необхідно буває і безпосередній аналіз твердих зразків. Як правило, хімічні компоненти об'єктів виробничого аналізу бувають відомі заздалегідь. Отже основний зміст виробничого аналізу становить кількісний аналіз. Завдання якісного аналізу досить обмежені і зводяться головним чином до встановлення самого факту появи в уже згадуваному об'єкті будь-якої нової, невідомої речовини.

Вимоги до методів аналізу промислового виробництва полягають у наступному.

- Методи виробничого аналізу повинні бути досить експресними, тобто виконуватися за короткий час.

- Для виконання аналізу слід використовувати значно більш прості в порівнянні з аналітичною лабораторією методиками, а також просте і компактне обладнання.

- Показники точності результатів повинні бути досить високими - особливо в тих випадках, коли мова йде про визначення досить дорогих продуктів.

- Використовувана апаратура повинна мати підвищену стійкість в експлуатації по відношенню до впливу таких типових виробничих факторів, як вібрація, запиленість, електричні і магнітні поля.

- Виконання методик аналізу має бути здійснено безпосередньо силами виробничого персоналу, який, як правило, в області аналітичної хімії має меншу кваліфікацією, ніж фахівці.

- Особливі вимоги пред'являються до пробо відбору і пробопідготовки. Найчастіше лабораторні прийоми, що застосовуються для цих цілей, перенести в виробничі умови вкрай важко. Об'єкти аналізу можуть мати вельми високу температуру, перебувати під високим тиском, представляти собою пересичені розчини, суспензії з великою кількістю зернистих або волокнистих часток, хімічно агресивні середовища або радіоактивні матеріали.

У виробничому аналізі застосовують весь методичний арсенал аналітичного приладобудування, починаючи від методик, які виконуються безпосередньо на місці виробництва, і закінчуючи тими, які виконуються в спеціалізованих лабораторіях.

Способи здійснення виробничого аналізу

Існує безліч способів організації і виконання виробничих аналізів. Серед них способи, які умовно можна назвати «в лабораторії», «на місці», «на лінії», «в потоці», а також «безконтактний».

Спосіб аналізу «в лабораторії» з організаційної точки зору нічим принципово не відрізняється від уже відомої процедури виконання лабораторних

аналізів. Пробу відбирають з виробничого потоку, і відсилають в централізовану лабораторію, де її аналізують будь-якими доступними методами.

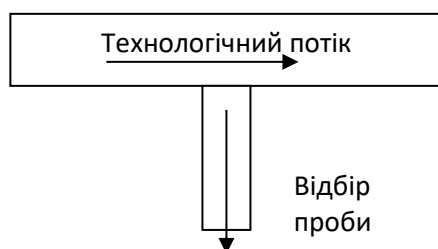


Схема способу аналізу «в лабораторії» та на місці

Такий спосіб зазвичай застосовується тоді, коли необхідні методи, які вимагають складного вартісного обладнання. В цьому випадку спосіб аналізу «в лабораторії» вигідний економічно, оскільки дороге обладнання постійно завантажено. Висока кваліфікація фахівців, які проводять аналіз, методична коректність виконуваних процедур і використання обладнання, перевіреного метрологічними службами, гарантують достовірність отриманих результатів. Недоліком же такого способу є значна тривалість аналізу. Виконання аналізу можна прискорити, якщо для транспортування проб використовувати пневматичне обладнання, однак це пов'язано з додатковими витратами. Аналізи в лабораторних умовах, як правило, проводять лише при запуску нового виробництва, відпрацювання технологічного регламенту і в ході виробничих досліджень.

Спосіб аналізу «на місці» істотно наближений до умов виробництва. У цьому випадку також відбирають пробу дослідного матеріалу, проте аналіз виконують вже безпосередньо в виробничому приміщенні за допомогою достатньо простого обладнання. Перевагами такого способу являються скорочення часу аналізу, збільшення можливостей для контролю за ходом виробничого процесу та використання більш простої і дешевої апаратури. Однак на практиці реалізувати такий спосіб аналізу не завжди можливо.

Спосіб «на лінії» передбачає вже безпосередній аналіз технологічного продукту. Відбір, підготовка і транспортування проби до вимірювального приладу здійснюються автоматично. Набір параметрів, що вимірюються способом «на лінії», не обмежується лише хімічною (якісною і кількісною) інформацією, але може включати і різноманітні фізичні величини, а також сумарні, узагальнені характеристики. Аналіз «на лінії» можна виконувати як дискретно, так і безперервно.

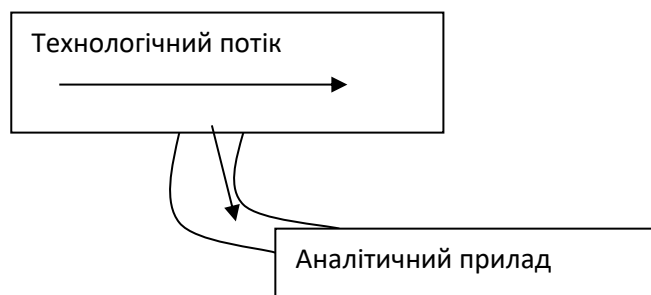


Схема способу аналізу «на лінії»

Дискретний аналіз «на лінії». Деяку частину речовини автоматично відбирають з технологічного потоку через визначені проміжки часу і вводять в вимірювальний прилад за допомогою інжекції. Серед використовуваних методів аналізу переважає проточно-інжекційний аналіз. Проточно-інжекційний аналіз легко піддається автоматизації за допомогою різних засобів. У проточно-інжекційному варіанті можна реалізувати безліч традиційних методик аналізу розчинів хімічними та фізико-хімічними методами.

Час виконання аналізу досить малий, а продуктивність висока. Точнісні показники результатів аналізу, як правило, цілком достатні для вимог виробництва. Якщо методика проточно-інжекційного аналізу потребує додаткових операцій - екстракції, хроматографічного розділення, діалізу - то їх також можна здійснити в автоматизованому режимі в потоці. Дискретний аналіз «на лінії» в принципі дозволяє повністю автоматизувати аналітичний процес і виключити втручання оператора.

Безперервний аналіз «на лінії». В цьому випадку деяка частина речовини з виробничого потоку протікає через вимірний осередок безперервно.

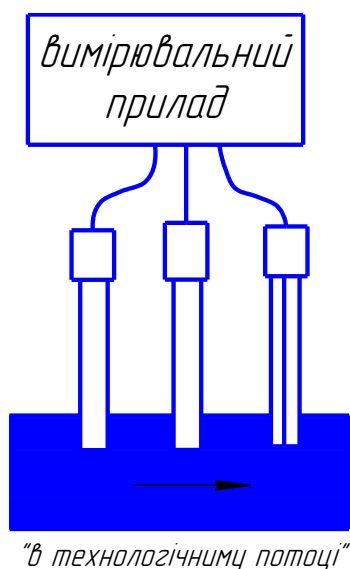


Схема безперервного аналізу «на лінії»

Обидва способи здійснення аналізу «на лінії» мають один і той же недолік: аналізу піддається лише деяка окрема частина технологічного потоку. Однак можливий аналіз і безпосередньо «в потоці». Для цього в виробничий потік вводять спеціальні зонди, наприклад, виготовлені на основі хімічних сенсорів, і безперервно або періодично реєструють їх показання. Здійсненню аналізу «в потоці» сприяє велика різноманітність типів хімічних сенсорів і широке коло вирішених з їх допомогою задач. На жаль, багато хто з розроблених на даний момент хімічних сенсорів не задовольняють всім вимогам виробничого аналізу. Тому часто доводиться обмежуватися виміром лише деяких, найбільш простих, але в той же час часто і найбільш важливих, параметрів. Серйозну проблему

представляє собою «старіння» сенсорів, погіршення їх характеристик з плином часу.

«Безконтактний» спосіб здійснення виробничого аналізу передбачає відсутність безпосереднього фізичного дотику сенсора з аналізованим об'єктом. Однак в цьому випадку до того ж відпадає і проблема забруднення сенсора, отруєння його компонентами технологічного потоку. Прикладами «безконтактного» аналізу можуть служити ультразвукові дослідження для отримання інформації нехімічного характеру. Цей неруйнівний спосіб аналізу часто здійснюється дистанційно.

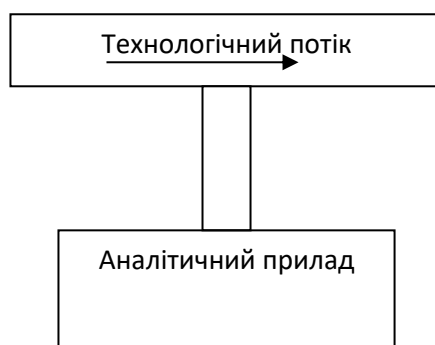


Схема «безконтактного» способу

Основні принципи побудови систем автоматичного контролю параметрів технологічної води

Системою автоматичного контролю (САК) називають сукупність функціонально-пов'язаних пристроїв, яка поряд з вимірюванням забезпечує все необхідне інформаційне обслуговування контрольованого об'єкта, що включає автоматичний збір, виявлення, передачу, запам'ятовування, реєстрацію і обробку вимірювальної інформації.

САК застосовують як автономно (для вимірювання параметрів рухомих об'єктів, промислових установок, зовнішнього середовища, біологічних і медичних об'єктів), так і в складі різних автоматизованих інформаційних комплексів, створених на основі інтеграції вимірювальної та обчислювальної техніки.

Основним завданням САК є контроль співвідношення між поточним (вимірним) станом об'єкта і встановленої «нормою поведінки» за відомою математичною моделлю об'єкта [11].

Узагальнена структурна схема САК представлена в [11]. Для кожної САК характерні вимірювальні, керуючі, інтерфейсні, обробні модулі. Для кожної конкретної САК кількість модулів, їх склад, функції та зв'язку між ними встановлюються в процесі проектування.

Для аналізу якості технологічної води одним з основних модулів є модуль первинного вимірювального перетворювача, що складається з систем відбору, підготовки, транспортування і вимірювання.

Автоматизовані вимірювальні комплекси (АВК) для аналізу якості технологічної води вирішують такі питання контролю і управління

технологічними процесами:

- попередження аварійних ситуацій за допомогою вузлів захисту, блокування і попереджувальної сигналізації;
- здійснення заданого технологічного режиму роботи апаратури з використанням локальних САК складу технологічної води, температури окремих параметрів, тиску окремого обладнання;
- зведення до мінімуму відхилення від технологічного регламенту і простою обладнання, викликаного недостовірністю або несвоєчасністю інформації, що надходить до технологічного оператора;
- відображення поточної інформації про стан технологічного процесу за допомогою показуючих і реєструючих приладів для подальшого аналізу і вдосконалення обладнання і регламенту роботи комплексу.

Основний недолік таких систем автоматизації в тому, що функціонування первинних перетворювачів не ґрунтується на виконанні заздалегідь відомих закономірностей. АВК реалізують наступні етапи:

- одержання вихідної вимірювальної інформації в результаті взаємодії первинних вимірювальних перетворювачів (хімічних датчиків) з об'єктом вимірювання;
- перетворення вимірювальної інформації із заданою і гарантованою точністю;
- зіставлення сигналів вимірювальної інформації з розмірами загальноприйнятих одиниць виміру, оцінка та їх подання.

Сучасні САК набувають характеру штучного інтелекту, за рахунок нових додаткових властивостей використання апаратного і програмного забезпечення. Досить часто при контролі якості технологічної води, щоб отримати інформацію про параметри об'єкта, необхідно провести комплексні вимірювання, а значення вимірюваної величини отримати розрахунковим шляхом на основі відомих функціональних залежностей.

В роботі [12] рекомендують доцільно розглядати САК - в структурному і функціональному розумінні. Структурна частина САК відображає об'єднання різних підсистем і використання засобів обчислювальної техніки. Функціональна частина - характеризує збільшення числа функцій виконуваної системою, однак першість в ній відводиться вимірювальним функціям (датчикам).

Проточно-інжекційний аналіз (ПІА) має переваги: висока продуктивність, достовірність результатів, легкість автоматизації, яка робить його найбільш поширеним підходом до розробки приладового забезпечення автоматизації контролю та ідентифікації параметрів виробничих процесів в різних галузях народного господарства України.

В цілому ПІА базується на наступних загальних принципах [11-13]:

- введення мікропроб (зразка) в ламінарний потік носія;
- стабільний рух зони зразка в системі, що супроводжується протіканням різних фізико-хімічних процесів (змішування, хімічну взаємодію і т.д.);
- строгий контроль дисперсії (розмивання і розведення) введеного зразка в процесі руху його через систему, яка визначається геометричними і

гідродинамічними параметрами;

- постійна часу перебування зразка в системі;
- безперервне вимірювання фізичної величини та вимірювання перехідного аналітичного сигналу (в нерівноважних умовах).

В якості образно-знакової моделі вимірювального модуля розуміємо її структурну схему, що включає хімічні датчики, що входять в інформаційний тракт системи і використовуємо також допоміжне обладнання з виділенням в системі пристроїв, що виконують певні самостійні функції і допускають автономне їх використання.

Декомпозиція (роз'єднання) системи на функціональні самостійні пристрої дозволяють проектувати і виготовляти різні за призначенням САК (різні хімічні датчики) з однієї і тієї ж номенклатури пристроїв, вибираючи відповідні композиції.

Послідовність розташування пристроїв в різних САК може бути різною, функції декількох пристроїв можуть бути суміщені. Характерним для моделі вимірювального модуля є наявність функціональних зв'язків як типових в системах різного призначення і технічного втілення.

Справді САК є небагато, в більшості систем використовується механізація окремих операцій. Проте, в останні роки в зв'язку з інтенсивним впровадженням в аналітичне приладобудування мікроелектроніки і засобів обчислювальної техніки у багатьох промислово розвинених країнах розроблені автоматизовані системи та прилади. Так, в роботі [11] описана автоматизована аналітична вимірювальна система з використанням іон-селективного електродів і мікроЕОМ.

Система містить інформаційно-обчислювальний комплекс, орієнтований на вирішення завдань зі збору та обробки даних, що надходять від різних пристроїв, і управління їх функціонуванням в реальному масштабі часу.

Система містить функціональні модулі обробки даних: інформаційно-керуючих і аналітичний, що має два варіанти (А) для дискретного та (Б) для безперервного аналізів.

Модуль обробки даних базується на мікро-ЕОМ

Периферійне обладнання складається з друкувального пристрою.

На рисунку вище штриховий лінії зображені пристрої модуля обробки даних, нижче - пристрої інформаційно-керуючого модуля.

Програмне забезпечення має модульну структуру і складається з керуючої програми, набору програм для виконання функціональних операцій, драйверних програм, набору стандартних програм з бібліотеки ЕОМ. Постійно зберігається в ОЗУ лише керуюча програма, інші знаходяться в ЗПП і зчитуються в ОЗУ тільки під час виконання конкретного завдання виміру, обробки або управління. Керуюча програма забезпечує збір та обробку даних від зовнішніх джерел в реальному масштабі часу, управління функціонуванням зовнішніх пристроїв, реєстрацію результатів.

Набір програм для виконання функціональних операцій призначений для реалізації окремих операцій, пов'язаних з рішенням локальних задач: градування електродної пари, контроль введення початкових умов і т.д.

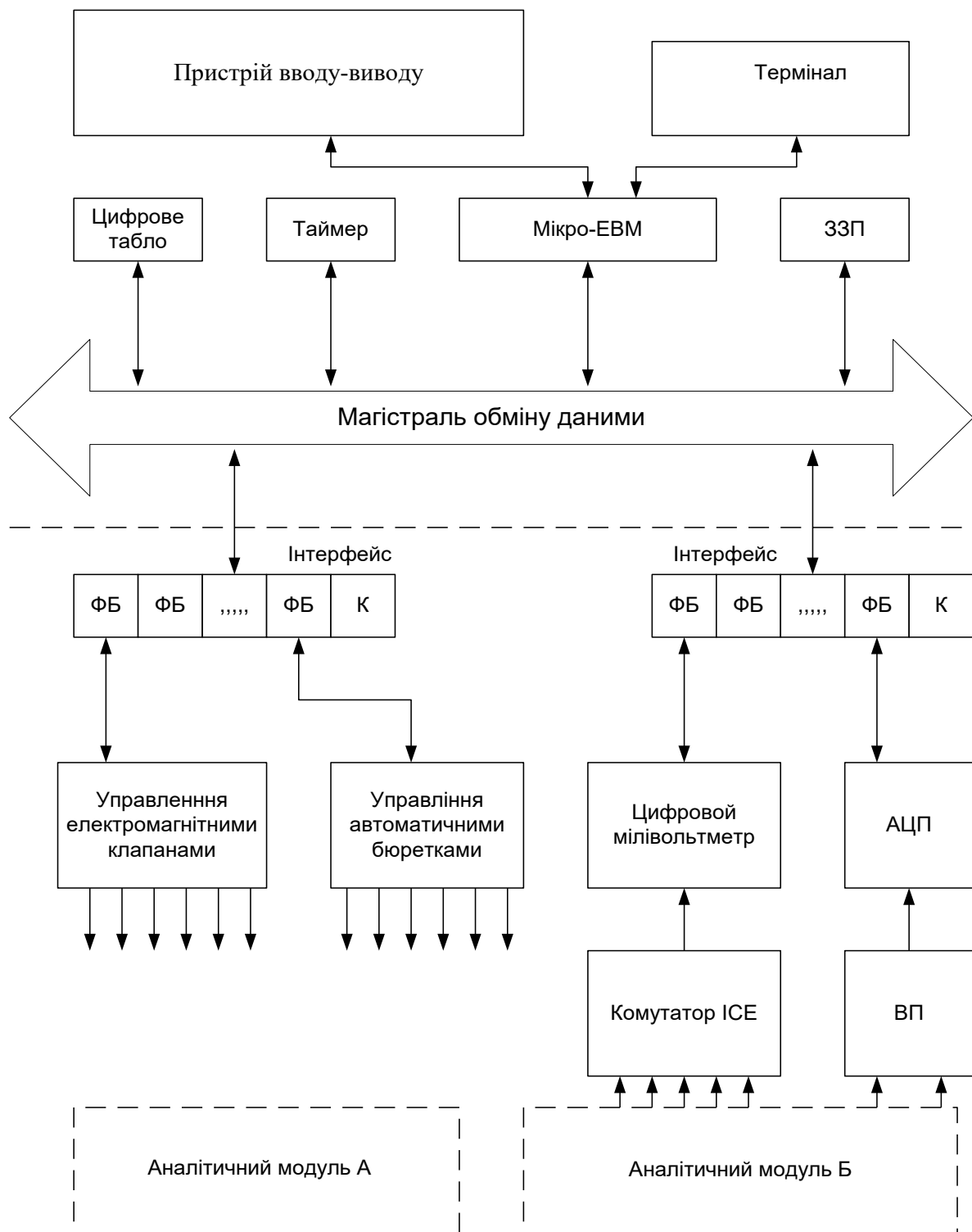


Схема системи: ЗЗП - зовнішній пристрій; ФБ - функціональний блок; К - контролер; ВП - високоомний перетворювач

Драйверні програми обслуговують зовнішні пристрої: автоматичні бюретки, вимірювальні пристрої та ін.

Інформаційно-керуючий модуль містить 8-канальний аналоговий комутатор ІСЕ, високоомний перетворювач (ВП), кодоімпульсний АЦП, цифровий вольтметр типу з роздільною здатністю 0,1 мВ, блок управління

електромагнітними клапанами, блок управління автоматичної бюретки, двох координатний самописець. Модуль дозволяє працювати в двох режимах: ІСЕ-ВП-АЦП-вихід на пристрої обробки та подання інформації; ІСЕ-комутатор ІСЕ-цифровий високоомний вольтметр-вихід на пристрої обробки та подання інформації.

Аналітичні модулі дозволяють здійснювати аналіз рідких зразків дискретними або безперервними методами або поєднанням методів. При дискретному аналізі використовується модуль А, що включає дозуючі пристрої, автоматичні бюретки, приймачі для окремих проб зразків, механічні та магнітні мішалки, електродні пари (ІСЕ-електроди порівняння). Аналітичні операції дозування розчинів, їх перемішування, введення стандартних добавок виконується окремо для кожного визначного іонного компонента в окремому приймачі. Можлива одночасна робота з кількома приймачами (до восьми).

При безперервному аналізі використовується модуль Б, що містить блок електромагнітних клапанів, багатоканальний перистальтичний насос, блок термостабілізації і перемішування розчинів, проточні електрохімічні осередки з електродними парами. Операції дозування розчинів, введення стандартних добавок і зразків виконуються за допомогою насоса і блоку електромагнітних гідравлічних клапанів. Можлива робота з декількома проточними клапанами (до восьми).

Перед початком роботи оператор вводить в пам'ять ЕОМ початкові умови: атомні маси визначених компонентів, концентрації використовуваних стандартних розчинів, кількість необхідних точок градування, нижню границю визначної концентрації. Після натискання клавіші «Старт» всі наступні операції виконуються автоматично. Визначаються градувальні характеристики, концентрація іонних компонентів в пробах. Результати визначень виводяться на табло і цифродрук в заданих одиницях (мг/л, мг-екв/л і ін.) При дискретному аналізі зміна зразка проводиться вручну, в безперервному аналізі введення зразків проводиться автоматично за допомогою пробовідбірника.

В роботі [11] описана мікропроцесорна система для потенціометричних вимірювань з використанням іон-селективних електродів. Для елімінування матричних ефектів використовується метод добавок. Результати вимірювань обробляються із застосуванням модифікованого методу Грана. Функціонування системи показано на прикладі визначення змісту фторид-іона в зубній пасті. При використанні фторид-селективного електрода модифіковане рівняння Нернста представляється у вигляді:

$$K[F^-] = 10^{\frac{E'_F - E}{S}},$$

де K - константа пропорційності;

$$E'_F = E_F^0 + m,$$

m - довільна константа;

E - вимірне значення ЕРС електродної пари;

E_F^0 - стандартний потенціал;

S - крутизна градуйованого графіка.

Функцію ЕРС електродної системи в залежності від величини стандартної добавки можна лінеаризувати, якщо нанести на графік значення величини, як функцію V_g :

$$(V_0 + V_g) \cdot 10^{\frac{(E_F^0 - E)Q}{V_0}}$$

де V_0 - об'єм вимірюваної проби;

V_g - об'єм стандартної добавки.

Результат вимірювання отримували використовуючи точку перетину прямої лінії і негативній частині осі, на якій відкладені значення V_g .

В якості індикаторного електрода використовували фторид-селективний електрод «Orion» моделі 94-09.

Добавки з кроком 0,1 мл отримували шляхом подачі стартових імпульсів з інтервалом 1 с на схему управління автоматичної бюреткою.

Сигнали від мілівольтметра TTL-рівня з позитивною логікою в двійково-десятичному форматі прямо подаються до паралельних портів мікро-ЕОМ.

Мікро-ЕОМ складається з трьох плат: центрального процесора, плати пам'яті і розширювачів введення-виведення, плати арифметичного процесора.

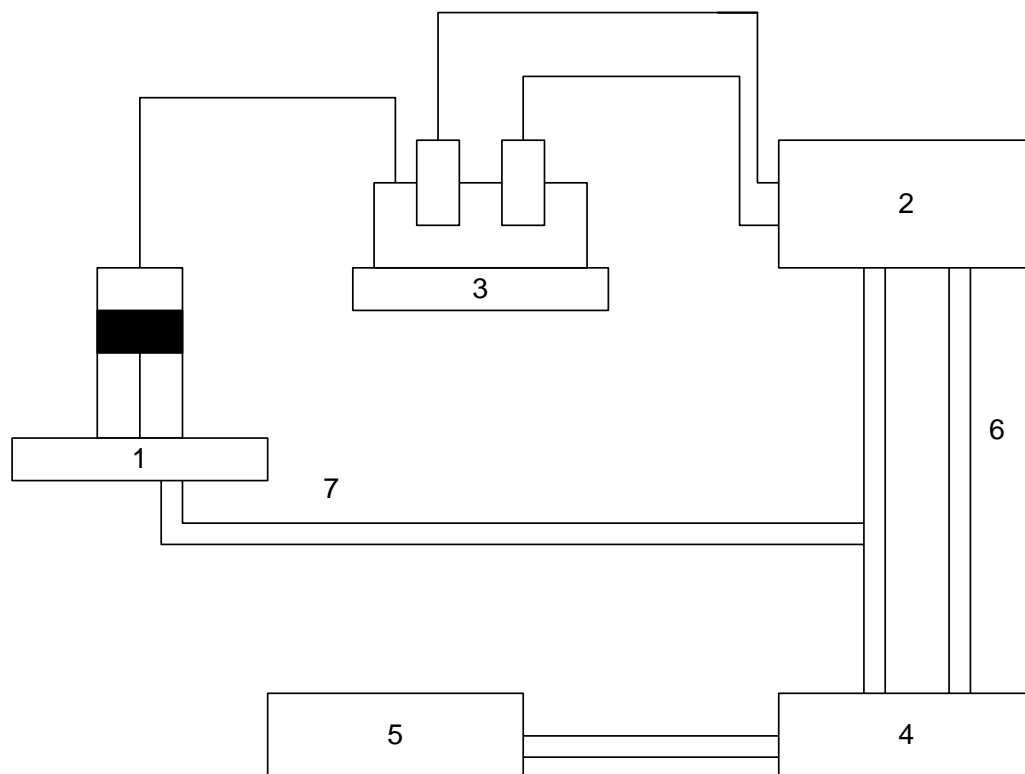


Схема титратора з мікро-ЕОМ: 1 - бюретка; 2 - мілівольтметр; 3 - мішалка; 4 - мікро-ЕОМ; 5 - термінал; 6 - шина даних; 7 - шина управління

Розроблено проста автоматична система, яка використовує мікро-ЕОМ НР-85 для програмованого потенціометричного титрування [11].

Система включає цифровий рН-метр типу ОР-208 з точністю $\pm 0,1$ мВ і цифровим виходом; автоматичну бюретку з точністю $\pm 0,001$ мл типу АВU-12; мікро-ЕОМ НР-85 з ПЗУ і інтерфейсним блоком. Система забезпечує передачу даних і керуючих команд між експериментальним обладнанням і мікро-ЕОМ. Система використовується в кислотно-основному титруванні з застосуванням скляного і каломельного електродів. Точність - 0,2 %.

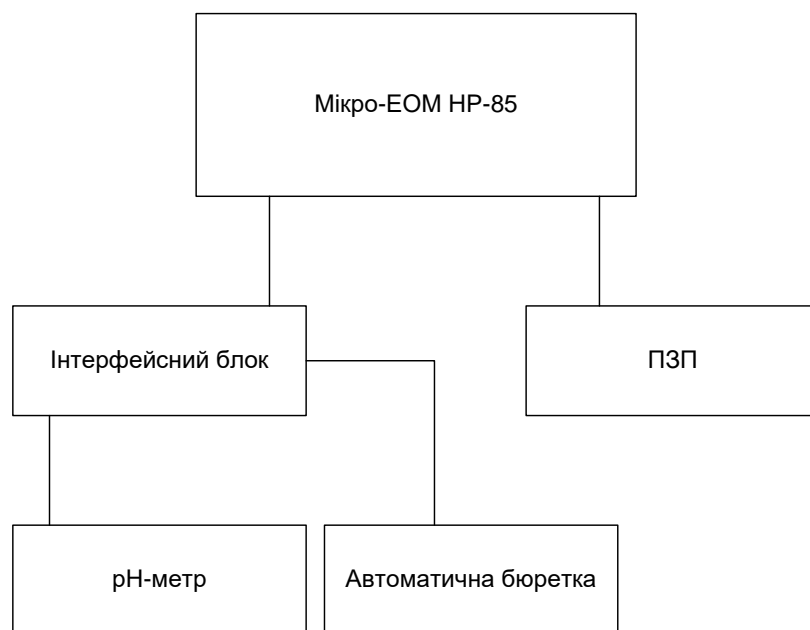


Схема автоматизованої системи для програмованого потенціометричного титрування

Вимірювання рН води і рідин

Вимірювання рівня рН проводиться з метою спеціальної підготовки води або іншої рідини. Надійні і точні прилади для вимірювання рН легко контролюють кислотність середовища, а купити вимірювачі рН можна в оптимальній комплектації і під конкретні потреби.

Області застосування датчиків рівня рН

Контроль рН необхідно проводити при роботі з водою в різних сферах промисловості:

- Фармакологія, косметика
- Харчове виробництво, лакофарбова промисловість
- Акваріумістика, рибницьке господарство
- Агропромисловість, сільське господарство, рослинництво, землеробство
- Високотехнологічне виробництво горючих матеріалів

Призначення вимірювача рівня рН

Основне застосування вимірювачі рН знаходять при вирішенні завдань, що

виникають при підготовці рідин:

- Підтримка необхідної кислотності (вимір рН) в акваріумах, басейнах, рибному господарстві, хімічному виробництві
- Вимірювання рН води при заготівлі води для виготовлення напоїв
- Моніторинг водневого показника ґрунту в рослинництві та аграрної промисловості
- Здійснює хімічну підготовку води для котелень

Переваги вимірювача рН

Переваги датчика рН води відбиваються в наступних моментах:

- Вимірювач рН води необхідний в акваріумістики
- Легко і зручно оцінює водневий показник в рідині
- Забезпечує постійний контроль за якістю води на виробництві

Недоліки приладу для вимірювання рН води

рН-метр як датчик має своєрідні недоліки:

- Вузька спеціалізація діяльності
- Поступовий знос електродів (можлива зміна показань)

Моделі приладів і аналоги

Вимірювач рН води AnaCONT LE. Сучасна модель. Крім рН, вимірює також ОРР (окисно-відновний потенціал). Оснащений релейними виходами, комунікація здійснюється за аналогових виходів і цифровим промисловим протоколам. Має релейні висновки і використовується як регулятор.

Принцип роботи датчика рН

рН-метр промисловий використовує в своїй роботі метод вимірювання ЕРС електродної системи. Дана система складається з вимірювального зонда і зонда порівняння. Вимірювання між цими зондами (електродами) ЕРС завжди пропорційна водневого показника рН (активності іонів в розчині). Електроніка приладу обробляє отримані сигнали і вираховує величину рН. Потім ця величина перетворюється в потрібний вихідний сигнал.

Вимірювання кисню в воді і рідинах

Вимірювання розчиненого кисню у воді потрібно для реалізації майже будь-якої біотехнології. Датчики розчиненого кисню - необхідні прилади для визначення важливого показника якості води та його контролю.

Області застосування

У використанні аналізаторів кисню в воді зацікавлені дуже багато областей науки і промисловості:

- Рибна і харчова промисловість, акваріумістика
- Медицина і фармацевтика, біологія
- Хімічна, нафтохімічна промисловість

- Чорна / кольорова металургія
- Природоохоронна діяльність
- Теплоенергетика

Призначення киснемірів

Дослідження на вміст кисню проходять переважно у водному середовищі:

- Киснемір для котельні вимірює температуру і концентрацію розчиненого кисню у воді
 - Контроль кисню в природних чистих водах і на водоочисних спорудах (в процесі і після очищення)
 - Оцінка якості води при її підготовці
 - Контроль над аерацією води
 - Моніторинг вмісту розчинного кисню в промислових водах на різних стадіях виробничих процесів
 - Встановлення вмісту кисню у питній або мінеральній воді, напоях (харчова промисловість)
 - Аналіз стічних вод

переваги

Основні переваги пристроїв вимірювання кисню:

- Оперативно аналізують ступінь концентрації розчиненого кисню в польових умовах, що було неможливо при старих методах (Вінклера і модифікацій)
- Зручність в експлуатації і високі характеристики, що підвищують ефективність досліджень

недоліки

До недоліків можна віднести наступні моменти:

- Можливий знос зондів в процесі діяльності
- Вузька спрямованість застосування

Моделі приладів і аналоги

Для роботи в котельнях рекомендується використовувати киснемір, здатний вимірювати температуру. Один з таких - AnaCONT LED. Він вимірює концентрацію і температуру з точністю до 0,5 % і 0,5 °C відповідно. Адаптований до промислових АСУ виробничих процесів, має вихід 4 ... 20 мА, цифровий HART, силове реле. Доступне вибухобезпечне виконання. Виповнюється в компактному і роздільному варіантах.

Принцип роботи приладу





Принцип роботи розглянемо на прикладі киснеміра стаціонарного, який проводить тривалий моніторинг середовища. В аналізі використовується електрохімічний метод. Датчик має мембрану, яка дає можливість проникати кисню до датчика. При зануренні мембрани в рідину, кисень потрапляє в датчик,

і на його електродах з'являються електричний струм, пропорційний вмісту кисню. На основі параметрів цього струму цифровий перетворювач приладу вираховує показник концентрації і перетворює його в стандартний вихідний сигнал.

Вимірювання електропровідності води і рідин

Вимірювання електропровідності води проводиться для оцінки властивостей матеріалів і можливості їх використання. Датчики провідності витісняють застарілі методи, створюють більше зручностей і проводять аналіз на сучасному рівні якості.

Моделльний ряд датчиків електропровідності

Серія	Діапазон виміру	Робоча температура	Робочий тиск	Ступінь захисту	Вихідні сигнали	Виробничі приєднання
AnaCONT LCK 	1 мкСм/см – 2000 мкСм/см	-10...+70 °С	До 16 бар	IP67/IP68	4...20 мА, 4...20 мА HART	BSP 3/4", BSP 1"
Серія LDL 	100...1000000 мкСм/см	-25...+100 °С	До 16 бар	IP68/IP69K	IO-Link, 4...20 мА	G 1/2" зовнішня G 1" зовнішня Aseptoflex Vario, G 1" зовнішня ущільнюючий конус
INNOLevel IL-CS 	0...15000 мкСм/см	0...+100 °С	До 10 бар	IP67/IP69K	PNP, 4...20 мА	G1/2", гігієнічне виконання
CombiLyz AFI4/AFI5 	от 0...500 мкСм/см до 0...1000 мСм/см	-20...+140 °С	До 25 бар	IP67/IP69K	4...20 мА, 4...20 мА HART, 2 релейних виходу	монтажні адаптери G 1" (бобишка під приварку, Clamp, DIN, з'єднувальна гайка)

Області застосування датчиків електропровідності води

Прилади для вимірювання електропровідності води використовуються в сферах, що вимагають уваги до якості рідини:

- Медицина, фармакологія, біохімічна, біофізична і харчова промисловість (підготовка дистильованої води і водних розчинів, оцінка їх питомої провідності)
- Водоочисні споруди, підготовка води (контроль забрудненості і якості очищення)

- Хімічна, нафтохімічна промисловість (ремонт і буріння свердловин, підготовка і переробка нафти)
- Теплові електроцентралі

Призначення датчиків електропровідності води

Пристрої, які проводять вимірювання провідності води вирішують завдання таких типів:

- Моніторинг притоку пластових вод в свердловини при їх бурінні і визначення вологості при підготовці нафти
- Оцінка якості води (дистильованої або звичайної води при підготовці / очищення)
- Кондуктометричне титрування (аналіз розчину при додаванні до нього контрольованого кількості реагенту)
- Аналіз характеристик ґрунтів (засолення ґрунтів) по питомій електропровідності їх водних витяжок
- Вимірювання критичної концентрації міцело утворення

Переваги датчика провідності води

Кондуктометри виглядають кращими в порівнянні зі старими методами досліджень:

- На відміну від фотометричного і потенціометричного титрування показання встановлюються швидко, не виникає великих систематичних помилок і порція титранту не грає вирішальної ролі
- Даний метод менш трудомісткий в порівнянні з методом вимірювання поверхневого натягу у розчинів при визначенні критичної концентрації міцело утворення

недоліки

Основні недоліки приладів:

- При титруванні в присутності сторонніх електродів достовірність даних знижується
- Температура середовища впливає на показання (сучасні датчики проводять температурну корекцію)

Принцип роботи вимірювача електропровідності води

Принцип дії розглянемо на прикладі вимірника провідності води AnaCONT.

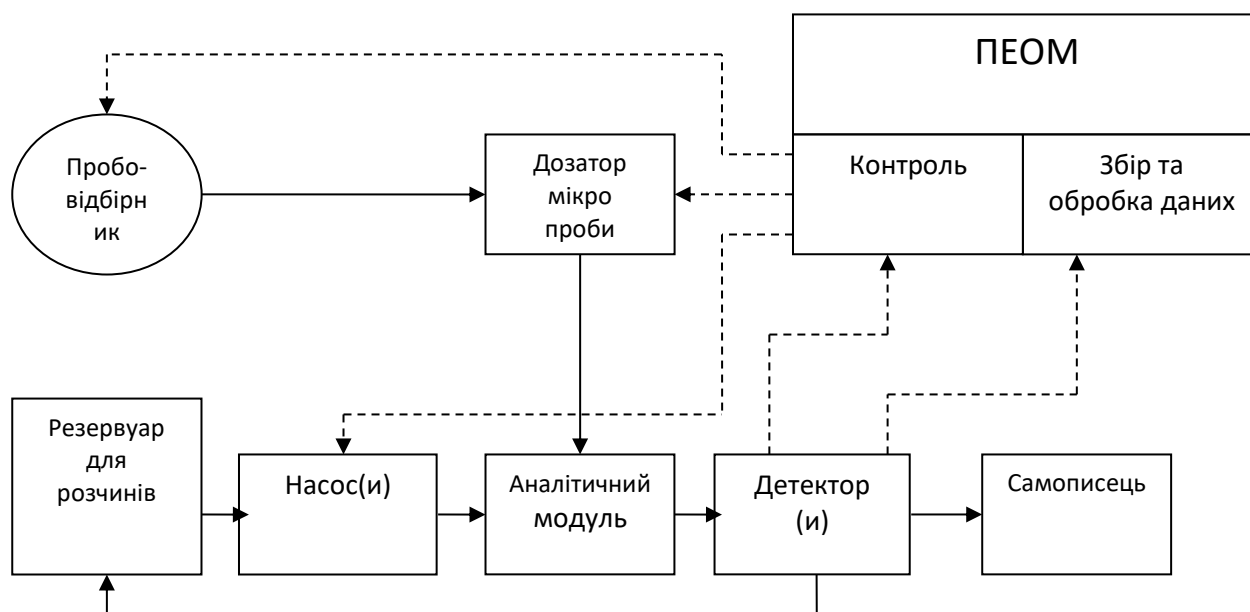
У рідину поміщаються 2 або 4 електрода, за якими подається змінна напруга. На основі відомого взаємного розташування електродів і їх геометричних розмірів, електроніка вираховує провідність електричного кола і конвертує її в стандартні вихідні сигнали. Температурний датчик використовується для регулювання. Як правило, значення провідності наводиться для 25 °С.

Побудова системи автоматичного контролю на основі проточно-інжекційного іонометричного методу

Розвиток проточно-інжекційного методу аналізу базується на успіхах у розвитку аналітичного приладобудуванні, комп'ютерних компонентів і систем. Приведена узагальнена схема САК на основі проточно-інжекційного іонометричного методу [11].

В роботі [11] представлена блок-схема вимірювального модуля елементарної проточно-інжекційної САК, яка складається з наступних вузлів:

- Насосної системи, що забезпечує введення розчинів в САК і створення регулярного потоку рідкого носія і розчинів реагентів з фіксованою швидкістю;
- Пристроїв відбору проби і введення її в рухливий потік носія;
- Аналітичного модуля, основу якого складає потікорозподільний пристрій - сукупність індивідуальних мікро трубопроводів, які з'єднані між собою і вузлами введення проби (дозатором), детектором, резервуарами розчинів реагентів, а також змішувачами і реакторами проточного типу;
- Детектора з проточним осередком;
- Блоку управління, обробки даних і видачі результатів.



Узагальнена схема проточно-інжекційної КСАК

На сучасному етапі розробки проточно-інжекційних іонометричних САК можна виділити три їх основні групи:

1. Вузькоспеціалізовані САК, призначені для вимірювання обмеженого числа компонентів в конкретних об'єктах.
2. Універсальні лабораторні САК широкого профілю, призначені головним чином, для проведення лабораторних аналізів і досліджень.
3. САК призначені для аналітичного контролю в виробничих лініях при управлінні виробничими процесами.

Розроблена схема комп'ютеризованої системи автоматичного контролю технологічної води проточно-інжекційного іонометричного виду.

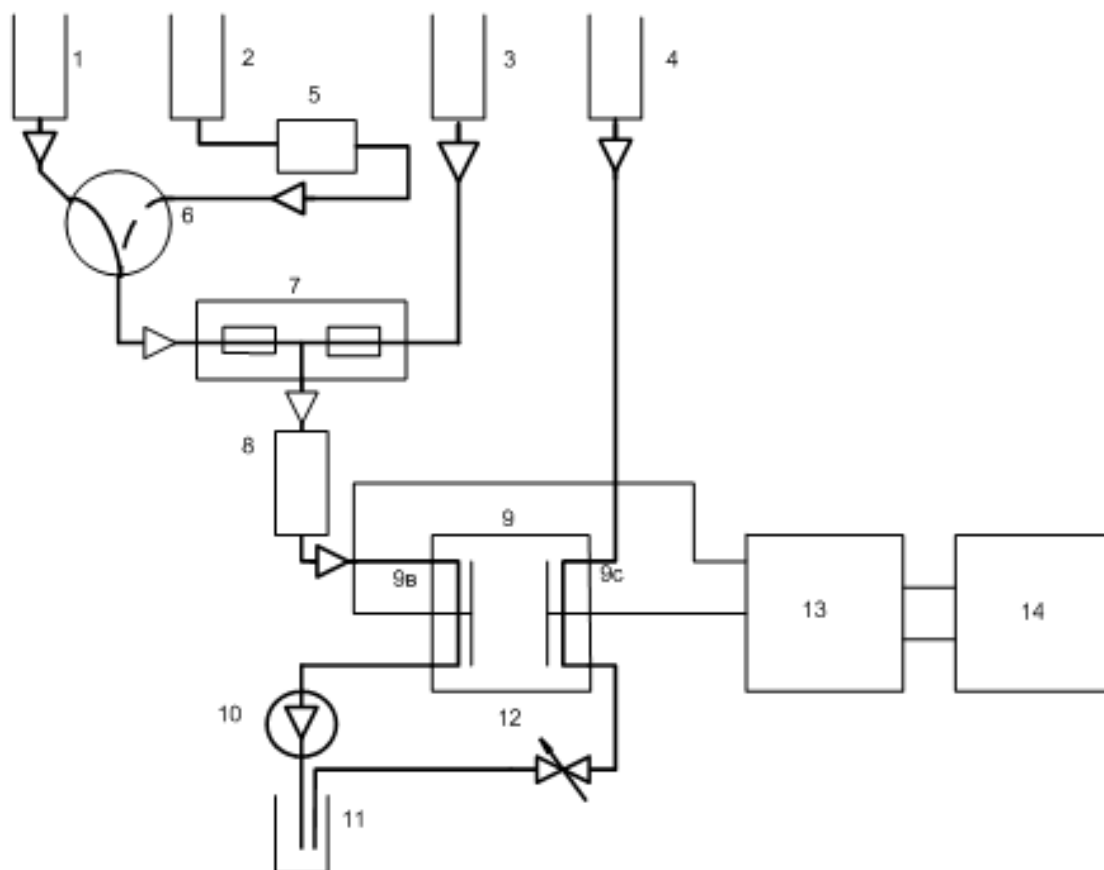


Схема комп'ютеризованої системи інжекційного іонометричного методу аналізу

В образно-знаковій моделі інжекційного аналізу можуть перед вимірами в проточному щільному детекторі додатково здійснювати фільтрування проби в потоці між ємністю з пробєю 2 та пристроєм пробопідготовки 5.

В якості ємності зі стандартним розчином визначаємого елементу 4 може використовуватися ємність зі стандартним розчином із гранично-допустимою концентрацією (ГДК) або її кратною величиною визначаємого елементу.

В якості двоходового крана 6 може використовуватися електромагнітний клапан.

В якості вузла співвідношення розчинів 7 може використовуватися щільний поточний пристрій з різним відношення розчинів проби та фонового електроліту, який може коригуватися довжиною, висотою та шириною, або формою площини поперечного перерізу щільового каналу.

В якості детектора 9 можуть використовуватися електрохімічні проточні щільинні перетворювачі та їх поєднання.

В якості насоса 10 може використовуватися перистальтичний або електромагнітний насос, або може бути виконаний у вигляді шприцевого насоса.

В якості клапана 12 для зменшення витрат стандартного розчину може використовуватися електромагнітний клапан.

В якості допоміжного вимірювального пристрою 13 можуть використовуватися ЕОМ, самописець. ЕОМ (мікроконтролер, мікропроцесор) може використовуватися в якості управляючого пристрою для роботи пристрою

пробопідготовки 5, двоходового крана 6, насоса 10 та проводити зняття інформації, обробку даних та оптимізацію проведення експерименту з проточного щільового детектора 9 та виводити інформацію на екран або на самописець з роздрукуванням та документуванням вимірів.

Схема здійснюється наступним чином. Через пристрій пробопідготовки 5, двоходовий кран 6, вузол співвідношення розчинів 7 в реакційний змішувач 8 за допомогою насоса 10 подають послідовно пробу. Для цього двоходовий кран послідовно робить з'єднання гідравлічної лінії, утвореної каналом багатогодового крану 6 і детектором 9, зі своїми входами, по одному з яких подається проба. Для забезпечення перемішування проби і фоновому електроліту, а також для забезпечення протікання реакції один з каналів вузла співвідношення розчинів сполучений з ємністю з фоновим електролітом 3, який є інертним по відношенню до проби. Для промивання дистильованою водою двоходовий кран 6 переводять в стан, коли гідравлічна лінія, утворена каналом багатогодового крану 6 і детектором 9, сполучена з цим каналом, дистильована вода з фоновим електролітом прокачується через реакційний змішувач 8. Після закінчення реакцій в реакційному змішувачі 8 продукти реакції з місткості 1 та 3 через детектор 9 поступають на злив 11. Для цього один з каналів багатогодового крану 6 використовується як промивний і сполучений з ємністю для зливу 11. Детектор 9 робить виміри (реєструє аналітичний сигнал), на підставі даних яких робиться обчислення результату, наприклад за допомогою обробки інформації, виконаного у вигляді ЕОМ. У разі потреби тривалих вимірів (наприклад, при дослідженні кінетики реакцій) можлива зупинка насоса 10 на час проведення вимірів.

У разі потреби пробопідготовки перед вимірами в детекторі 9 між ємністю з пробую 2 та двоходовим краном розміщують пристрій пробопідготовки 5.

Розроблено пристрій ультразвукової пробопідготовки у вигляді порожнистого циліндра, всередині якого розміщений капіляр діаметром 0,8-1,2 мм, по якому проба надходить у вимірювальний блок КСАК. Оптимальні параметри ультразвукової дії на потік технологічної води, що рухається, склав 20-22 кГц з інтенсивністю до 2 Вт/см². При невеликих швидкостях потоку до 10 мкл/с похибка виміру зменшилася на 0,2 % за рахунок зменшення ультразвуком впливових величин.

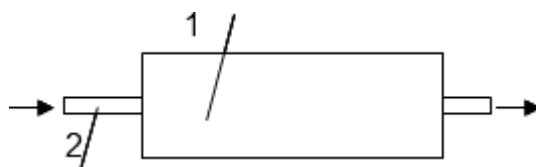


Схема пристрою ультразвукової пробопідготовки: 1 – проточний реактор з випромінювачем протяжного типу, 2 – циліндрична гідравлічна лінія проточної КСАК

Застосування ультразвукової пробопідготовки безпосередньо в потоці дозволило розширити застосування проточно-інжекційного аналізу і скоротити

час на контроль якості технологічної води.

Розроблена САК працює в наступних режимах:

- Проточний. Прямі методи іонOMETрії з вимірюванням потенціалу в потоці. Використовується для автоматичних контролюючих, слідкуючих і сигналізуючих ІВС контролю якості технологічної води.

- Проточний з зупинкою потоку. Прямі методи іонOMETрії з вимірюванням потенціалу при зупинці потоку. Використовується для побудови градуовального графіка, калібрування і перекалібрування іон-селективного електрода.

- Метод стандартних добавок. Стандартна добавка певного об'єму вводиться в потік носія. Використовується коли точно відомий об'єм висококонцентрованої проби

- Метод стандартних багаторазових добавок. Приріст і зменшення концентрації потенціал-визначного іона при добавці стандартного розчину даного іона. Використовується для більш точної побудови градуовального графіка на ділянці нелінійної залежності.

- Інжекційно-імпульсний. Проба вводиться в потік імпульсами.

- Часо-імпульсний. Проба вводиться в потік в часі через 1 сек. Зі збільшенням часу введення проби збільшується її концентраційний пік. Розроблені дві модифікації методу: до насичення піку і насичений повний пік.

- Різницевий або порівняльний. Використовуємо замість стандартного розчину концентрацію потенціал-визначного іона, рівну гранично-допустимій концентрації або її кратну величину.

Розроблена схема САК лабораторного типу контролю якості технологічної води.

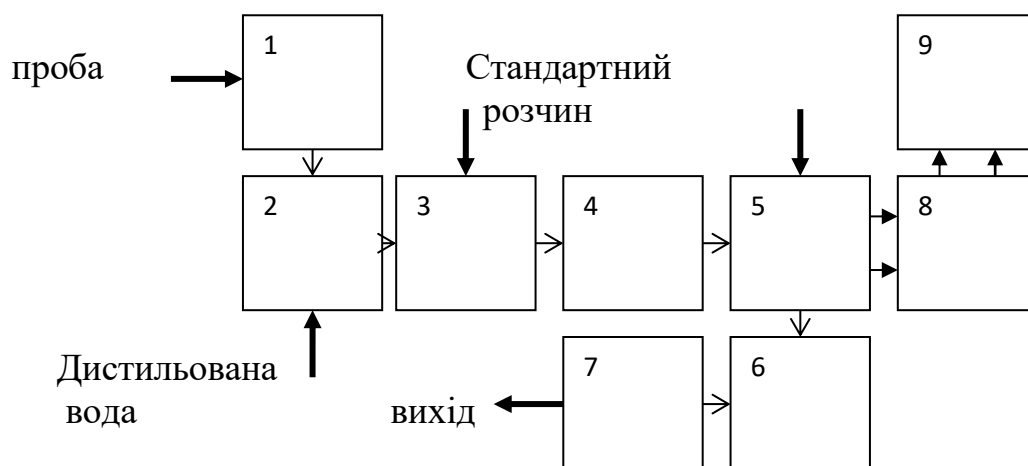


Схема проточно-інжекційної іонOMETричної САК: 1 Фільтруюче пристрій; 2 Дозуючий пристрій; 3 Аналітичний модуль; 4 Реактор; 5 Детектор; 6 Пристрій для згладжування пульсацій; 7 Насосна система; 8 Вимірювальний пристрій (іонмір); 9 Вторинний вимірювальний пристрій (самописець, ЕОМ)

САК працює наступним чином. Проба через фільтруючий пристрій надходить у дозуючий пристрій і далі в аналітичний модуль. Аналітичний модуль має два входи, в один з яких надходить проба, а в інший надходить фоновий

електроліт. На виході аналітичний модуль має необхідне співвідношення початкових концентрацій проби і фонового електроліту. Необхідність регулювання співвідношення досягається оптимізаційним вибором геометричних і конструкторських параметрів аналітичного модуля. Проба з фоновим електролітом далі надходить в реактор, де відбувається хімічна реакція під час якої відбувається перемішування проби і фонового електроліту. Тип реактора і його характеристики вибираються згідно з загальними вимогами до САК.

Розчин далі надходить в детектор, де відбувається вимір потенціал-визначного іона. Сигнал з детектора надходить на входи первинного вимірювального пристрою і далі вторинного вимірювального пристрою. Якщо детектор має конструкцію з двома каналами, то на виході вимірювального каналу знаходиться пристрій для згладжування пульсацій і насосна система. В якості насосної системи використовували перистальтичний насос НП-1М і заново розроблену автором конструкцію електромагнітного насоса.

Представлена схема вузькоспеціалізованої САК для визначення строго відомих елементів в технологічній воді.

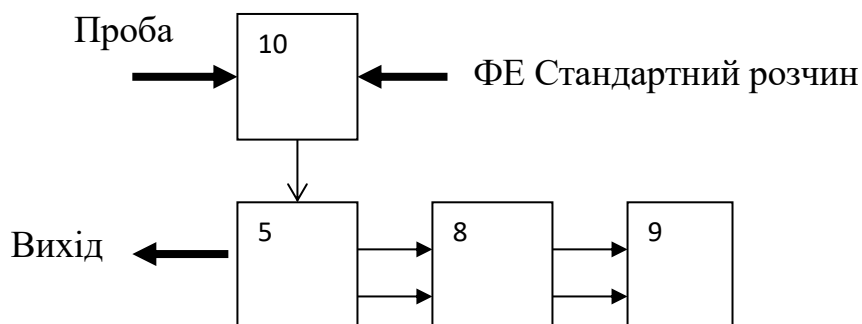


Схема протоchno-інжекційної іонометричної САК з попередніми насиченням реагенту: 10 – попередній насичувач (позначення на рисунку)

Може встановлюватися на виході технологічного процесу вимірюючи концентрації стічних вод. В даній моделі САК втілений метод стандартної добавки реагенту на збільшення або зменшення концентрації потенціал-визначного компонента.

САК працює наступним чином. Проба, відфільтрована від суспензій, надходить разом з фоновим електролітом в попередній насичувач, в якому відбувається насичення потенціал-визначного іона. Насичений розчин надходить в канал детектора, в якому реєструється сигнал пропорційний концентрації потенціал-визначного іона. САК застосовується, коли заздалегідь відома мала концентрація потенціал-визначного іона, і вже не визначається детектором.

На рис. представлена схема САК переносного типу для контролю скидів технологічної води, аварійних ситуаціях, контролю забруднення технологічними скидами підприємств.

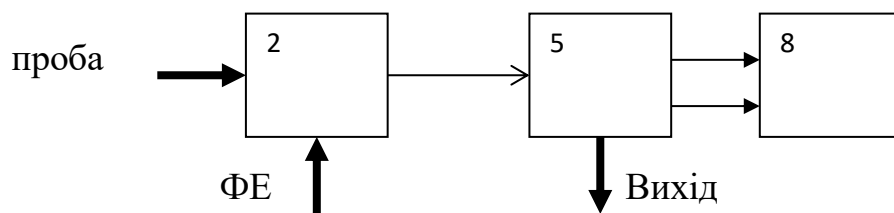


Схема проточно-інжекційної іонометричної САК портативного типу (позначення на рисунку)

Розроблена схема портативної проточно-інжекційної САК працює наступним чином. В якості дозуючого пристрою 2 використовували мікро шприц - дозатор, який точно відградуваний в одиницях об'єму і який виконує роль реактора. Шприцом відбирається відфільтрована природна або стічна вода певного об'єму, а також необхідний об'єм фоновому електроліту або буферного розчину. У середині шприца відбувається хімічна реакція за умови необхідності її проходження. Далі шприцом аналізований розчин вводиться в проточний детектор, який підключений до портативного переносного вимірювального пристрою. Під час реєстрації сигналу на шкалі вимірювального пристрою вихідний канал детектора закритий, а це дає можливість збільшення часу перебування аналізованого розчину в проточній системі.

5.3. ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ РІДІН

В'язкість — це властивість текучого матеріалу чинити опір переміщенню однієї його частини щодо іншої.

Віскозиметри за принципом дії поділяються на капілярні, кулькові, ротаційні, вібраційні та інші. Вони забезпечують вимір в'язкості речовини як в окремій пробі, так і в потоці.

Дія **капілярних віскозиметрів** (віскозиметри витікання) засновано на закономірності витікання рідини через калібрований отвір — капіляр. В них в'язкість визначається за перепадом тиску в капілярі при витіканні через нього рідини з постійною об'ємною витратою, а також — за часом витікання заданого об'єму рідини через нього. Діапазони вимірів автоматичних капілярних віскозиметрів від 0 до $2 \cdot 10^{-2}$ та від 0 до $1 \cdot 10^2$ Па·с; класи точності $1,5 \div 2,5$.

Кулькові віскозиметри (віскозиметри з падаючою кулькою) діють на основі виміру швидкості або часу падіння кульки в циліндричній посудині, заповненій контрольованим середовищем. Створено віскозиметри з падаючою кулькою безперервної циклічної дії. Діапазон вимірів кулькових віскозиметрів становить від $0,6 \cdot 10^{-3}$ до $0,8 \cdot 10^2$ Па·с із похибкою $\pm 2\%$.

Принцип дії **ротаційних віскозиметрів** заснований на вимірі крутячого моменту, що виникає на осі ротора (циліндр, куля, диск) при переміщенні його в контрольованому середовищі, в яке він занурений. Характерною рисою ротаційних віскозиметрів є широкий діапазон вимірів — від 10^{-3} до 10^3 Па·с із основною похибкою $\pm 0 - 2,5\%$. Віскозиметр ротаційний РКБМ-62 призначений

для автоматичного виміру в'язкості різних харчових продуктів. Технічні характеристики: межі виміру 0,7...4 % мас, температура вимірюваного середовища 5...50 °С, вихідний сигнал 0...5 мА.

Вібраційні віскозиметри діють на основі залежності демпфуючих властивостей контролюваного середовища від його в'язкості. В автоматичних віскозиметрах звичайно вимірюються параметри затухання вільних коливань або амплітуди змушених коливань пластинки або стрижня, занурених в аналізоване середовище. Чим більше опір контролюваного середовища, тим більше її в'язкість. Вібраційні віскозиметри використовуються для безперервного контролю різних рідин. Діапазон вимірів — від 10^{-4} до 10^2 Па·с, похибка $\sim 2,5 \div 4,0$ %.

5.4. Вимірювання вологості

Аналізатори вологості - спеціальні пристрої контролю складу продуктів виробництва

Вологоміри і вимірювачі вологості контролюють склад продуктів і якість виробництва на підприємствах. Надійне і точне вимірювання вологості датчиками і аналізаторами вологості істотно впливає на ефективність і економічність процесів.



Вологоміри
сипучих матеріалів

Перетворювачі вологості
навколишнього повітря

Області застосування приладів для визначення вологості

Перетворювачі вологості широко використовуються в сферах промисловості:

- Гірничодобувна, переробна промисловість (вимір частки води в піску, щебню, гравію, руді та інші)
- Будівництво (виробництво цегли, бетону)
- Нафтохімічна промисловість (оцінка частки води в нафти, олії)
- Газова промисловість (осушення газу)
- Сільське господарство (оцінка вологості в гранті, зерні, борошні, комбікормах)
- Комунальне господарство (вологість повітря, вентиляційні системи)
- Теплоенергетика
- Науково-дослідницька та лабораторна діяльність
- Хімічна промисловість

Призначення приладів для вимірювання вологості

Сучасні електронні вологоміри вирішують безліч завдань:

- Оцінка концентрації води і безперервний моніторинг вологості сипучих матеріалах з бункерів, дозаторів, на конвеєрах і транспортерних стрічках
- Вимірювання і підтримання вологості природного газу при його видобутку, транспортуванні, комерційний облік
- Регулювання вологості у виробничому процесі, управління дозуванням води за допомогою силових виходів (датчик реле вологості)
- Визначення діелектричної проникності рідких продуктів (нафта, паливо, спирти, емульсії)
- Контроль складу розчинів, структури матеріалів, спеціальних комплексів на виробництві (наприклад при виробництві каучуку)
- Визначення складу та вимірювання ступеня сухості пара і пароводяних сумішей в теплоенергетиці
- Вимірювання вмісту води, концентрації солей в нафтопродуктах (сирої нафти)
- Контроль якості сушіння будівельних матеріалів (у видобувній промисловості)
- Вимірювання температури і вологості в вентиляційних системах
- Проведення лабораторних робіт в наукових установах

Види вологомірів і датчиків для вимірювання вологості

Зараз можна купити вологоміри і датчики вологості різних типів. Класифікуються вони по безлічі ознак, але за специфікою застосування діляться на наступні типи:

- **Вимірювачі вологості сипучих матеріалів.** В основі таких приладів може лежати різний принцип дії, але майже всі вони адаптовані до використання в промисловому масштабі і на конвеєрних виробництвах.
- **Вологоміри рідин.** До таких приладів часто можна віднести кондуктометричні пристрої. Часто в основі їх роботи лежать методи вимірювання діелектричної проникності.
- **Аналізатори вологості повітря і газів.** Прилади такого типу досить багато, і вони можуть вирішувати різні завдання. Найбільш прості використовуються у вентиляційних додатках. Більш складні типи призначені для роботи в добувній промисловості (з природним газом), в тому числі і при лабораторному аналізі.
- **Універсальні вологоміри.** Ці пристрої являють найбільший інтерес, вони здатні працювати практично з будь-якими матеріалами. Вартість таких приладів вище, ніж у спеціалізованих вологомірів.

Прилади можуть бути переносними, стаціонарними або лабораторними.

Вологоміри сипучих матеріалів




Вимірювачі вологості сипучих матеріалів контролюють концентрацію води на поточковому виробництві. Правильно підібраний вологомір для сипучих матеріалів підвищує якість і ефективність виготовлення продукції







Призначення вологомірів сипучих матеріалів



Пристрої призначені для вирішення наступних завдань на виробництві при контролі процесів і якості:

- Безперервної моніторинг частки води в складі сипучих продуктів у процесі виробництва:
 - На конвеєрах і транспортерах
 - У шнекових живильниках, при гвинтові подачі
 - У бункерах і дозаторах, міксерах
- Підтримка необхідної вологості матеріалів в будівництві (вологомір піску)
- Контроль вологості в процесі виробництва паливних пелет (вологомір для тирси)
- Контролювання процесу сушіння на виробництві та в сільському господарстві (вологоміри зерна)
 - управління дозаторами
 - лабораторні практикуми

Модифікації вологомірів сипучих матеріалів

Вологомір	Вимірюваний діапазон залишкової вологості	Похибка вимірювання	Вихідний сигнал	опис
 HUMY 3000	0,1 ... 90 %	0,1 %	0/4 ... 20 мА HART; RS 232; RS 485	Система моніторингу вологості потоку сипучих матеріалів.
 SONO-VARIO Standart	0 ... 90 %	0,1 %	4 ... 20 мА RS485	Поточний вологомір для сипучих матеріалів на основі TRIME-TDR - технології.
 SONO-VARIO LD	0 ... 90 %	0,1 %	4 ... 20 мА RS485	Поточний вологомір на основі TRIME-TDR - технології для сипучих матеріалів середньої щільності.
SONO-VARIO Xtrem	0 ... 90 %	0,1 %	4 ... 20 мА RS485	Поточний вологомір для високо абразивних сипучих матеріалів на основі

				TRIME-TDR - технології.
SONO-WZ 	0 ... 100 %	3 %	Вивід на екран індикатора SONO-DIS	Портативний автономний пристрій на основі радарної технології (TDR), призначений для визначення вмісту вологи в бетонних сумішах.
SONO-M1 	0 ... 100 %	0,2 %	Вивід на екран індикатора SONO-DIS	Аналізатор вологості імпульсного типу на основі радарної технології (TDR), призначений для визначення вмісту вологи в будівельних сумішах.
SONO-SILO 	0 ... 90 %	0,1 %	0 (4) ... 20 мА або 0 ... 10 В	Датчик радарного типу на основі TDR-технології для визначення вологості, провідності, температури сипучих речовин в бункерах, силосах, тощо.
SONO-MOVE 	0 ... 90 %	0,1 %	4 ... 20 мА RS485	Поточний вологомір для вимірювання вологості високо абразивних сипучих матеріалів на конвеєрній стрічці на основі TDR-технології.
TRIME-GW 	0 ... 45 % 0 ... 70 %	0,3 %	4 ... 20 мА	Аналізатор вологості радарного типу. Пристрій вимірювання вологості сипучих матеріалів на основі діелектрометричного методу. Особливість вологоміра - застосування технології TDR.

<p>TRIME-PICO</p> 	<p>0 ... 100 %</p>	<p>до 4 %</p>	<p>IMP-BUS, RS485; аналоговий 0 ... 1 В, SDI-12</p>	<p>Аналізатор вологості мікрохвильового типу. Пристрій вимірювання вологості ґрунту на основі технології TRIME-TDR.</p>
<p>M-Sens 2</p> 	<p>0 ... 65 %</p>	<p>0,1 %</p>	<p>4 ... 20 мА (0 ... 20 мА) RS-232 RS-485</p>	<p>Для дискретних або безперервних вимірювань вологості сипучих матеріалів в процесі виробництва. Для вимірювання вологості різних видів сипучих матеріалів: порошоків, пилу, гранулятив і інших матеріалів однорідної структури і однорідного хімічного складу.</p>

Області застосування вологомірів сипучих матеріалів

Вологоміри, що спеціалізуються на роботі з сипучими матеріалами використовуються в різних сферах:

- Добувна та переробна промисловість (шлаки, руда, зола)
- Будівництво (щебінь, пісок, гравій, силікатні маси, деревина)
- Паливна промисловість (паливні пелети, деревна тирса, тріска)
- Сільське господарство (корми для тварин, борошно, зерно, насіння)
- Лабораторні дослідження, наукова діяльність

Переваги вологомірів сипких матеріалів

Переваги вологомірів визначаються методами, покладеними в основу їх роботи. Сучасні промислові вологоміри сипучих продуктів вигідно відрізняються від старих методів визначення вологості:

- Підвищену швидкодію, можливість аналізу безпосередньо по ходу виробничого процесу
- Компактність і простота конструкції
- Придатність для широкого спектра матеріалів

недоліки

Недоліки приладів також часто зв'язуються з використанням принципом роботи. Основні все ж такі:

- Вузькоспеціалізоване застосування (для сипучих матеріалів)

- розкид цін

Принцип роботи аналізаторів вологості сипучих матеріалів



Принципів роботи виділяється багато, але основні з них такі:

- **діелектрометричний.** Робота таких вологомірів базується на принципі діелектричних втрат. При збільшенні вологості продукту ємність перетворювача змінюється. Недоліком цього методу є залежність ємності матеріалу не тільки від вологості, але і від хімічного складу.
- **кондуктометричний або резистивний.** Електричний опір чутливого елемента змінюється відповідно до ступеня вологості матеріалу.
- **мікрохвильовий.** Цей спосіб найбільш передовою і популярний. Заснований на оцінці ступеня поглинання енергії що випускаються мікрохвиль в залежності від концентрації води в матеріалі.

Вологоміри повітря - датчики для підтримки якості зберігання продукції

Вимірювання вологості повітря проводиться при регулюванні мікроклімату побутових, домашніх і виробничих приміщень. Прилади для вимірювання вологості повітря допомагають зберегти якість продукції і забезпечити комфортні побутові умови.

Прилади, що вимірюють вологість повітря

Модель	Діапазони вимірювання температури, °С (Похибка вимірювання)	Діапазони вимірювання вологості, % / (Похибка вимірювання)	регулювання мікроклімату	Джерело живлення	Особливості
 IPLUG TH	-40 ... + 65 (± 0,3)	0 ... 100 (± 2,0)	немає	літієва батарейка 3 V, Lithium CR2450	Логер вологості і температури. Реєстрація значень в пам'яті.
 THD	-20 ... + 60 (± 0,5)	0 ... 99,9 (± 3,0)	немає	24 V DC	Перетворювачі температури і вологості

Області застосування приладів для вимірювання вологості повітря

Вологоміри повітря застосовуються як в побуті, так і на виробництві:

- Персональні житлові приміщення (будинки і квартири)
- Виробничі приміщення (склади, серверні кімнати)
- Дитячі зони (охолоджувані)
- Музеї і архіви, лабораторії (зберігання експонатів, захист техніки)
- Магазины (вітрини, рефрижератори, підтримання мікроклімату в садівництві)

- Сільське господарство (вимірювання параметрів середовища при зберіганні насіння, в тваринництві та птахівництві)
- Приміщення з вимогами захисту від статичної електрики
- системи вентиляції

Призначення приладів для визначення вологості повітря

Основні завдання, які вирішуються датчиками вологості повітря:

- Вимірювання вологості і температури повітря в приміщенні
- Безперервний контроль і документування даних по вологості / температури під час транспортування продукції
- Підтримка необхідного мікроклімату для забезпечення належної якості зберігання продуктів, що потребують спеціальних умов (на складах)
- Реєстрація даних в системах вентиляції і кондиціонування будівель / приміщень
- Сигналізація про граничні значення температури і вологості
- Підтримання необхідного рівня комфорту в приміщеннях з людьми, забезпечення гарного самопочуття (вимірювач вологості повітря в приміщенні)

Також можна купити датчик вологості повітря, наділений безліччю нестандартних функцій (вимірювання освітлення, потоку повітря, тиску, турбулентності, променистого тепла, параметрів газів та інші) для професійної роботи в спеціальних умовах.

Переваги вимірювача вологості повітря

Переваги датчиків вологості повітря залежать від використовуваних робочих принципів. У поширеного типу вони такі:

- Висока надійність і широкий робочий діапазон
- хороша точність
- малі габарити
- Низька вартість

недоліки

Основний недолік, властивий вологомірами для повітря з ємнісними датчиками:

- Інерційність вимірювань; виникають труднощі в точному вимірі абсолютної вологості в процесах, де швидкість вимірювання температури і відносної вологості повітря сумірні з тепловою інерційністю датчиків (щодо швидкоплинних виробничих процеси).

Принцип роботи

Більшість вимірників вологості повітря, які можна купити зараз, використовують ємнісний принцип дії. Вони вимірюють вологість не безпосередньо, а непрямым методом. У найпростішому випадку це може бути простий конденсатор (діелектрична проникність повітря залежить від його вологості). У більш просунутих випадках застосовують спеціальну підкладку з

електродами, що грають роль обкладок. Зазор може замінюватися діелектриком, що змінює свої властивості в залежності від вологості. Вимірюючи ємність / діелектричну проникність, вираховується вологість при відомій температурі.

ДОДАТОК А

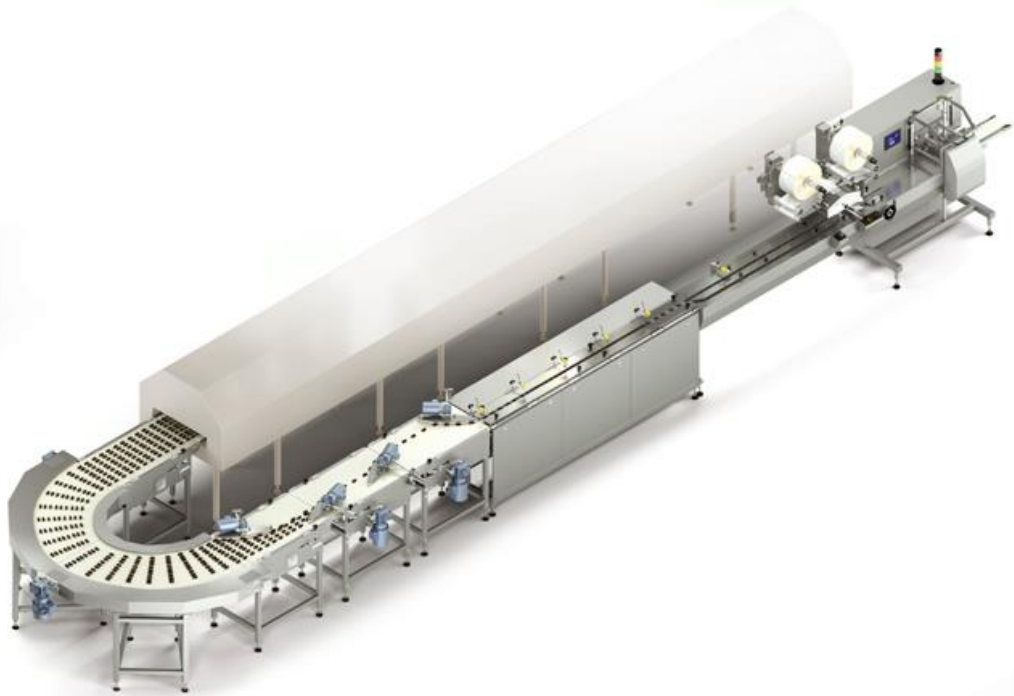
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизація виробничих процесів дозволяє передати управління процесами і контроль над виробництвом точним автоматизованим системам та значно прискорити і спростити роботу на підприємстві, зменшити витрати і поліпшити якість продукції, що випускається.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПАКУВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

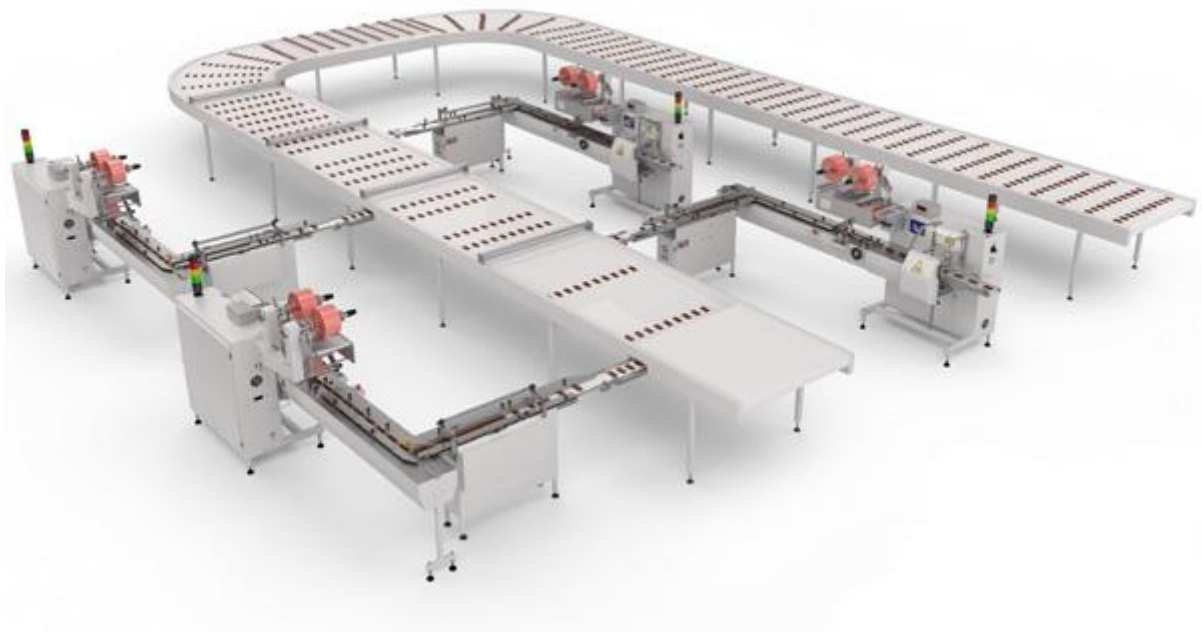
Приклади нестандартних рішень автоматизації пакувальних процесів з прив'язкою до існуючого обладнання: розподіл продукту на дві і чотири горизонтальні пакувальні машини. Упаковка на обмеженому просторі, варіанти з поздовжньої і поперечної подачею продукту.

Автоматизована пакувальна лінія з системою попутної подачі





Автоматизована пакувальна лінія



З поперечної подачею продукту

Основні технічні характеристики:

Продуктивність, шт. / хв.	400
Діапазон упакуваних продуктів довжина, мм	30 - 50
ширина, мм	20 – 50
висота, мм	до 50
Діаметр бобіни, мм	до 340

Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	10,5
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Вага машини, не більше, кг	800
Вимоги по споживанню стисненого повітря	6 бар. 60 л / хв

Горизонтальні пакувальні машини

Устаткування для упаковки продуктів марки QR-K- * В призначене для швидкісної упаковки штучних виробів (вафель, цукерок, печива та ін.) методом «flow-pack». Переналаштування горизонтальної пакувальної машини на роботу з новими продуктом займає всього кілька хвилин, що робить цей пакувальник привабливим для компаній, що мають широкий асортимент виробів. Можлива також групова «flow-pack» упаковка невеликих продуктів (печиво, вафлі та ін.). Всі елементи машини, що контактують з продуктом, виконані з нержавіючої сталі і матеріалів, що допускаються в харчовій промисловості.



Горизонтальна пакувальна машина QR-K- * В

Основні технічні характеристики:

Продуктивність, шт. / хв.	до 400 *
Діапазон упаковуваних продуктів -довжина, мм	30 ÷ 220

-ширина, мм -висота, мм	20 ÷ 120 до 50
Довжина ножа, мм	150
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	6,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	3800x1100x1800
Вага машини, не більше, кг	800
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв

* Залежить від габаритів продукту і швидкості завантаження.

Оснащення горизонтальної пакувальної машини проводиться за допомогою транспортера PL2F-200-2 та дозволяє здійснювати поштучну подачу продукту на завантажувальний транспортер на високій швидкості.



QR-K- * В з транспортером-живильником

Основні технічні характеристики:

Продуктивність, шт. / хв.	400
---------------------------	-----

Діапазон упакуваних продуктів	
-довжина, мм	30 ÷ 50
-ширина, мм	20 ÷ 50
-висота, мм	до 50
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	6.0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	3900х2300х1800
Вага машини, не більше, кг	1000
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар.90 л / хв



QR-K- * В з попутним завантаженням продукту

Попутне завантаження продукту даного обладнання для упаковки являє собою конвеєр з п'яти стрічок, пов'язаних між собою системою управління, що дозволяє приймати, формувати безперервний потік і подавати продукт, чутливий до зовнішнього впливу і схильний до злипання на завантажувальний конвеєр пакувальної машини.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-К * В з попутним завантаженням продукту

Продуктивність, шт. / хв.	400
Діапазон упакуваних продуктів -довжина, мм -ширина, мм -висота, мм	0 ÷ 50 20 ÷ 50 до 50
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	10,5
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	9000х1200х1800
Вага машини, не більше, кг	1300
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв



QR-К- * В з системою завантаження барабанного типу

Особливість даного обладнання для упаковки продуктів - система завантаження барабанного типу, що дозволяє здійснювати поштучне завантаження упакуваного виробу на завантажувальний транспортер

пакувальної машини «flow pack» на швидкості до 600 шт / хв. Конструкція машини дозволяє легко її адаптувати до існуючої виробничої лінії.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-К * В з системою завантаження барабанного типу

Продуктивність, шт. / хв.	600
Діапазон упакуваних продуктів	
-довжина, мм	10 ÷ 30
-ширина, мм	10 ÷ 30
-висота, мм	до 30
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	7,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	4500x1500x1800
Вага машини, не більше, кг	1000
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв



QR-К- * В для упаковки вафель на ребрі

Система завантаження здійснює переверт нарізаних вафель на ребро, формування безперервного потоку, поділ потоку на два канали, подачу заданої кількості вафель з кожного каналу на завантажувальний транспортер горизонтальної пакувальної машини.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-К * В для упаковки вафель на ребрі

Продуктивність, шт. / хв.	50
Діапазон упакуваних продуктів -довжина, мм -ширина, мм -висота, мм	100 ÷ 220 80 ÷ 120 до 50
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 270
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	8,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	4600x5500x1800
Вага машини, не більше, кг	1600
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв



Упаковка на ребрі

Устаткування для упаковки продуктів на ребрі методом «flow pack».

Основні технічні характеристики:

Продуктивність, шт. / хв.	50
---------------------------	----

Діапазон упакуваних продуктів -довжина, мм -ширина, мм -висота, мм	100 ÷ 250 55 ÷ 105 до 60
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 400
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	6,5
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	7500x1200x1800
Вага машини, не більше, кг	1200
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв

Горизонтальна пакувальна машина QR-X-1H



Горизонтальна пакувальна машина QR-X-1H з нижньою подачею плівки призначена для упаковки продуктів з різними геометричними формами, м'яких і тендітних виробів, при цьому, формування поздовжнього шва упаковки відбувається над продуктом. Устаткування для упаковки «flow pack» укладає продукт безпосередньо на плівку, що робить процес роботи максимально дбайливим.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-X-1Н

Продуктивність, шт. / хв.	до 40
Діапазон упакуваних продуктів -довжина, мм -ширина, мм -висота, мм	100 ÷ 350 20 ÷ 250 до 85
Довжина ножа, мм	300
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 590
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	6,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	2700x1850x1800
Вага машини, не більше, кг	900
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв

Горизонтальна пакувальна машина QR-X- * В



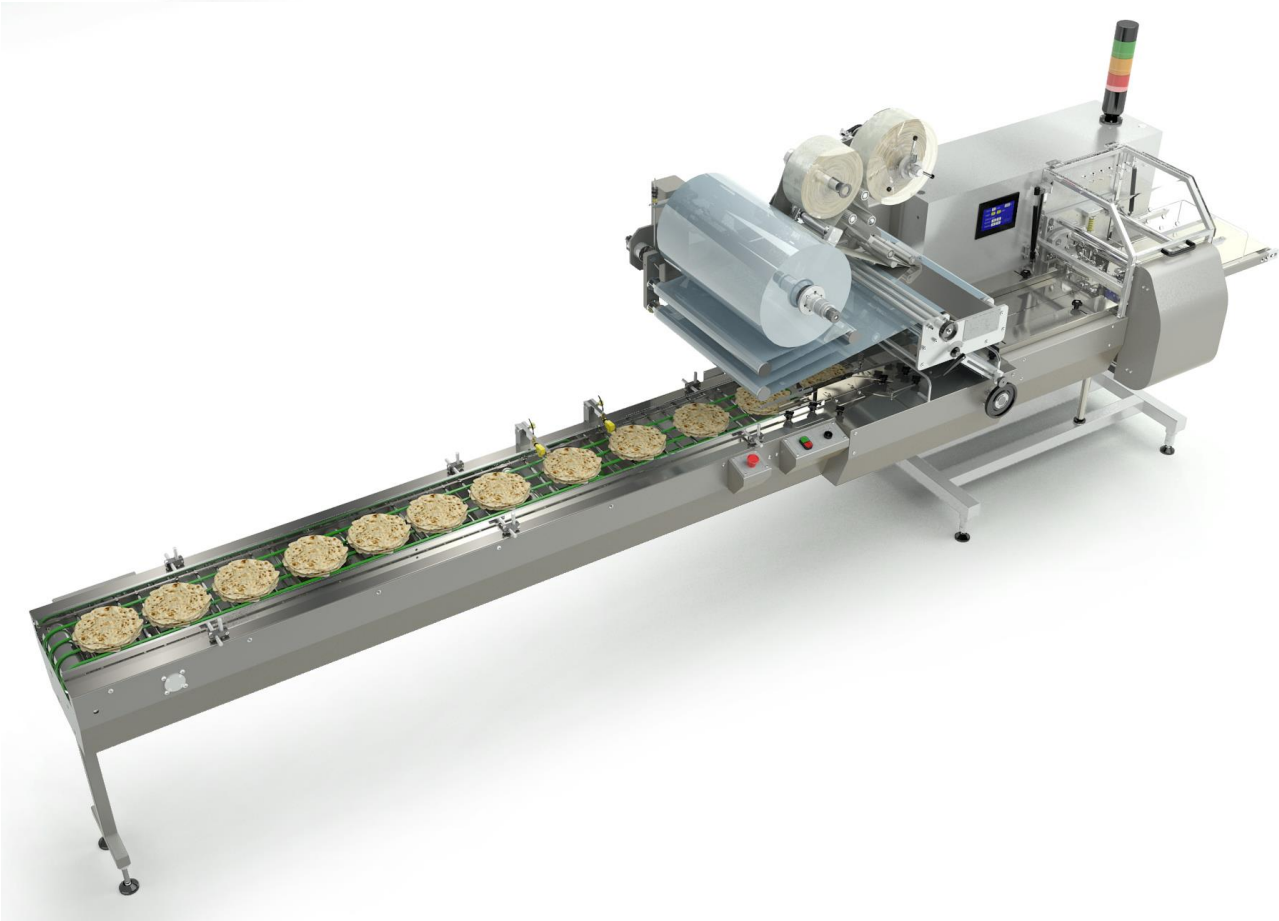
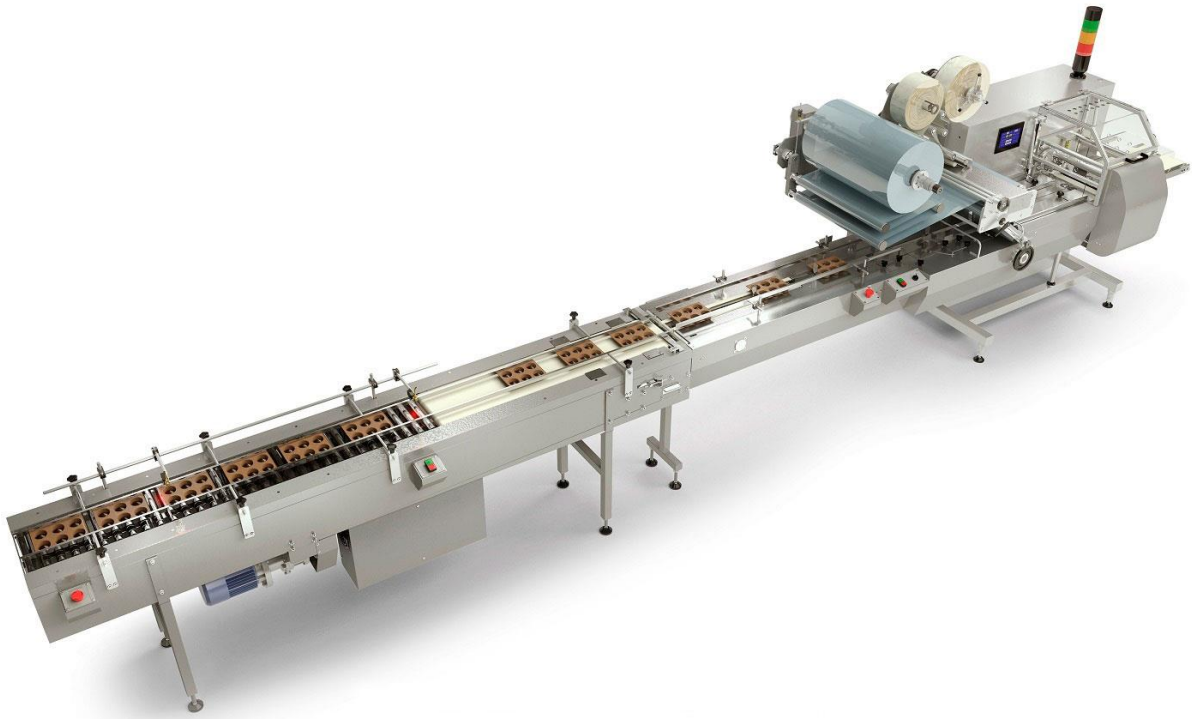
Flow pack пакувальник QR-X-1В використовується для штучної і групової упаковки хлібобулочних виробів (хліб, батон, булочки та інші). Машина практична і зручна в експлуатації, переналаштування на інший типорозмір продукту займає кілька хвилин. Це обладнання для упаковки охоплює широкий

діапазон розмірів продуктів по ширині, довжині і висоті, що дозволяє задовольнити вимоги будь-якого виробника хлібобулочних виробів.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-X * B

Продуктивність, шт. / хв.	до 70
Діапазон упакуваних продуктів -довжина, мм -ширина, мм -висота, мм	100 ÷ 350 20 ÷ 250 до 85
Довжина ножа, мм	200-300
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 590
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	8,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	3900x1250x1800
Вага машини, не більше, кг	900
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв

QR-X * B з роликівим транспортером-живильником





Особливістю системи завантаження даного обладнання для упаковки продуктів є ролик, який живить транспортер. Оснащення роликами дозволяє подавати виріб на пакувальник «flow pack» в автоматичному режимі, а також уникнути тиску продукту один на одного при формуванні щільного потоку. Машина має характеристики, що дозволяють упаковувати широкий діапазон розмірів продукту.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-X * В з роликівим транспортером-живильником

Продуктивність, шт. / хв.	70
Діапазон упаковуваних продуктів	100 ÷ 350
-довжина, мм	20 ÷ 250
-ширина, мм	до 85
-висота, мм	до 85
Довжина ножа, мм	200-300
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 590
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	8,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	6200x1250x1800
Вага машини, не більше, кг	1200

Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв
--	------------------

QR-X * B з ремінним транспортером

Особливістю системи завантаження даної горизонтальної пакувальної машини є ремінь, який живить транспортер та дозволяє подавати на упаковку тонкий, м'який, габаритний продукт.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-X * B

Продуктивність, шт. / хв.	70
Діапазон упакуваних продуктів	
-довжина, мм	100 ÷ 350
-ширина, мм	20 ÷ 250
-висота, мм	до 85
Довжина ножа, мм	200-300
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 590
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	8,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	3900х1250х1800
Вага машини, не більше, кг	1200
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 60 л / хв

Горизонтальна пакувальна машина QR-M-1B



Горизонтальна пакувальна машина QR-M-1B

Особливістю машини «flow pack» марки QR-M-1B є вузол поперечного зварювання і відрізки з супроводом упаковки, що забезпечує максимальну обтяжку продукту і дозволяє упаковувати продукт великої довжини. Функція регулювання часу контакту плівки з елементів, що зварюються дає можливість використання плівок з бар'єрними властивостями.

Основні технічні характеристики горизонтальної пакувальної машини QR-M-1B

Продуктивність, шт. / хв.	до 40
Діапазон упаковуваних продуктів	
-довжина, мм	50 ÷ 400
-ширина, мм	20 ÷ 200
-висота, мм	до 100
Довжина ножа, мм	220
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 590
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	10,0
Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50

Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	4800x1200x2200
Вага машини, не більше, кг	950
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 90 л / хв



Упаковка печива на ребрі

Особливість машини - вузол поперечної зварювання і відрізки з супроводом упаковки (long-dwell) забезпечує тривалий час контакту плівки з елементів, що зварюються, що дає можливість використання плівок з бар'єрними властивостями. Завантажувальний транспортер призначений для прийому і подачі груп продукту на ребрі на пакувальну машину flow pack.

Основні технічні характеристики:

Продуктивність, шт. / хв.	60
Діапазон упакуваних продуктів	
-довжина, мм	100 ÷ 205
-ширина, мм	50 ÷ 90
-висота, мм	до 60
Діаметр бобіни, мм	до 340
Ширина бобіни, мм	до 340
Внутрішній діаметр бобіни, мм	76 ± 3
Потужність встановленого електрообладнання, кВт, не більше	9,5

Напруга живлення, В	380
Частота струму, Гц	50
Габаритні розміри машини в базовій комплектації (ДхШхВ), мм	4800х3100х1800
Вага машини, не більше, кг	1200
Вимоги по споживанню стисненого повітря (подача стисненого повітря здійснюється обладнанням замовника)	6 бар. 90 л / хв

ДОДАТОК Б

Код IP. Ступені захисту, що забезпечуються оболонками.

Класифікація ступенів захисту, що забезпечується оболонками від проникнення твердих предметів і води, визначена в ІЕС-529 і поширюється на угруповання виробів, які охоплюються Міжнародною Електротехнічною Комісією: вироби для забезпечення інформаційних технологій, електротехнічні вироби та вироби приладобудування, напругою не менше 72,5 кВ.

Дана класифікація поширюється так само на захист людей від доступу до небезпечних частин виробів і захист електрообладнання всередині оболонки від попадання сторонніх твердих предметів, захист електрообладнання всередині оболонки від шкідливих впливів в результаті проникнення води.

Ступінь захисту, що забезпечується оболонкою, позначається 5 розрядним кодом IP, наприклад: IP65CH.

- IP** - літери коду (Міжнародний захист - International Protection);
- 6** - перша характеристична цифра (цифри від 0 до 6 або, буква X);
- 5** - друга характеристична цифра (цифри від 0 до 8 або, буква X);
- C** - додаткова буква при необхідності (букви A, B, C, D);
- H** - допоміжна буква при необхідності (літери H, M, S, W).

Перша характеристична цифра вказує, що оболонка забезпечує:

- захист людей від доступу до небезпечних частин, запобігаючи або обмежуючи проникнення будь-якої частини людського тіла або предмета, що знаходиться в руках у людини; і в той же час захист обладнання, що знаходиться всередині оболонки, від проникнення зовнішніх твердих предметів;

0 - обладнання захищене від доступу до небезпечних частин тильною стороною кисті і не захищене від зовнішніх твердих предметів.

1 - захищене від доступу до небезпечних частин пальцем і захищене від зовнішніх твердих предметів діаметром більше або рівним 50 мм.

2 - захищене від доступу до небезпечних частин пальцем і захищене від зовнішніх твердих предметів діаметром більше або рівним 12,5 мм.

3 - захищене від доступу до небезпечних частин інструментом і захищене від зовнішніх твердих предметів діаметром більше або рівним 2,5 мм.

4 - захищене від доступу до небезпечних частин обладнання дротом і захищене від зовнішніх твердих предметів діаметром більше або дорівнює 1,0 мм.

5 - захищене від доступу до небезпечних частин обладнання дротом і пилезахищено.

6 - захищене від доступу до небезпечних частин дротом і пилонапроникністю.

Друга характеристична цифра позначає ступінь захисту, що забезпечується оболонками щодо шкідливого впливу на обладнання в результаті проникнення води:

- 0 - відсутність захисту.
- 1 - захищене від вертикально падаючих крапель води.
- 2 - захищене від вертикально падаючих крапель води, коли оболонка відхилена на кут до 15 °.
- 3 - захищено від води, що падає у вигляді дощу.
- 4 - захищено від суцільного кроплення.
- 5 - захищено від водяних струменів.
- 6 - захищено від сильних водяних струменів.
- 7 - захищене від впливу при тимчасовому (нетривалому) зануренні у воду.
- 8 - захищене від впливу при тривалому зануренні у воду.

Додаткова буква позначає ступінь захисту людей від доступу до небезпечних частин. Додаткові літери використовуються, якщо дійсний ступінь захисту від доступу до небезпечних частин вище, ніж позначена першою характеристичною цифрою.

- A - захищене від доступу до небезпечних частин тильною стороною кисті;
- B - захищене від доступу до небезпечних частин пальцем;
- C - захищене від доступу до небезпечних частин інструментом;
- D - захищене від доступу до небезпечних частин обладнання дротом.

На конкретні види виробів може бути встановлена додаткова інформація за допомогою **допоміжної літери**, що поміщається після другої характеристичної цифри або після додаткової літери.

H - високовольтне обладнання.

M - обладнання з рухомими частинами (наприклад, ротор обертаючої машини), випробувано на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов'язаних з проникненням води, з рухомими частинами, що знаходяться в стані руху.

S - обладнання з рухомими частинами (наприклад, ротор обертаючої машини), випробувано на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов'язаних з проникненням води, з рухомими частинами, що знаходяться в стані нерухомості.

W - в даний час не використовується.

Приклад: **IP67** - люди тримають в руках дрiт захищений від шкідливих впливів обладнання; обладнання пилонепроникне і допускає короткочасне занурення в воду.

Ступені захисту IP (розшифровується як International Protection Rating) – це класифікація, яка визначає, який рівень безпеки для працездатності пристрою забезпечує його корпус. Параметр визначається фіксованими міжнародними стандартами, тому інформація завжди достовірна.

Класифікація IP визначає водонепроникність пристрою, рівень захисту його електронного вмісту від пилу, бруду та механічних пошкоджень через попадання всередину оболонки сторонніх предметів.

Маркування класу захисту для гаджетів крім стандартного літерного позначення «IP» обов'язково включає ще дві цифри – саме вони і повідомляють про те, як і від чого захищено пристрій. Перша цифра визначає ступінь захисту пристрою від «сухих» загроз, наприклад, від пилу, крихт дрібного сміття, частин інших предметів. Друга цифра в маркуванні IP повідомляє про рівень захищеності від попадання всередину корпусу приладу вологи. Також класифікація IP може містити і додаткове буквене маркування, наприклад, мітки А, В, С або D, що інформує вже про рівень захисту людини при дотику до потенційно небезпечних елементів пристрою.

А – захист від торкання небезпечних елементів гаджета великою площею тіла, наприклад, тильною стороною долоні

В – користувач не зможе випадково торкнутися чогось небезпечного в приладі пучкою

С – захист не пропустить проникнення крізь закритий корпус викрутки або іншого інструменту

D – корпус гаджета не має отворів, здатних пропустити тонкий дріт або жилу кабелю

На деяких спеціалізованих пристроях код IP може містити і другу букву (від H до W). Друга літера вказує, чи можна занурювати працюючий прилад у воду, позначає його приналежність до високовольтної техніки або інші подібні вузькопрофільні параметри.

Ступінь захисту IP позначає рівень (ступінь, клас) захищеності корпусу приладу або пристрою від зовнішніх впливів. В першу чергу це характеристика захисту від попадання всередину пристрою сторонніх предметів і пилу. Так само клас захисту вказує на рівень обмеження небажаних контактів людини зі складними механізмами і струмоведучих частин, що входять в функціонал пристрою. До другої - рівень захищеності від попадання вологи на деталі, механізми та інші складові обладнання.

Класифікація та маркування ступеня захисту IP проводиться за міжнародною системою - Ingress Protection Rating. Дослівний переклад з англійської – «ступінь захисту від проникнення». Дана класифікація розроблена відповідно до міжнародних стандартів IEC 60529 і DIN 40050.

Захист від твердих предметів і пилу (1-а цифра по IP)		Захист від вологи (2-га цифра по IP)	
0	Відкрита конструкція, ніякого захисту від пилу, ніякого захисту персоналу від дотику до струмоведучих частин.	0	Пристрій не захищено від потрапляння на нього крапель води.

1	Захист від проникнення у конструкцію великих предметів діаметром більше 50 мм. Частковий захист від випадкового торкання струмоведучих частин людиною (захист від торкання долонею).	1	Краплі з вертикального потоку води не можуть потрапити всередину обладнання.
2	Захист конструкції від проникнення всередину предметів діаметром більше 12 мм. Захист від дотику пальцями до струмоведучих частин.	2	Корпус закриває внутрішні частини апарату від бризок і крапель, що падають на нього зверху під кутом до 15 °. Пристрій повинен знаходитися в нормальному положенні.
3	Конструкція не допускає проникнення всередину предметів діаметром більше 2,5 мм. Захист персоналу від випадкового торкання струмоведучих частин інструментом або пальцями.	3	Кожух захищає складові частини виробу від бризок і струменів води, що летять зверху під кутом до 60 °. Пристрій повинен перебувати в нормальному положенні.
4	У конструкцію не можуть потрапити предмети діаметром понад 1 мм. Конструкція захищає від дотику до струмоведучих частин пальцями або інструментом.	4	Зовнішня оболонка захищає вузли пристрою від крапель і бризок води, що розлітаються під різними кутами.
5	Пил може проникати в корпус у незначній кількості, що не перешкоджає нормальній роботі обладнання. Повний захист від контакту з внутрішніми частинами обладнання.	5	Корпус обладнання захищає внутрішні деталі і механізми від спрямованих струменів води. Напрямок потоку може бути під будь-яким кутом.
6	100% виключення потрапляння за кожух приладу або апарату. Виключена можливість випадково доторкнутися до частин і механізмів пристрою.	6	Кожух запобігає потраплянню водяного потоку, що є під тиском, на внутрішні частини пристрою. Наприклад – морські хвилі..
7		7	Оболонка приладу або апарату захистить вузли, що стоять всередині, від попадання вологи

			при повному зануренні об'єкта на певну глибину X у часовому проміжку T.
8		8	Корпус зберігає складові частини обладнання від контакту з водою при повному зануренні у заданих умовах і необмеженому періоді часу.

Захист від механічних впливів ІКХХ

Код ІК і число від 0 до 10 - ступінь захисту електричного обладнання, що забезпечується оболонками, що захищають від зовнішніх механічних ударів.

Чим більше число, тим краще захищена пристрій від ударів і пошкоджень.

В таблиці наочно демонструється захист від падаючого предмета певної ваги з певної висоти

Захист від механічних впливів ІКХХ			
Код ІК	Маса молотка, кг	Висота падіння, см	Енергія удару, Дж
ІК01	0,2	7,5	0,15
ІК02	0,2	10	0,20
ІК03	0,2	17,5	0,35
ІК04	0,2	25	0,50
ІК05	0,2	35	0,70
ІК06	0,5	20	1
ІК07	0,25	40	2
ІК08	1,7	29,5	5
ІК09	5,0	20	10
ІК10	5,0	40	20

Класифікація вибухонебезпечних зон і маркування вибухозахищеного обладнання

Небезпека вибуху виникає при одночасній наявності наступних джерел:

1. повітря
2. горючого пилу / горючих газів
3. активних джерел займання

Вибухонебезпечна атмосфера може виникнути при з'єднанні горючого пилу, горючих газів або парів з повітрям. Також повинен бути присутнім активне джерело займання, здатних запалити цю атмосферу.

В якості активних джерел займання розглядаються:

- вогонь, полум'я, жар
- іскри, створені електроприладами
- електростатичні розрядні іскри
- гарячі поверхні

Класифікація вибухонебезпечних зон і маркування вибухозахищеного обладнання

Клас вибухонебезпечної зони, згідно з яким виконуються вибір електрообладнання, визначається технологами разом з фахівцями проектної або експлуатуючої організації. Нормативні документи містять визначення геометричних розмірів кожного класу зон.

Класифікація вибухонебезпечних зон по газу:

Зона 0	Зона, в якій вибухонебезпечна газова суміш присутня постійно або протягом тривалих періодів часу. Простір, в якому вибухонебезпечне середовище присутнє менше 1000 год / рік. Менше 10 % присутності вибухонебезпечної суміші або 1000 годин на рік.
Зона 1	Зона, в якій існує ймовірність присутності вибухонебезпечної газової суміші в нормальних умовах експлуатації. Простір, в якому вибухонебезпечне середовище присутнє менше 1000 год / рік. Від 0,1 % до 10 % присутності вибухонебезпечної суміші або від 10 до 1000 годин на рік.
Зона 2	Зона в якій малоімовірна вибухова газова суміш в нормальних умовах експлуатації, а якщо вона виникає, то рідко, і існує дуже нетривалий час. Простір, в якому вибухонебезпечне середовище присутнє до 10 год / рік. Менше 0,1 % присутності вибухонебезпечної суміші або до годин на рік.

Класифікація вибухонебезпечних зон по пилу

Сучасна класифікація зон для газів і парів включає зони трьох класів: 0, 1 і 2, але практика показала, що загальна класифікація зон одночасно для газу і пилу є неприйнятною. На відміну від зон для газу або пари, зони, небезпечні по займання горючого пилу, не можуть бути класифіковані залежно від нормальних або аварійних умов і від часу. Посилена вентиляція може призвести до появи хмар пилу і тому збільшити, а не зменшити безпеку.

Зона 20	Зона, в якій горючий пил у вигляді хмари присутній постійно або частково при нормальному режимі роботи обладнання в кількості, здатній зробити концентрацію, достатню для вибуху горючого або займистого пилу в сумішах з повітрям, і / або де можуть формуватися шари пилу довільної або надмірної товщини. Це можуть бути хмари всередині області вмісту пилу, де пил може утворювати вибухові суміші часто або на тривалий період часу.
Зона 21	Зона, що не класифікується як зона класу 20, в якій горючий пил у вигляді хмари не може бути присутнім при нормальному режимі роботи обладнання в кількості, здатному зробити концентрацію, достатню для вибуху горючого пилу в сумішах з повітрям. Ця зона може включати крім інших, області в безпосередній близькості від накопичення пилу чи місць звільнення і області, де присутні хмари пилу, в яких при

	нормальному режимі роботи може створитися концентрація, достатня для вибуху горючого пилу в сумішах з повітрям.
Зона 22	Зона, що не класифікується як зона 21, в якій хмари горючого пилу можуть виникати рідко і зберігаються тільки на короткий період або в яких накопичення шарів горючого пилу може мати місце при відхиленні від нормального режиму роботи, що може привести до виникнення здатних займатися сумішей пилу в повітрі. Якщо, виходячи з аномальних умов, усунення накопичень або шарів пилу не може бути гарантовано, тоді зону класифікують як зону класу 21. Ця зона може включати, крім інших, області поблизу обладнання, що містить пил, з якого пил може випаровуватися через місця витoku і утворювати відкладення (наприклад приміщення, в яких пил може випаровуватися з верстата (фрези) і потім осідати).

Зони класу В-1а і В-1б не можуть визначатися як Зона 2 так як сама можливість виникнення аварії з юридичного боку не визначена як величина частоти виникнення і тривалості присутності вибухонебезпечної суміші.

Проте, для Зон класу В-1а і В-1б необхідно застосовувати обладнання, призначене для використання як мінімум в Зоні 2 (рівень вибухозахищеності обладнання 2).

Щоб не допустити помилок при визначенні відповідності зон, обладнання для **Зон класу В-1г** повинно мати клас вибухозахищеності відповідний Зоні 1 (рівень вибухозахищеності обладнання 1), тому що Зона В-1г частково перебиває Зону 1.

Для Зон класу В-1 необхідно застосовувати тільки обладнання, призначене для експлуатації в Зоні 1 або Зоні 0 (рівень вибухозахищеності обладнання 1 або 0). Устаткування, призначене для експлуатації в Зоні 2 застосовувати в зоні класу В-1 неприпустимо.

У частині Зони В-1, в якій вибухонебезпечна газова суміш присутня постійно або протягом тривалих періодів часу допускається використовувати тільки устаткування, призначене для експлуатації в Зоні 0 (рівень вибухозахищеності обладнання 0).

Устаткування, призначене для роботи в межах зони того чи іншого класу, повинно мати відповідний рівень вибухозахищеності.

Виділяють наступні класи вибухонебезпечних зон:

- зони класу В-1 - розташовані в приміщеннях, в яких виділяються горючі гази або пари легкозаймистих речовин в такій кількості і з такими властивостями, що можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи;
- зони класу В-1а - розташовані в приміщеннях, в яких вибухонебезпечні суміші горючих газів (незалежно від нижньої концентраційної межі займання) або парів легкозаймистих речовин з повітрям не утворюються при нормальній експлуатації, а тільки в результаті аварій або неполадок;

- зони класу В-1б - аналогічні В-1а, але відрізняються від них тим, що при аваріях горючі гази мають високу нижню межу займання (15% і вище), а також при небезпечних концентраціях різкий запах. У цей клас входять зони лабораторних та інших приміщень, в яких горючі гази і легкозаймісті речовини є в малих концентраціях, недостатніх для створення вибухонебезпечної суміші і де робота проводиться без застосування відкритого полум'я. Зони не відносяться до вибухонебезпечних, якщо роботи з небезпечними речовинами проводяться в витяжних шафах або під витяжними парасольками;
- зони класу В-1г - простору у зовнішніх установок: виробничих установок, що містять горючі гази або легкозаймісті речовини, відкритих нафтоуловлювачів, надземних і підземних резервуарів з легкозаймістими речовинами або горючими газами (газгольдерів), естакад для зливу і наливу легкозаймістих речовин, ставків-відстійників з плаваючою нафтовою плівкою і т.д.
- зони класу В-2 - розташовані в приміщеннях, де виділяються перехідні у завислий стан горючий пил або волокна в такій кількості і з такими властивостями, що можуть створювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи;
- зони класу В-2а - такі, де небезпечні умови при нормальній роботі не виникають, але можуть виникнути в результаті аварій або неполадок.

По області застосування обладнання ділиться на наступні групи:

I - обладнання, призначене для застосування в підземних виробках шахт, рудників, небезпечних щодо рудничного газу і (або) горючого пилу, а також в тих частинах їх наземних будівель, в яких існує небезпека присутності рудничного газу і (або) горючого пилу (категорія суміші - I);

II - обладнання, призначене для застосування у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок (категорія суміші - II по газу);

III - обладнання, призначене для застосування у вибухонебезпечних пилових середовищах (категорія суміші - II по пилу)

Приклад маркування для категорії суміші II по газу: 1ExdIIAT3

1- Знак рівня вибухозахисту	Ex - Знак відповідності стандартам	d - Знак виду вибухозахисту	IIA - Знак підгрупи (категорія суміші)	T3 - Знак температурного класу (група суміші)
-----------------------------	------------------------------------	-----------------------------	--	---

Приклад маркування для категорії суміші II по пилу: DIP A21 TA200 (TAT3)

DIP - Символ, що позначає, що електрообладнання призначене для застосування в зонах, небезпечних по займання горючого пилу	A - максимально допустимий шар горючого пилу на поверхні електрообладнання 5 мм	21 - Клас зони	TA200 (TAT3) - Максимальна температура поверхні і / або температурний клас
--	---	----------------	--

	В - максимально допустимий шар горючого пилу на поверхні електрообладнання 12,5 мм		
--	--	--	--

Маркування обладнання для категорії суміші I:

Приклад маркування: РВ1В

За рівнем вибухозахисту:
РН1 - рудниче нормальне (не вибухозахищене) з ізоляцією рівня 1. Обладнання розраховане для роботи при відносній вологості навколишнього середовища (98 ± 2) % (з конденсацією вологи) при температурі (35 ± 2) °С
РН2 - рудниче нормальне (не вибухозахищене) з ізоляцією рівня 2. Обладнання розраховане для роботи при відносній вологості навколишнього середовища (98 ± 2) % (з конденсацією вологи) при температурі (25 ± 2) °С
РП - рудниче підвищеної надійності проти вибуху (рівень вибухозахисту 2)
РВ - рудниче вибухозахищене електрообладнання (рівень вибухозахисту 1)
РВ - рудниче особливо вибухобезпечне (рівень вибухозахисту 0)
По виду вибухозахисту:
В - вибух непроникна оболонка
1В - електрообладнання з напругою до 100 В (струм короткого замикання не менше 100 А)
2В - електрообладнання з напругою понад 100 В до 220 В (струм короткого замикання понад 100 А до 600 А)
3В - електрообладнання з напругою понад 220 В до 1140 В (струм короткого замикання понад 100 А)
4В - електрообладнання з напругою понад 1140 В (струм короткого замикання понад 100 А)
К - кварцове заповнення оболонки
М - масляне заповнення оболонки
А - автоматичне відключення напруги зі струмоведучих частин
І - іскро безпечне коло
е(П) - додаткові заходи проти дугових розрядів, напруги, підвищеної температури
С - спеціальні види захисту

Рівень вибухозахищеності обладнання

Рівні вибухозахищеності електрообладнання мають класифікацію позначення 2, 1 і 0:

- Рівень 2 - електрообладнання підвищеної надійності проти вибуху: в ньому вибухозахист забезпечується тільки в нормальному режимі роботи;
- Рівень 1 - вибухобезпечне електрообладнання: вибухозахищеності забезпечується як при нормальних режимах роботи, так і при ймовірних пошкодженнях, що залежать від умов експлуатації, крім пошкоджень засобів, що забезпечують вибухозахищеності;
- Рівень 0 - особливо вибухобезпечне обладнання, в якому застосовані спеціальні заходи і засоби захисту від вибуху.

Ступінь вибухозахищеності обладнання (2, 1, або 0) ставиться як перша цифра перед європейським маркуванням вибухозахищеності обладнання.

Методи забезпечення вибухобезпеки обладнання

Всі відомі і ті які застосовуються на практиці методи захисту спрямовані на зменшення ризику вибуху до прийняттого рівня. При цьому якщо система сконструйована правильно, то одинична несправність в будь-якому її компоненті не повинна призводити до виникнення вибуху.

У загальному випадку всі методи забезпечення вибухозахисту можна умовно розділити на чотири основні групи.

1. Методи вибухозахисту, спрямовані на зниження ймовірності виникнення електричної іскри.

За даним методом реалізуються наступні види захисту:

- Вибухозахист виду "е" (підвищена безпека)
- Вибухозахист виду "п" (нормальний)
- Вибухозахист виду "s" (спеціальний)

2. Методи вибухозахисту, спрямовані на ізоляцію електричних ланцюгів від вибухонебезпечних сумішей.

Метод має на увазі що, виводи електричних ланцюгів розміщені в спеціальні оболонки, заповнені газоподібним, рідинним або твердим діелектриком так, щоб вибухонебезпечна суміш не перебувала в контакті з електричними ланцюгами.

За даним методом реалізуються наступні види вибухозахисту:

- Вибухозахист виду "m" - заливка спеціальним компаундом;
- Вибухозахист виду "o" - масляне заповнення оболонки;
- Вибухозахист виду "a" - заповнення оболонки кварцовим піском;
- Вибухозахист виду "p"- заповнення або продування оболонки вибухобезпечним газом під надлишковим тиском.

3. Методи вибухозахисту, спрямовані на стримування вибуху.

За даним методом реалізований вибухозахист виду "d" (вибухозахисна оболонка).

Даний метод має на увазі, що електричні ланцюги поміщені в спеціальну міцну оболонку з малим зазором. При цьому не виключається контакт електричних ланцюгів з вибухонебезпечною сумішшю і можливість її займання,


але при цьому гарантується, що оболонка стримує виникаючий в результаті вибуху надлишковий тиск, тобто закрити спалах виходу за межі обмежень вибух непроникної оболонки. Оскільки розпечені гази мають різну проникаючу здатність, то тут беруться до уваги підгрупи газів.

При проведенні випробувань на відповідність вибухозахищених оболонок виставляються півтора кратні зазори допустимих величин. Зазор для вибух непроникних оболонок об'ємом менше 2000 см³, експлуатованих в газоповітряної суміші з вмістом водню, становить 40 мікрон.

4. Обмеження потужності іскри

За даним методом реалізований захист виду "i" (іскробезпечне коло). Даний метод має на увазі, що в разі виникнення іскри її потужності буде недостатньо для займання вибухонебезпечної суміші. Однак даний метод не виключає контакту вибухонебезпечної суміші з електричними ланцюгами.

У європейській класифікації наводиться деталізація застосованого в обладнанні типу вибухозахисту

Вид і принцип вибухозахисту	Схематичне позначення	Основне застосування
Вибухонепроникна оболонка Поширення вибуху в зовнішнє середовище виключено		Клемні і сполучні коробки, комутуючі прилади, світильники, пости керування, розподільні пристрої, пускачі, електродвигуни, нагрівальні елементи, шафи управління, ІТ обладнання Зона 1, Зона 2
		Устаткування призначене для категорії вибухонебезпечності суміші I для роботи в шахтах і рудниках, де є небезпека вибуху рудникового метану і суміші II для роботи в умовах можливого утворення промислових вибухонебезпечних сумішей газів і пилу (за останньою класифікації категорія III - для пилу) Устаткування для категорії вибухонебезпечності суміші II поділяються на три підкатегорії категорії II: ПА, ПВ, ПС
Захист виду e Поява іскри або підвищеної температури		Клемні і сполучні коробки, світильники, пости керування, розподільні пристрої, нагрівальні елементи Зона 1 (частково), Зона 2

Іскробезпечне електричне коло Обмеження енергії іскри або підвищеної температури	Ex i		Вимірвальна і регулююча техніка, техніка зв'язку, датчики, приводи, акумуляторні ліхтарі
		Рівні вибухозахисту Exi-- електрообладнання	
		вибухонебезпечна зона	0-ia / 1 - ia,ib / 2 - ia,ib,ic
		Устаткування призначене для категорії вибухонебезпечності суміші I для роботи в шахтах і рудниках, де є небезпека вибуху рудникового метану і суміші II для роботи в умовах можливого утворення промислових вибухонебезпечних сумішей газів і пилу (за останньою класифікації категорія III - для пилу) Устаткування в маркуванні ia, ib, ic для категорії вибухонебезпечності суміші II поділяються на три підкатегорії категорії II: IIA, IIB, IIC	
Заповнення або продування Ex - атмосфера ізольована від джерела загоряння	Ex p		Потужноструміві розподільчі шафи, високо інтегрований ІТ обладнання, системи аналізаторів прилади, надпотужні електродвигуни Зона 1, Зона 2
герметизація компаундом Ex - атмосфера ізольована від джерела загоряння	Ex m		Комутуючі прилади малої потужності, індикатори, датчики Зона 1, Зона 2
Масляне заповнення оболонки Ex - атмосфера ізольована від джерела загоряння	Ex o		Трансформатори, пускові опору Зона 2
Заповнення оболонки порошком Поширення вибуху в зовнішнє середовище виключено	Ex q		Трансформатори, конденсатори, індикатори Зона 1, Зона 2
Вид захисту n Не мають запальну здатність	Ex n		Цей вид вибухозахисту включає спрощені варіанти різних методів вибухозахисту Всі пристрої для Зони 2
Устаткування Exn підрозділяється на п'ять типів:			

		<p>A - для неіскристого електрообладнання; C - для іскристого електрообладнання, контакти якого мають вибухозахист, за винятком вибухозахисту з використанням оболонки з обмеженим пропуском газів, оболонки під надлишковим тиском захисного газу іскробезпечного ланцюга R - для оболонок з обмеженим пропуском газів L - для іскробезпечних кіл і іскробезпечного електроустаткування Z - для оболонок під надлишковим тиском</p> <p>Устаткування призначене для категорії вибухонебезпечності суміші II для роботи в умовах можливого утворення промислових вибухонебезпечних сумішей газів і пилу (за останньою класифікації категорія III - для пилу) Устаткування с маркуванням nC або nL поділяються на три підкатегорії категорії II: IIА, IIВ, IIС</p>
<p>Спеціальний захист зниження ймовірності виникнення електричної іскри</p>	Ex s	<p>Цей вид вибухозахисту може забезпечуватися такими засобами: виводом електричних ланцюгів в герметичну оболонку зі ступенем захисту IP67; герметизацією електрообладнання матеріалом, що володіє ізоляційними властивостями (компаундами, герметиками); впливом на вибухонебезпечну суміші пристроями та речовинами для поглинання або зниження концентрації останніх; і іншими способами.</p> <p>Всі пристрої для Зони 1 і Зони 2</p>

Діє така класифікація рівнів вибухозахисту обладнання:

Категорія вибухонебезпечності суміші		Необхідний рівень вибухозахисту
I (рудничий метан)	II (всі гази)	
I - Ia	II - ia	особливо вибухобезпечний
I - Ib	II - ib	вибухобезпечний
I - Ic	II - ic	Підвищена надійність проти вибуху

Категорії вибухонебезпечності суміші

У попередній класифікації передбачені дві категорії: I і II.

Категорія I визначає вимоги до обладнання, призначеного для застосування в підземних виробках шахт, рудників, небезпечних щодо рудничого газу і (або) горючого пилу, а також в тих частинах їх наземних будівель, в яких існує небезпека присутності рудничого газу і (або) горючої пилу.

До категорії II відноситься обладнання, яке використовується для роботи в умовах можливого утворення промислових вибухонебезпечних сумішей газів і пилу.

Існують три підкатегорії категорії II: ПА, ПВ, ПС. Кожна наступна категорія включає (може замінити) попередню, тобто, категорія С є вищою і відповідає вимогам всіх категорій - А, В і С. Вона, таким чином, є найбільш «суровою».

ССЕх	Енергія підпалу атмосфери (мкДж)	типовий представник
I		метан (рудничий)
II А	менше 180	пропан
II В	60-180	етилен
II С	менше 60	ацетилен, водень

Зі вступом в силу технічного регламенту ТР403 передбачається дві категорії (Категорія II - для газів, категорія III - для пилу)

В системі МЕКЕх (ІЕСЕх) передбачено три категорії: I, II і III.

З категорії II виділений пил в III категорію.

В системі NEC і СЕС передбачена менше розширена класифікація вибухонебезпечних сумішей газів і пилу для забезпечення більшої безпеки по класах і підгрупах (Class I Group A; Class I Group B; Class I Group C; Class I Group D; Class I Group E; Class II Group F; Class II Group G). Так наприклад, для вугільних шахт виготовляється з подвійним маркуванням: Class I Group D (для метану); Class II Group F (для вугільного пилу).

Характеристики вибухонебезпечних сумішей

Для багатьох поширених вибухонебезпечних сумішей експериментальним шляхом побудовані так звані характеристики займання. Для кожного палива існує мінімальна енергія підпалювання (МЕП), яка відповідає ідеальній пропорції палива і повітря, в якій суміш найлегше запалюється. Нижче МЕП підпалювання неможливо при будь-якої концентрації. Для концентрації нижче, ніж величина, відповідна МЕП, кількість енергії, що вимагається для займання суміші, збільшується до тих пір, поки значення концентрації трохи стане менше значення, при якому суміш не може спалахнути через малу кількість палива. Ця величина називається нижньою межею вибуху (НМВ). Аналогічним чином при збільшенні концентрації кількість необхідної для займання енергії зростає, поки концентрація не перевищить значення, при якому запалення не може відбутися через недостатню кількість окислювача. Це значення називається верхньою межею вибуху (ВМВ).

З практичної точки зору, НМВ є менше важливою і суттєвою величиною, ніж ВМВ, тому що вона встановлює в відсотковому відношенні мінімальну кількість палива, необхідного для утворення вибухонебезпечної суміші. Ця інформація важлива при класифікації небезпечних зон.

вибухонебезпечні суміші	Класифікація апаратури		енергія підпалювання
	ATEX	NEC, CEC	
метан	Група I (шахти)	Class I Group D	
ацетилен	Група ІІС	Class I Group A	> 20 мкДж
водень	Група ІІС	Class I Group B	> 20 мкДж
етилен	Група ІІВ	Class I Group C	> 60 мкДж
пропан	Група ІІА	Class I Group D	> 180 мкДж
металевий пил	Група ІІ	Class I, Group E	
вугільний пил	-	Class II Group F	Найменш легко підпалюють
зерновий пил	Група ІІ	Class II Group G	

Категорії вибухонебезпечності суміші деталізуються в залежності від температури самозаймання вибухонебезпечних газів і сумішей.

діє наступна класифікація по температурі самозаймання

група суміші	Максимальна температура обладнання	Температура самозаймання вибухонебезпечного середовища
T1	до 450 °C	понад 450 °C
T2	до 300 °C	понад 300 °C
T3	до 200 °C	понад 200 °C
T4	до 135 °C	понад 135 °C
T5	до 100 °C	понад 100 °C
T6	до 85 °C	понад 85 °C

Об'єднані вимоги до апаратури за категоріями вибухонебезпечності газових сумішей і температурі самозаймання сумішей газів.

Категорія ІІС вибухонебезпечності суміші застосовується до групам:

- T1 - водень, водяний газ, світільний газ, водень 75% + азот 25%;
- T2 - ацетилен, метилдихлорсилан;
- T3 - трихлорсилан;
- T4 - не застосовується;
- T5 - сірковуглець;
- T6 - не застосовується.

Категоріям А і В відповідають вибухонебезпечні суміші

ІІА:

• T1 - аміак, ..., ацетон, ..., бензол, 1,2-діхлорпропан, дихлоретан, діетиламін, ..., доменний газ, ізобутан, ..., метан (промисловий, з вмістом водню в 75 разів

більшим, ніж у рудниковому метані), пропан, ..., розчинники, сольвент нафтовий, спирт диацетоновий, ..., хлорбензол, ..., етан;

- Т2 - алкілбензол, амілацетат, ..., бензин Б95 \ 130, бутан, ... розчинники ..., спирти, ..., етилбензол, циклогексанол;

- Т3 - бензини А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, екстракційний бутилметакрилат, гексан, гептан, ..., гас, нафта, ефір петролейний, поліефір, пентан, скипидар, спирти, паливо Т-1 і ТС-1, уайт-спірит, циклогексан, етилмеркаптан;

- Т4 - ацетальдегід, альдегід ізомасляний, альдегід масляний, альдегід пропіоновий, декан, тетраметилдіамінометан, 1,1,3 - триетоксибутан;

- Т5 і Т6 - не застосовуються.

ІВ:

- Т1 - коксовий газ, синильна кислота;

- Т2 - дивініл, 4,4 - диметилдіоксан, диметилдихлорсілан, діоксан, ..., нітроциклогексан, окис пропілену, окис етилену, ..., етилен;

- Т3 - акролеїн, вінілтрихлорсілан, сірководень, тетрагідрофуран, тетраетоксисілан, триетоксисілан, паливо дизельне, формальгліколь, етилдихлорсілан, етилцелозольв;

- Т4 - дибутиловий ефір, діетиловий ефір, діетиловий ефір етиленгліколю;

- Т5 і Т6 - не застосовуються.

Як видно з наведених даних, категорія ІС є надмірною для більшості випадків застосування апаратури зв'язку на реальних об'єктах.

Додаткова інформація

Категорії ІА, ІВ і ІС визначаються за наступними параметрами: безпечним експериментальним максимальним зазором (БЕМЗ - максимальний зазор між фланцями оболонки, через який не відбувається передача вибуху з оболонки в навколишнє середовище) і величиною МСЗ (відношенням мінімального струму займання суміші вибухонебезпечної газу і мінімального струму займання метану).

Категорія вибухонебезпечної суміші	БЕМЗ (мм)	МСЗ
I (рудничий метан)	менше 1,0	1,0
ІА	0,9 та менше	0,8
ІВ	від 0,5 до 0,9	от 0,4 до 0,8
ІС	0,5 та менше	менше 0,45

Температурний клас

Температурний клас електрообладнання визначається граничною температурою в градусах Цельсія, яку можуть мати при роботі поверхні вибухозахищеного обладнання.

Температурний клас обладнання встановлюється виходячи з мінімальної температури відповідного температурного діапазону (його лівої межі):

обладнання, яке може застосовуватися в середовищі газів з температурою самозаймання класу T4, повинно мати максимальну температуру елементів поверхні нижче 135 градусів; T5 - нижче 100, а T6 - нижче 85.

Вимоги до апаратури за категоріями вибухонебезпечності і температурі самозаймання пилу в хмарі і шарі.

Забезпечуючи захист від горючого пилу, необхідно враховувати температуру її займання. Температура поверхні оболонки, позначена на шильді, повинна бути менше вихідної температури самозаймання пилу.

Приклади температур займання горючого пилу

Тип горючого пилу	Температура
алюміній	Хмара - 590 °С, шар - 450 °С
вугільний пил	Хмара - 380 °С, шар - 225 °С
борошно	Хмара - 490 °С, шар - 340 °С
зерновий пил	Хмара - 510 °С, шар - 300 °С
метилцелюлоза	Хмара - 420 °С, шар - 320 °С
феноло-альдегідний полімер	Хмара - 530 °С, шар - 450 °С
поліетилен	Хмара - 420 °С, шар - плавлення
ПВХ	Хмара - 700 °С, шар - 450 °С
сажа	Хмара - 810 °С, шар - 570 °С
крохмаль	Хмара - 460 °С, шар - 435 °С
цукор	Хмара - 490 °С, шар - 460 °С

Маркування FM за стандартом NEC, CEC:

Позначення вибухозахищеності за американським стандартом FM.

Factory Mutual (FM) за своєю суттю тотожні європейському стандарту, але відрізняються від нього за формою запису. В американському стандарті також вказуються умови застосування апаратури: клас вибухонебезпечності середовища (Class), умови експлуатації (Division) і групи суміші по їх температурі самозаймання (Group).

Class може мати значення I, II, III: Class I - вибухонебезпечні суміші газів і парів, Class II - горючий пил, Class III - горючі волокна.

Division може мати значення 1 і 2: Division 1 - це повний аналог зони B1 (B2) - вибухонебезпечна суміш присутня при нормальних умовах роботи; Division 2 - аналог зони B1a (B2A), в якій вибухонебезпечна суміш може з'явитися тільки в результаті аварії або порушень виробничого процесу.

Для роботи в зоні Div.1 потрібно особливо вибухобезпечне обладнання (в термінах стандарту - intrinsically safe), а для роботи в зоні Div.2 - вибухобезпечне обладнання класу Non-Incendive.

Вибухонебезпечні повітряні суміші, гази, пари утворюють 7 підгруп, у яких є прямі аналогії в європейському стандарті:

- Group A - суміші, що містять ацетилен (ПС Т3, Т2);
- Group B - суміші, що містять бутадієн, акролеїн, водень і окис етилену (ПС Т2, Т1);
- Group C - суміші, що містять циклопропан, етилен або етиловий ефір (ПВ Т4, Т3, Т2);
- Group D - суміші, що містять спирти, аміак, бензол, бутан, бензин, гексан, лаки, пари розчинників, гас, природний газ або пропан (ПА Т1, Т2, Т3, Т4);
- Group E - повітряні суспензії частинок горючого металевого пилу незалежно від його електричної провідності, або пил з подібними характеристиками небезпеки, що має питому об'ємну провідність менше $100 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.
- Group F - суміші, що містять горючий пил сажі, деревного вугілля або коксу з вмістом горючої речовини менше 8 % об'єму, або суспензії, що мають провідність від 100 до $100\,000 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$;
- Group G - суспензії горючого пилу, що мають опір менше $100 \text{ кОм}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

ATEX - новий європейський стандарт вибухозахищеного обладнання

Маркування за стандартом CENELEC застосовувалася в Європі до 1 липня 2003 року.

ExdПВТ4

Ex - знак вибухозахищеного обладнання за стандартом CENELEC; d - тип вибухозахисту (вибухонепроникна оболонка); ПВ - категорія вибухонебезпечності газової суміші II варіант В; Т4 - група суміші по температурі займання (температура не вище $135 \text{ }^\circ\text{C}$)




Відповідно до директиви Євросоюзу 94/9 / EC з 01 липня 2003 року діятиме новий стандарт АТЕХ. Нова класифікація замінила стару CENELEC і вводить в дію на території європейських країн.

АТЕХ - скорочення від Атмосpheres Explosibles (вибухонебезпечні суміші газів). Вимоги АТЕХ поширюються на механічне, електричне обладнання та захисні засоби, які передбачається використовувати в потенційно вибухонебезпечних умовах, як під землею, так і на поверхні землі.

У стандарті АТЕХ посилені вимоги стандартів EN50020 / EN50014 в частині IS (Intrinsically Safe) обладнання. Ці посилення передбачають:

- обмеження ємнісних параметрів схеми;
- використання інших класів захисту;
- нові вимоги до електростатики;
- використання захисного шкіряного чохла.

Класифікаційне маркування вибухозахищеного обладнання по АТЕХ розглянемо на наступному прикладі:

Область застосування обладнання				Маркування вибухобезпеки обладнання			
1	2	3	4	5	6	7	8
	II	1	G	EEx	ia	IIВ	T3

Четвертий елемент: G - для газів, D - для горючих пилу, волокон і суспензій. Подальші символи (після E E x) були розглянуті раніше.

1. Вибухозахищене обладнання має сертифікати однієї з випробувальних лабораторій країн ЄС. Ex в шестикутнику - маркування вибухозахищеного обладнання по АТЕХ.

2. Область застосування:

- I - підземні виробки (шахтні)
- II - наземне застосування (хімічна індустрія, нафтохімічні заводи, нафтопереробні заводи та ін.)

3. Категорія зони:

• 0 - постійна присутність вибухонебезпечних речовин (менше 1000 годин на рік). Використовується при частому виникненні вибухонебезпечних або легкозаймистих концентрацій небезпечних газів або сумішей (газів, суспензій).

• 1 – часта присутність 10 ... 1000 годин на рік. Використовується при виникненні вибухонебезпечних або легкозаймистих концентрацій небезпечних газів або сумішей (газів, суспензій) лише час від часу (наприклад, при аварійних ситуаціях)

• 2 - короткострокові менше 10 годин на рік. Використовується при рідкісних випадках виникнення цих ситуацій

4. Навколишнє атмосфера:

- G - газ;
- D - пил (для горючих пилу, волокон і суспензій)

5. E - згідно Євронормам (вимоги CENELEC); Ex - вибухозахищене обладнання.

6. Класифікація видів захисту:

- d - вибухонепроникна оболонка;
- e - захист виду "e" (підвищена);
- o - масляне заповнення;
- p - заповнення або продування оболонки під Р надлишкове;
- q - кварцове заповнення;
- m - заповнення компаундом;
- i - іскробезпечний електроланцюг: (даний тип вибухозахисту гарантує, що небезпечна ситуація не може виникнути в результаті іскри (при короткому замиканні), або в разі раптового обриву ланцюга живлення (енергія внутрішньої індуктивності приладу), або в результаті нагрівання струмоведучих проводів);
- ia - небезпечна ситуація не може виникнути при нормальній експлуатації при перешкодах на лінії і при будь-якій комбінації двох можливих неполадок;

- іb - небезпечна ситуація не може виникнути при нормальній експлуатації, при перешкодах на лінії і однієї несправності. Після головного виду захисту може вказуватися додатковий.

7. Область застосування:

- I - підземні роботи;
- II - наземне застосування;

Для видів захисту "d" і "i" в разі наземного застосування вводяться підгрупи ПА, ПВ і ПС (за величиною БЕМЗ або МСВ).

8. Температура займання:

- T1 > 450 °C;
- T2 = 300 ... 450 °C;
- T3 = 200 ... 300 °C;
- T4 = 135 ... 200 °C;
- T5 = 100 ... 135 °C;
- T6 = 85 ... 100 °C.

Маркування в квадратних дужках вказує на те, що це пов'язане обладнання. Наприклад, маркування [Ex ia] ПС вказує на пов'язане обладнання, що розташоване у вибухонебезпечній зоні. Пов'язане обладнання, розміщене в вибухонебезпечній зоні і має вид вибухозахисту «вибухонепроникна оболонка» маркується наступним чином: Ex d [ia] ПСТ4.

Вимоги до кабелю зв'язку для HART

Для прокладки проводів в HART системі зазвичай повинен використовуватися кабель витой пари, або екранованої пари, або із загальним екраном поверх кабелю, що містить багато кручених пар. В останньому випадку важливо не використовувати інші пари для сигналів, які можуть створювати перешкоди для HART комунікації. (Їх можна використовувати для інших HART ліній зв'язку, або для чисто аналогових ліній, за умови, що будуть дотримані обмеження HART протоколу на швидкість зміни аналогового сигналу.)

Якщо кабель довше, ніж кілька метрів, його опір і ємність можуть виявитися значними для обмеження на константу часу RC. Крім того, його опір, можливо, треба врахувати при обчисленні падіння напруги в контурі, яке потрібно виконати для кожної двох-провідної системи.

Параметри кабелю залежать від діаметра провідника, типу ізоляції і товщини. Ємність вимірюється від одного провідника до всіх інших і до екрану; опір вимірюється для обох з'єднаних послідовно провідників. Потрібно застосовувати виміряні значення або наведені характеристики конкретного кабелю, використаного при установці.

Типові значення

Екранована кручена пара для комп'ютерів	65 пкФ/м	120 Ом/км
Промислова екранована кручена пара	150 пкФ/м	120 Ом/км
Екранований багатожильний кабель	200 пкФ/м	120 Ом/км

При використанні одного первинного пристрою і головного пристрою з опором навантаження 250 Ом при відсутності іншого скільки-небудь значного опору константа часу 65 мкс допускає мати загальну ємність 0.26 мкФ. Щоб ємність дорівнювала 0.01 мкФ (10 000 пФ) для головного і первинного пристроїв, ємність кабелю повинна бути до 0.25 мкФ. Однак, якщо опір кабелю дорівнює 110 Ом, опір R стає 360 Ом, що веде до допустимої загальної ємності всього лише 0.18 мкФ. Це буде відповідати довжині кабелю 900 метрів при 200 пФ на метр. Якщо необхідно збільшити довжину кабелю до максимальної довжина HART, рівній 1500 м, потрібно ретельно вибрати кабель так, щоб він мав або менше низьку ємність, або менше низький опір (менше товсті жили).

В системі з десятьма моноканальними датчиками (CN = 5) всі під'єднані пристрої із загальною ємністю 0.255 мкФ (10 x 25000 пФ + 5000 пФ) допускають ємність кабелю всього 0.005 мкФ. В цьому випадку допустима довжина кабелю повинна бути від 25 до 75 метрів, в залежності від типу кабелю (опір кабелю в даному випадку дуже малий.)

Для запобігання перешкод від зовнішніх сигналів як слід заземляти систему. Сигнальний контур і екран кабелю повинні бути заземлені обов'язково в одній точці. Екран кабелю не повинен бути приєднаний до корпусу приладу, якщо він не ізольований від землі. Загальна точка заземлення повинна бути зазвичай на або близько до первинного головному пристрою (наприклад, система управління).

ДОДАТОК

Одиниці вимірювання тиску

p_2/p_1	Па	кПа	МПа	кгс/см ²	бар	фіз.атм.	мм.вод.ст.	мм.рт.ст.	psi
Па	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	1,019710 ⁻⁵	10 ⁻⁵	9,869210 ⁻⁶	0,101972	7,500610 ⁻³	1,4503710 ⁻⁴
кПа	10 ³	1	10 ⁻³	1,019710 ⁻²	10 ⁻²	9,869210 ⁻³	101,972	7,5006	0,145037
МПа	10 ⁶	10 ³	1	10,1972	10	9,86923	101971,6	7500,62	145,0377
кгс/см ²	98066,5	98,0665	0,0980665	1	0,980665	0,967841	10 ⁴	735,56	14,22333
бар	10 ⁵	100	0,1	1,0197	1	0,986923	10197,2	750,06	14,50377
фізична атмосфера	101325	1,01325·10 ²	0,101325	1,03323	1,01325	1	1,033·10 ⁴	760	14,69594
міліметр водяного стовпчика	9,80665	9,8066510 ⁻³	9,8066510 ⁻⁶	10 ⁻⁴	9,806710 ⁻⁵	9,678410 ⁻⁵	1	7,35610 ⁻²	1,422310 ⁻³
міліметр ртутного стовпчика	133,322	0,133322	1,3332210 ⁻⁴	1,359510 ⁻³	1,333210 ⁻³	1,315810 ⁻³	13,5951	1	1,933710 ⁻³
psi	6894,76	6,89476	6,8947610 ⁻³	7,030710 ⁻²	6,89476110 ⁻²	6,804610 ⁻²	703,07	51,7151	1

Одиниці вимірювання



ТЕМПЕРАТУРА

Спосіб задання значень температури - температурна шкала. Відомо кілька температурних шкал.

- Шкала Кельвіна (по імені англійського фізика У. Томсона, лорда Кельвіна).

Позначення одиниці: К (не "градус Кельвіна» і не °К).

1 К = 1/273,16 - частина термодинамічної температури потрійної точки води, відповідної термодинамічної рівноваги системи, що складається з льоду, води і пари

- Шкала Цельсія (по імені шведського астронома і фізика А. Цельсія).

Позначення одиниці: °С.

У цій шкалі температура танення льоду при нормальному тиску прийнята рівною 0 °С, температура кипіння води - 100 °С.

Шкала Кельвіна і Цельсія пов'язані рівнянням: $t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273,15$.

- Шкала Фаренгейта (Д. Г. Фаренгейт - німецький фізик).

Позначення одиниці: °F. Застосовується широко, зокрема, в США.

Шкала Фаренгейта і шкала Цельсія пов'язані: $t (^{\circ}\text{F}) = 1,8 \cdot t (^{\circ}\text{C}) + 32 ^{\circ}\text{C}$. За абсолютним значенням 1 (°F) = 1 (°C).

- Шкала Реомюра (по імені французького фізика Р.А. Реомюра).

Позначення: °R і °r.

Ця шкала майже вийшла з ужитку.

Співвідношення з градусом Цельсія: $t (^{\circ}\text{R}) = 0,8 \cdot t (^{\circ}\text{C})$.

• Шкала Ренкіна (Ранкіна) - по імені шотландського інженера і фізика У. Дж. Ранкіна.

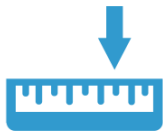
Позначення: °R (іноді: °Rank).

Шкала також застосовується в США.

Температура за шкалою Ренкіна співвідноситься з температурою за шкалою Кельвіна: $t (^{\circ}\text{R}) = 9/5 \cdot T (\text{K})$.

Основні температурні показники в одиницях вимірювання різних шкал

Явище	за Кельвіном	за Цельсієм	за Фаренгейтом	за Ранкіном	за Делілем	за Ньютоном	за Реомюром	за Ромером
Абсолютний нуль	0	-273.15	-459.67	0	559.725	-90.14	-218.52	-135.90
Суміш льоду і солі (за Фаренгейтом)	255.37	-17.78	0	459.67	176.67	-5.87	-14.22	-1.83
Замерзання води (за нормальних умов)	273.15	0	32	491.67	150	0	0	7.5
Середня температура людського тіла	310.0	36.85	98.2 ¹	557.9	94.5	12.21	29.6	26.925
Кипіння води (за нормальних умов)	373.15	100	212	671.67	0	33	80	60
Плавлення титану	1941	1668	3034	3494	-2352	550	1334	883
Поверхня Сонця	5800	5526	9980	10440	-8140	1823	4421	2909



ДОВЖИНА

Одиниця вимірювання в СІ - метр (м).

Кратні і частинні одиниці рекомендовані: км, см, мм, мкм; одиниця допускається: дм; 1 дм = 0,1 м.

- Позасистемна одиниця: Ангстрем (Å). $1 \text{ Å} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.
- Дюйм (від голл. Duim - великий палець); inch; in; "; 1" = 25,4 мм.
- Хенд (англ. Hand - рука); 1 hand = 101,6 мм.
- Лінк (англ. Link - ланка); 1 li = 201,168 мм.
- Спен (англ. Span - проліт, розмах); 1 span = 228,6 мм.
- Фут (англ. Foot - нога, feet - фути); 1 ft = 304,8 мм.
- Ярд (англ. Yard - двір, загін); 1 yd = 914,4 мм.
- Фатом, фесом (англ. Fathom - міра Довжина (= 6 ft), або міра об'єму деревини (= 216 ft³), або гірська міра площі (приймаємо 36 ft²), або морська сажень (Ft)); fath або fth, або Ft, або ffm; 1 Ft = 1,8288 м.
- Чейн (англ. Chain - ланцюг); 1 ch = 66 ft = 22 yd = 20,117 м.
- Фарлонг (англ. Furlong) - 1 fur = 220 yd = 1/8 милі.
- Миля (англ. Mile; міжнародна). 1 ml (mi, MI) = 5280 ft = 1760 yd = 1609,344 м.



ПЛОЩА

Одиниця вимірювання в СІ - м².

Кратні і частинні одиниці рекомендовані: км², см², мм²; одиниця допускається: гектар (га); 1 га = 104 м².

- Квадратний фут; 1 ft² (також sq ft) = 929,03 см².
- Квадратний дюйм; 1 in² (sq in) = 645,16 мм².
- Квадратний фатом (фесом); 1 fath² (ft²; Ft²; sq Ft) = 3,34451 м².
- Квадратний ярд; 1 yd² (sq yd) = 0,836127 м².

Sq (square) - квадратний.



ОБ'ЄМ

Одиниця вимірювання в СІ - м³.

Частинні одиниці рекомендовані: см³, мм³; одиниці допускаються: дм³, л; 1 л = 1 дм³ = 10⁻³ м³.

- Кубічний фут; 1 ft³ (також cu ft) = 28,3169 дм³.
- Кубічний фатом; 1 fath³ (fth³; Ft³; cu Ft) = 6,11644 м³.
- Кубічний ярд; 1 yd³ (cu yd) = 0,764555 м³.
- Кубічний дюйм; 1 in³ (cu in) = 16,3871 см³.
- Бушель (Великобританія); 1 bu (uk, також UK) = 36,3687 дм³.
- Бушель (США); 1 bu (us, також US) = 35,2391 дм³.
- Галон (Великобританія); 1 gal (uk, також UK) = 4,54609 дм³.
- Галон рідинний (США); 1 gal (us, також US) = 3,78541 дм³.
- Галон сухий (США); 1 gal dry (us, також US) = 4,40488 дм³.
- Джилл (gill); 1 gi = 0,12 л (США), 0,14 л (Великобританія).
- Барель (США); 1 bbl = 0,16 м³.

UK - United Kingdom - Сполучене Королівство (Великобританія); US - United States (США).

питомий об'єм

Одиниця вимірювання в СІ - м³/кг.

- фут³ / фунт; 1 ft³ / lb = 62,428 дм³ / кг.



МАСА

Одиниця вимірювання в СІ - кг.

- Частинні одиниці рекомендовані: г, мг, мкг; одиниця допускається: тонна (т), $1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$.
- Фунт (торговий) (англ. Libra, round – взвішування, фунт); $1 \text{ lb} = 453,592 \text{ г}$; lbs - фунти. В системі старих російських заходів $1 \text{ фунт} = 409,512 \text{ г}$
- Гран (англ. Grain - зерно, крупина, дробина); $1 \text{ gr} = 64,799 \text{ мг}$.
- Стоун (англ. Stone - камінь); $1 \text{ st} = 14 \text{ lb} = 6,350 \text{ кг}$.



ЩІЛЬНІСТЬ

Щільність, в т.ч. насипна

Одиниця вимірювання в СІ - $\text{кг}/\text{м}^3$.

Частинні одиниці рекомендовані: $\text{г}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{см}^3$; одиниці допускаються: $\text{т}/\text{м}^3$, $\text{кг}/\text{дм}^3$ ($\text{кг}/\text{л}$);

$1 \text{ т}/\text{м}^3 = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$; $1 \text{ кг} / \text{дм}^3 = 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^3$.

• Фунт / фут³; $1 \text{ lb} / \text{ft}^3 = 16,0185 \text{ кг} / \text{м}^3$.

лінійна щільність

Одиниця вимірювання в СІ - $\text{кг} / \text{м}$.

• Фунт / фут; $1 \text{ lb} / \text{ft} = 1,48816 \text{ кг} / \text{м}$

• Фунт / ярд; $1 \text{ lb} / \text{yd} = 0,496055 \text{ кг} / \text{м}$

поверхнева щільність

Одиниця вимірювання в СІ - $\text{кг} / \text{м}^2$.

• Фунт / фут²; $1 \text{ lb} / \text{ft}^2$ (також $\text{lb} / \text{sq ft}$ - pound per square foot) = $4,88249 \text{ кг}/\text{м}^2$.



ШВИДКІСТЬ

лінійна швидкість

Одиниця вимірювання в СІ - $\text{м} / \text{с}$.

• Фут / год; $1 \text{ ft} / \text{h} = 0,3048 \text{ м} / \text{год}$.

• Фут / с; $1 \text{ ft} / \text{s} = 0,3048 \text{ м} / \text{с}$.



ПРИСКОРЕННЯ

Одиниця вимірювання в СІ - $\text{м} / \text{с}^2$.

• Фут / с²; $1 \text{ ft} / \text{s}^2 = 0,3048 \text{ м} / \text{с}^2$.



ВИТРАТА

масова витрата

Одиниця вимірювання в СІ - кг / с.

- Фунт / год; $1 \text{ lb} / \text{h} = 0,453592 \text{ кг} / \text{год}$.
- Фунт / с; $1 \text{ lb} / \text{s} = 0,453592 \text{ кг} / \text{с}$.

об'ємна витрата

Одиниця вимірювання в СІ - м³ / с.

- фут³ / хв; $1 \text{ ft}^3 / \text{min} = 28,3168 \text{ дм}^3 / \text{хв}$.
- Ярд³ / хв; $1 \text{ yd}^3 / \text{min} = 0,764555 \text{ дм}^3 / \text{хв}$.
- Галон / хв; $1 \text{ gal} / \text{min}$ (також GPM - gallon per min) = $3,78541 \text{ дм}^3 / \text{хв}$.

Питома об'ємна витрата

• GPM / (sq · ft) - gallon (G) per (P) minute (M) / (square (sq) · foot (ft)) - галон в хвилину на квадратний фут;

$1 \text{ GPM} / (\text{sq} \cdot \text{ft}) = 2445 \text{ л} / (\text{м}^2 \cdot \text{год}) \cdot 1 \text{ л} / (\text{м}^2 \cdot \text{год}) = 10^{-3} \text{ м} / \text{год}$.

• gpd - gallons per day - галони в день (добу); $1 \text{ gpd} = 0,1577 \text{ дм}^3 / \text{год}$.

• gpm - gallons per minute - галони в хвилину; $1 \text{ gpm} = 0,0026 \text{ дм}^3 / \text{хв}$.

• gps - gallons per second - галони в секунду; $1 \text{ gps} = 438 \cdot 10^{-6} \text{ дм}^3 / \text{с}$.

Витрата сорбенту (наприклад, Cl₂) при фільтруванні через шар сорбенту (наприклад активного вугілля)

• Gals / cu ft (gal / ft³) - gallons / cubic foot (галони на кубічний фут); $1 \text{ Gals} / \text{cu ft} = 0,13365 \text{ дм}^3$ на 1 дм^3 сорбенту.



СИЛА, ВАГА

Одиниця вимірювання в СІ - Н.

• Фунт-сила; $1 \text{ lbf} = 4,44822 \text{ Н}$. (Аналог назви одиниці вимірювання: кілограм-сила, кгс. $1 \text{ кгс} = 9,80665 \cdot \text{Н}$ (точно). $1 \text{ lbf} = 0,453592 \text{ (кг)} \cdot 9,80665 \text{ Н} = 4,44822 \text{ Н}$. $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$

• Паундаль (англ. ∴ poundal); $1 \text{ pdl} = 0,138255 \text{ Н}$. (Паундаль - сила, що повідомляє масі в один фунт прискорення в $1 \text{ фут} / \text{с}^2$, $\text{lb} \cdot \text{ft} / \text{с}^2$.)

Питома вага

Одиниця вимірювання в СІ - Н / м³.

• Фунт-сила / фут³; $1 \text{ lbf} / \text{ft}^3 = 157,087 \text{ Н} / \text{м}^3$.

• Паундаль / фут³; $1 \text{ pdl} / \text{ft}^3 = 4,87985 \text{ Н} / \text{м}^3$.



ТИСК, НАПІР

Одиниця вимірювання в СІ - Па, кратні одиниці: МПа, кПа.

Фахівці в своїй роботі продовжують застосовувати застарілі, скасовані або раніше факультативно допускаються одиниці вимірювання тиску: кгс / см²; бар; атм. (фізична атмосфера); ат (технічна атмосфера); ата; ати; мм вод. ст. ; мм рт. ст; Торре.

Використовуються поняття: «абсолютний тиск», «надлишковий тиск». Зустрічаються помилки при перекладі деяких одиниць вимірювання тиску в Па і в його кратні одиниці. Потрібно враховувати, що 1 кгс / см² дорівнює 98066,5 Па (точно), тобто для невеликих (приблизно до 14 кгс / см²) тисків з достатньою для роботи точністю можна прийняти: 1 Па = 1 кг / (м · с²) = 1 Н / м². 1 кгс / см² ≈ 10⁵ Па = 0,1 МПа. Але вже при середніх і високих тисках: 24 кгс / см² ≈ 23,5 · 10⁵ Па = 2,35 МПа; 40 кгс / см² ≈ 39 · 10⁵ Па = 3,9 МПа; 100 кгс / см² ≈ 98 · 10⁵ Па = 9,8 МПа та ін.

співвідношення:

- 1 атм (фізична) ≈ 101325 Па ≈ 1,013 · 10⁵ Па ≈ 0,1 МПа.
- 1 ат (технічна) = 1 кгс / см² = 980066,5 Па ≈ 10⁵ Па ≈ 0,09806 МПа ≈ 0,1 МПа.

МПа.

- 0,1 МПа ≈ 760 мм рт. ст. ≈ 10 м вод. ст. ≈ 1 бар.
- 1 Торр (тор, tor) = 1 мм рт. ст.
- Фунт-сила / дюйм²; 1 lbf / in² = 6,89476 кПа.
- Фунт-сила / фут²; 1 lbf / ft² = 47,8803 Па.
- Фунт-сила / ярд²; 1 lbf / yd² = 5,32003 Па.
- Паундаль / фут²; 1 pdl / ft² = 1,48816 Па.
- Фут водяного стовпа; 1 ft H₂O = 2,98907 кПа.
- Дюйм водяного стовпа; 1 in H₂O = 249,089 Па.
- Дюйм ртутного стовпа; 1 in Hg = 3,38639 кПа.
- PSI (також psi) - pounds (P) per square (S) inch (I) - фунти на квадратний дюйм; 1 PSI = 1 lbf / in² = 6,89476 кПа.

Іноді в літературі зустрічається назва одиниці вимірювання тиску lb / in² - в цій одиниці враховано НЕ lbf (фунт-сила), а lb (фунт-маса). Тому в чисельному вираженні 1 lb / in² дещо відрізняється від 1 lbf / in², так як при визначенні 1 lbf враховано: g = 9,80665 м / с² (на широті Лондона). 1 lb / in² = 0,454592 кг / (2,54 см)² = 0,07046 кг / см² = 7,046 кПа. 1 lbf / in² = 4,44822 Н / (2,54 см)² = 4,44822 кг · м / (2,54 · 0,01 м)² · с² = 6894,754 кг / (м · с²) = 6894,754 Па ≈ 6,895 кПа.

Для практичних розрахунків можна прийняти: 1 lbf / in² ≈ 1 lb / in² ≈ 7 кПа. Але, по суті, рівність неправомірно, як і 1 lbf = 1 lb, 1 кгс = 1 кг. PSIG (psig) - те саме, що PSI, але вказує надлишковий тиск; PSIA (psia) - те саме, що PSI, але акцентує: тиск абсолютний; a - absolute, g - gauge (міра, розмір).

Напір води

Одиниця вимірювання в СІ - м.

- Напір в футах (feet-head); 1 ft hd = 0,3048 м

Втрати тиску під час фільтрування

- PSI / ft - pounds (P) per square (S) inch (I) / foot (ft) - фунти на квадратний дюйм / фут; 1 PSI / ft = 22,62 кПа на 1 м фільтруючого шару.



РОБОТА, ЕНЕРГІЯ, КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛОТИ

Одиниця вимірювання в СІ - Джоуль (по імені англійського фізика Дж. П. Джоуля).

- 1 Дж - механічна робота сили 1 Н при переміщенні тіла на відстань 1 м.
- 1 Ньютон (Н) - одиниця сили і ваги в СІ; 1 Н дорівнює силі, що надає тілу масою 1 кг прискорення $1 \text{ м}^2 / \text{с}$ в напрямку дії сили. $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

У теплотехніці продовжують застосовувати скасовану одиницю вимірювання кількості теплоти - калорію (кал, cal).

- 1 Дж (J) = 0,23885 кал. 1 кДж = 0,2388 ккал.
- 1 lbf · ft (фунт-сила-фут) = 1,35582 Дж.
- 1 pdl · ft (паундаль-фут) = 42,1401 мДж.
- 1 Btu (британська одиниця теплоти) = 1,05506 кДж (1 кДж = 0,2388 ккал).
- 1 Therm (терма - британська велика калорія) = $1 \cdot 10^5$ Btu.



ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ ПОТІК

Одиниця вимірювання в СІ - Ватт (Вт) - по імені англійського винахідника Дж. Уатта - механічна потужність, при якій за час 1 с відбувається робота в 1 Дж, або тепловий потік, еквівалентний механічній потужності в 1 Вт.

- 1 Вт (W) = 1 Дж / с = 0,859985 ккал / ч (kcal / h).
- 1 lbf · ft / s (фунт-сила-фут / с) = 1,33582 Вт.
- 1 lbf · ft / min (фунт-сила-фут / хв) = 22,597 мВт.
- 1 lbf · ft / h (фунт-сила-фут / год) = 376,616 мкВт.
- 1 pdl · ft / s (паундаль-фут / с) = 42,1401 мВт.
- 1 hp (кінська сила британська / с) = 745,7 Вт.
- 1 Btu / s (британська одиниця теплоти / с) = 1055,06 Вт.
- 1 Btu / h (британська одиниця теплоти / год) = 0,293067 Вт.

Поверхнева щільність теплового потоку

- Одиниця вимірювання в СІ - Вт / м^2 .
- 1 Вт / м^2 (W / м^2) = 0,859985 ккал / ($\text{м}^2 \cdot \text{год}$) (kcal / ($\text{м}^2 \cdot \text{h}$)).
- 1 Btu / ($\text{ft}^2 \cdot \text{год}$) = 2,69 ккал / ($\text{м}^2 \cdot \text{год}$) = 3,1546 кВт / м^2 .



В'ЯЗКІСТЬ

Динамічна в'язкість (коефіцієнт в'язкості), η .

- Одиниця вимірювання в СІ - $\text{Па} \cdot \text{с}$. $1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 1 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$; позасистемна одиниця - пуаз (П). $1 \text{ П} = 1 \text{ дин} \cdot \text{с} / \text{м}^2 = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$.
- Діна (dyn) - (від грец. Dynamic - сила). $1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н} = 1 \text{ г} \cdot \text{см} / \text{с}^2 = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ кгс}$.
- $1 \text{ lbf} \cdot \text{h} / \text{ft}^2$ (фунт-сила-год / фут²) = $172,369 \text{ кПа} \cdot \text{с}$.
- $1 \text{ lbf} \cdot \text{s} / \text{ft}^2$ (фунт-сила-с / фут²) = $47,8803 \text{ Па} \cdot \text{с}$.
- $1 \text{ pdl} \cdot \text{s} / \text{ft}^2$ (паундаль-с / фут²) = $1,48816 \text{ Па} \cdot \text{с}$.
- $1 \text{ slug} / (\text{ft} \cdot \text{s})$ (слаг / (фут · с)) = $47,8803 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Slug (слаг) - технічна одиниця маси в англійській системі заходів.

Кінематична в'язкість, ν .

- Одиниця вимірювання в СІ - $\text{м}^2 / \text{с}$; Одиниця $\text{см}^2 / \text{с}$ називається «Стокс» (по імені англійського фізика і математика Дж. Г. Стокса).
- Кінематична і динамічна в'язкості пов'язані рівністю: $\nu = \eta / \rho$, де ρ - щільність, $\text{г} / \text{см}^3$.
- $1 \text{ м}^2 / \text{с} = \text{Стокс} / 10^4$.
- $1 \text{ ft}^2 / \text{h}$ (фут² / год) = $25,8064 \text{ мм}^2 / \text{с}$.
- $1 \text{ ft}^2 / \text{s}$ (фут² / с) = $929,030 \text{ см}^2 / \text{с}$.



НАПРУЖЕНІСТЬ

Одиниця напруженості магнітного поля в СІ - $\text{А} / \text{м}$ (Ампер / метр). Ампер (А) - прізвище французького фізика А.М. Ампера.

Раніше застосовувалася одиниця Ерстед (Е) - по імені датського фізика Г.Х. Ерстед.

$$1 \text{ А} / \text{м} (\text{А} / \text{m}, \text{At} / \text{m}) = 0,0125663 \text{ Е} (\text{Ое})$$



ТВЕРДІСТЬ

Опір роздавлюванню і стиранню мінеральних фільтруючих матеріалів і взагалі всіх мінералів і гірських порід побічно визначають за шкалою Мооса (Ф. Моос - німецький мінералог).

У цій шкалі числами в порядку зростання позначають мінерали, розташовані таким чином, щоб кожний наступний був здатний залишати

подряпину на попередньому. Крайні речовини в шкалі Мооса: тальк (одиниця твердості - 1, найм'якший) і алмаз (10, найтврдий).

- Твердість 1-2,5 (чертаються нігтем): волсконкоїт, вермикулїт, галїт, гіпс, глауконїт, графіт, глинисті матеріали, піролюзит, тальк та ін.

- Твердість > 2,5-4,5 (не чертаються нігтем, але чертаються склом): ангідрит, арагонїт, барит, глауконїт, доломїт, кальцит, магнезит, мусковїт, сидерит, халькопірит, шабазїт та ін.

- Твердість > 4,5-5,5 (не чертаються склом, але чертаються сталевим ножом): апатит, вернадит, нефелїн, піролюзит, шабазїт та ін.

- Твердість > 5,5-7,0 (не чертаються сталевим ножом, але чертаються кварцом): вернадит, гранат, ільменїт, магнезит, пірит, польовї шпати та ін.

- Твердість > 7,0 (не чертаються кварцом): алмаз, гранати, корунд та ін.

Твердість мінералів і гірських порід можна визначати також за шкалою Кнупа (А. Кнупа - німецький мінералог). У цій шкалі значення визначаються за розміром відбитка, що залишається на мінералі при вдавлюванні в його зразок алмазної піраміди під певним навантаженням.

Альтернативна таблиця визначення твердості мінералів, значення твердості згідно з якою можуть коливатись між двома рівнями.

Твердість	речовина чи мінерал
1	Рідина
2	Гіпс
від 2.5 до 3	Золото, срібло
3	Кальцит, мідь, монета
4	Флюорит
від 4 до 4.5	Платина
від 4 до 5	Залізо
5	Апатит
6	Ортоклаз
6.5	Пірит
від 6 до 7	Скло
7	Кварц
7 та вище	Гартована сталь
8	Топаз
9	Корунд
10	Гранат
11	Сплавлений цирконій
12	Сплавлений глинозем
13	Карбід кремнію

14	Карбід бору
15	Алмаз



РАДІОАКТИВНІСТЬ

Одиниця вимірювання в СІ - Бк (Беккерель, названий на честь французького фізика А.А. Беккереля).

Бк (Bq) - одиниця активності нукліда в радіоактивному джерелі (активність ізотопу). 1 Бк дорівнює активності нукліда, при якій за 1 с відбувається один акт розпаду.

Концентрація радіоактивності: Бк / м³ або Бк / л.

Активність - це число радіоактивних розпадів в одиницю часу. Активність, яка припадає на одиницю маси, називається питомою.

- Кюрі (Ки, Ci, Cu) - одиниця активності нукліда в радіоактивному джерелі (активності ізотопу). 1 Ки - це активність ізотопу, в якому за 1 с відбувається $3,7000 \cdot 10^{10}$ актів розпаду. $1 \text{ Ки} = 3,7000 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

- Резерфорд (Рд, Rd) - застаріла одиниця активності нуклідів (ізотопів) в радіоактивних джерелах, названа на честь англійського фізика Е. Резерфорда. $1 \text{ Рд} = 1 \cdot 10^6 \text{ Бк} = 1/37000 \text{ Ки}$.

Доза випромінювання

Доза випромінювання - енергія іонізуючого випромінювання, поглинена опромінюючою речовиною і розрахована на одиницю його маси (поглинаюча доза). Доза накопичується з часом опромінення. Потужність дози \equiv Доза / час.

Одиниця поглинаючої дози в системі СІ - Грей (Гр, Gy). Позасистемна одиниця - Радій (rad), відповідна енергії випромінювання в 100 ерг, поглинаючої речовиною масою 1 м

Ерг (erg - від грец.: ergon - робота) - одиниця роботи і енергії в Нерекордованій системі СГС.

- $1 \text{ ерг} = 10^{-7} \text{ Дж} = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{ кгс} \cdot \text{м} = 2,39 \cdot 10^{-8} \text{ кал} = 2,78 \cdot 10^{-14} \text{ кВт} \cdot \text{год}$.
- $1 \text{ рад (rad)} = 10^{-2} \text{ Гр}$.
- $1 \text{ рад (rad)} = 100 \text{ ерг} / \text{г} = 0,01 \text{ Гр} = 2,388 \cdot 10^{-6} \text{ кал} / \text{г} = 10^{-2} \text{ Дж} / \text{кг}$.

Керма (скор. англ.: kinetic energy released in matter) - кінетична енергія, звільнена в речовині, вимірюється в греях.

Еквівалентна доза визначається порівнянням випромінювання нуклідів з рентгенівським випромінюванням. Коефіцієнт якості випромінювання (К) показує, у скільки разів радіаційна небезпека в разі хронічного опромінення людини (в порівняно малих дозах) для даного виду випромінювання більше, ніж в разі рентгенівського випромінювання при однаковій поглиненій дозі. Для рентгенівського і γ -випромінювання $K = 1$. Для всіх інших видів випромінювань K встановлюється по радіобіологічним даними.

Кекв = Кпогл · К.

Одиниця поглинаючої дози в системі СІ - 1 Зв (Зіверт) = 1 Дж / кг = 10² бер.

• БЕР (бер, rі - до 1963 р визначалася як біологічний еквівалент рентгена) - одиниця еквівалентної дози іонізуючого випромінювання.

• Рентген (Р, R) - одиниця вимірювання, експозиційна доза рентгенівського і γ-випромінювання. 1 Р = 2,58 · 10⁻⁴ Кл / кг.

• Кулон (Кл) - одиниця в системі СІ, кількість електрики, електричний заряд.
1 бер = 0,01 Дж / кг.

Потужність еквівалентної дози - Зв / с.



ПРОНИКНІСТЬ

Проникність пористих середовищ (в тому числі гірських порід і мінералів) Дарсі (Д) - по імені французького інженера А. Дарсі, darsy (D) · 1 Д = 1,01972 мкм².

1 Д - проникність такого пористого середовища, при фільтрації через зразок якої площею 1 см², товщиною 1 см і перепаді тиску 0,1 МПа витрата рідини в'язкістю 1 сп дорівнює 1 см³ / с.



РОЗМІРИ ЧАСТИНОК

Розміри частинок, зерен (гранул) фільтруючих матеріалів по СІ і стандартам інших країн

У США, Канаді, Великобританії, Японії, Франції та Німеччини розміри зерен оцінюють в мешах (англ. Mesh - отвір, осередок, мережа), тобто за кількістю (кількістю) отворів, що припадають на один дюйм найдрібнішого сита, через яке можуть пройти зерна. І ефективним діаметром зерен вважається розмір отвору в мкм. В останні роки частіше застосовуються системи мешів США і Великобританії.



КОНЦЕНТРАЦІЯ РОЗЧИНІВ

Зміст речовини в певному об'ємі чи масі розчину або розчинника називається концентрацією речовини в розчині. Найменш часто застосовують такі способи вираження концентрації розчинів.

Масова частка

Масова частка показує, яка масова кількість речовини міститься в 100 масових частинах розчину. Одиниці вимірювання: частки одиниці; відсотки (%); проміле (‰); мільйонні частки (млн^{-1}).

Концентрація розчинів і розчинність

Концентрацію розчину потрібно відрізнити від розчинності - концентрації насиченого розчину, яка виражається масовою кількістю речовини в 100 масових частинах розчинника (наприклад $\text{г} / 100 \text{ г}$).

об'ємна концентрація

Об'ємна концентрація - це масова кількість розчиненої речовини в певному об'ємі розчину (наприклад: $\text{мг} / \text{л}$, $\text{г} / \text{м}^3$).

молярна концентрація

Молярна концентрація - кількість молей даної речовини, розчиненого в певному об'ємі розчину ($\text{моль} / \text{м}^3$, $\text{ммоль} / \text{л}$, $\text{мкмоль} / \text{мл}$).

мольна концентрація

Мольна концентрація - число молей речовини, що міститься в 1000 г розчинника ($\text{моль} / \text{кг}$).

нормальний розчин

Нормальним називається розчин, що містить в одиниці об'єму один еквівалент речовини, виражений в масових одиницях: $1\text{Н} = 1 \text{ мг} \cdot \text{екв} / \text{л} = 1 \text{ ммоль} / \text{л}$ (із зазначенням еквіваленту конкретної речовини).

еквівалент

Еквівалент дорівнює відношенню частини маси елемента (речовини), яка приєднує або заміщає в хімічній сполуці одну атомну масу водню або половину атомної маси кисню, до $1/12$ маси вуглецю¹². Так, еквівалент кислоти дорівнює її молекулярній масі, вираженої в грамах, поділеній на основу (число іонів водню); еквівалент основи - молекулярна маса, поділена на кислотність (число іонів водню, а у неорганічних основ - поділена на число гідроксильних груп); еквівалент солі - молекулярна маса, поділена на суму зарядів (валентність катіонів або аніонів); еквівалент сполуки, що бере участь в окисно-відновних реакціях, - це частка від ділення молекулярної маси сполуки на число електронів, прийнятих (відданих) атомом відновлюємого (окислюємого) елемента.



ЖОРСТКІСТЬ І ЛУЖНІСТЬ ВОДИ

Одиниця кількості речовини встановлена: моль, кратні і частинні одиниці (кмоль , ммоль , мкмоль).

Одиниця вимірювання жорсткості в СІ - $\text{ммоль} / \text{л}$; $\text{мкмоль} / \text{л}$.

У різних країнах часто продовжують використовувати скасовані одиниці вимірювання жорсткості води:

- Україна - $\text{мг-екв} / \text{л}$, $\text{мкг-екв} / \text{л}$, $\text{г-екв} / \text{м}^3$;
- Німеччина, Австрія, Данія і деякі інші країни німецької групи мов - 1 німецький градус - (H° - Harte - жорсткість) $\equiv 1 \text{ ч. CaO} / 100 \text{ тис. ч. води} \equiv 10 \text{ мг}$

$\text{CaO} / \text{л} \equiv 7,14 \text{ мг MgO} / \text{л} \equiv 17,9 \text{ мг CaCO}_3 / \text{л} \equiv 28,9 \text{ мг Ca (HCO}_3)_2 / \text{л} \equiv 15,1 \text{ мг MgCO}_3 / \text{л} \equiv 0,357 \text{ ммоль} / \text{л}$.

• 1 французький градус $\equiv 1 \text{ ч. CaCO}_3 / 100 \text{ тис. ч. води} \equiv 10 \text{ мг CaCO}_3 / \text{л} \equiv 5,2 \text{ мг CaO} / \text{л} \equiv 0,2 \text{ ммоль} / \text{л}$.

• 1 англійський градус $\equiv 1 \text{ гран} / 1 \text{ галлон води} \equiv 1 \text{ ч. CaCO}_3 / 70 \text{ тис. ч. води} \equiv 0,0648 \text{ г CaCO}_3 / 4,546 \text{ л} \equiv 100 \text{ мг CaCO}_3 / 7 \text{ л} \equiv 7,42 \text{ мг CaO} / \text{л} \equiv 0,285 \text{ ммоль} / \text{л}$.

Іноді англійська градус жорсткості позначають Clark.

• 1 американський градус $\equiv 1 \text{ ч. CaCO}_3 / 1 \text{ млн ч. води} \equiv 1 \text{ мг CaCO}_3 / \text{л} \equiv 0,52 \text{ мг CaO} / \text{л} \equiv 0,02 \text{ ммоль} / \text{л}$.

Тут: ч. - частина; переклад градусів до відповідних їм кількості CaO, MgO, CaCO₃, Ca(HCO₃)₂, MgCO₃ показаний в якості прикладів в основному для німецьких градусів; розмірності градусів прив'язані до кальцій містких з'єднань, так як в складі іонів жорсткості кальцій, як правило, становить 75-95%, в окремих випадках - 40-60%. Числа округлені в основному до другого знаку після коми.

Співвідношення між одиницями вимірювання жорсткості води:

$1 \text{ ммоль} / \text{л} = 1 \text{ мг} \cdot \text{екв} / \text{л} = 2,80 \text{ }^\circ\text{H}$ (німецький градус) $= 5,00$ французького градуса $= 3,51$ англійської градуса $= 50,04$ американського градуси.

Нова одиниця вимірювання жорсткості води - градус жорсткості - $^\circ\text{Ж}$, який визначається як концентрація лужноземельного елемента (переважно Ca²⁺ і Mg²⁺), чисельно рівна $\frac{1}{2}$ його моля в мг / дм³ (г / м³).

Одиниці вимірювання лужності - ммоль, мкмоль.



ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ, ЕЛЕКТРООПІР

Одиниця вимірювання електропровідності в СІ - мкСм / см.

Електропровідність розчинів і зворотній їй електроопір характеризують мінералізацію розчинів, але тільки - наявність іонів. При вимірюванні електропровідності не можуть бути враховані неіоногенні органічні речовини, нейтральні зважені домішки, перешкоди, які спотворюють результати, - гази та ін. Неможливо розрахунковим шляхом точно знайти відповідність між значеннями питомої електропровідності і сухим залишком або навіть сумою всіх окремо визначених речовин розчину, так як в природній воді різні іони мають різну питому електропровідність, яка одночасно залежить від мінералізації розчину і його температури. Щоб встановити таку залежність, необхідно кілька разів на рік експериментально встановлювати співвідношення між цими величинами для кожного конкретного об'єкта.

• $1 \text{ мкСм} / \text{см} = 1 \cdot \text{МОм} \cdot \text{см}; 1 \text{ см} / \text{м} = 1 \cdot \text{Ом} \cdot \text{м}$.

Для чистих розчинів хлориду натрію (NaCl) в дистильованій воді приблизне співвідношення:

• $1 \text{ мкСм} / \text{см} \approx 0,5 \text{ мг NaCl} / \text{л}$.

Це ж співвідношення (наближено) з урахуванням наведених застережень може бути прийнято для більшої частини природних вод з мінералізацією до 500 мг / л (всі солі перераховуються на NaCl).

При мінералізації природної води 0,8-1,5 г / л можна прийняти:

- 1 мкСм / см \approx 0,65 мг солей / л,
- а при мінералізації - 3-5 г / л:
- 1 мкСм / см \approx 0,8 мг солей / л.

ВМІСТ ДОМІШОК

Вміст у воді зважених домішок, прозорість і каламутність води

Вміст зважених домішок вимірюється в мг / л, прозорість - в см.

Каламутність води виражають в одиницях:

- JTU (Jackson Turbidity Unit) - одиниця каламутності по Джексону;
- FTU (Formazin Turbidity Unit, позначається також ЕМФ) - одиниця каламутності по формазину;
- NTU (Nephelometric Turbidity Unit) - одиниця каламутності нефелометрична.

Дати точне співвідношення одиниць каламутності і змісту зважених речовин неможливо. Для кожної серії визначень потрібно будувати калібрувальний графік, що дозволяє визначати каламутність аналізованої води в порівнянні з контрольним зразком.

Приблизно можна уявити: 1 мг / л (зважених речовин) \equiv 1-5 одиниць NTU.

Якщо у заплямованій суміші (діатомова земля) крупність частинок - 325 меш, то: 10 од. NTU \equiv 4 од. JTU.

1,5 од. NTU (або 1,5 мг / л по кремнезему або каоліну) - 2,6 од. FTU (ЕМФ).



МІНЕРАЛІЗАЦІЯ

Одиниця вимірювання в СІ - мг / л, г / м³, мкг / л.

У США і в деяких інших країнах мінералізацію висловлюють в відносних одиницях (іноді в гранах на галони, gr / gal):

- ppm (parts per million) - мільйонна частка ($1 \cdot 10^{-6}$) одиниці; іноді ppm (parts per mille) позначають і тисячну частку ($1 \cdot 10^{-3}$) одиниці;
- ppb - (parts per billion) більйонів (мільярдна) частка ($1 \cdot 10^{-9}$) одиниці;
- ppt - (parts per trillion) трильйонна частка ($1 \cdot 10^{-12}$) одиниці;
- ‰ - проміле (застосовується) - тисячна частка ($1 \cdot 10^{-3}$) одиниці.

Співвідношення між одиницями вимірювання мінералізації: 1 мг / л = 1ppm = $1 \cdot 10^3$ ppb = $1 \cdot 10^6$ ppt = $1 \cdot 10^{-3}$ ‰ = $1 \cdot 10^{-4}$ ‰; 1 gr / gal = 17,1 ppm = 17,1 мг / л = 0,142 lb / 1000 gal.

Для вимірювання мінералізації солоних вод, розсолів і солевмісту конденсатів правильніше застосовувати одиниці: мг / кг. У лабораторіях проби води відміряють об'ємними, а не масовими частками, тому доцільно в більшості випадків кількість домішок відносити до літру. Але для великих або дуже малих значень мінералізації помилка буде чутлива.

За СІ об'єм вимірюється в дм^3 , але допускається і вимір в літрах, тому що $1 \text{ л} = 1,000028 \text{ дм}^3$. З 1964 р. 1 л прирівняний до 1 дм^3 (точно).

Для солоних вод і розсолів іноді застосовують одиниці вимірювання солоності в градусах Боме (для мінералізації $> 50 \text{ г / кг}$):

- 1° Be відповідає концентрації розчину, що дорівнює 1% в перерахунку на NaCl.

- $1\% \text{ NaCl} = 10 \text{ г NaCl / кг}$.

Сухий і прожарений залишок

Сухий і прожарений залишок вимірюються в мг / л . Сухий залишок не в повній мірі характеризує мінералізацію розчину, так як умови його визначення (кип'ятіння, сушка твердого залишку в печі при температурі $102\text{-}110^\circ \text{C}$ до постійної маси) спотворюють результат: зокрема, частина бікарбонатів (умовно приймається - половина) розкладається і випаровується у вигляді CO_2 .

Десяткові кратні і частинні одиниці вимірювання величин

В СІ існують десяткові множники, за допомогою яких можна утворювати кратні та частинні одиниці. Всі числові префікси є степенями десяти й не повинні використовуватись для позначення степенів двійки. Наприклад, один кілобіт позначає 1000 біт, а не 1024.

В системі СІ забороняється використовувати префікси, що складаються з двох або більше основних. Так величина 10^{-9} м завжди позначається нм (нанометр), а не, наприклад, ммкм (мілімікрометр). Згідно з цим правилом для утворення кратних та часткових одиниць кілограма, єдиної одиниці, що з історичних причин вже має в своєму імені префікс, використовується частинна одиниця грам. Тобто величина 10^{-6} кг позначається як 1 мг (міліграм), а не 1 мкг (мікрокілограм).

Префікси СІ							
кратні				частинні			
Множник	Назва	Позначення		Множник	Назва	Позначення	
		українське	міжнародне			українське	міжнародне
10^1	(дека)	да	da	10^{-1}	(деци)	д	d
10^2	(гекто)	г	h	10^{-2}	(санти)	с	c
10^3	кіло	к	k	10^{-3}	мілі	м	m
10^6	мега	М	M	10^{-6}	мікро	мк	μ
10^9	гіга	Г	G	10^{-9}	нано	н	n
10^{12}	тера	Т	T	10^{-12}	піко	п	p
10^{15}	пета	П	P	10^{-15}	фемто	ф	f
10^{18}	екса	Е	E	10^{-18}	ато	а	a
10^{21}	зета	З	Z	10^{-21}	зепто	з	z
10^{24}	йота	Й	Y	10^{-24}	йокто	й	y

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів [Електронний ресурс] : навчально-методичний посібник / уклад. : В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька, К. В. Базіло ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2016. – 142 с.
2. Автоматизація виробничих процесів. Дифузійні процеси (обладнання для сушіння) [Електронний ресурс] : навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузей знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання / упоряд. : В. В. Тичков, В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, З. В. Бондарчук ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2018. – 179 с.
3. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-виробничих процесів: навч. посібник / Л. П. Ларичева, М. Д. Волошин, О. П. Луценко – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. – 320 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни «Контроль та автоматизація хімічних процесів та виробництв» / Укладачі: Ларичева Л. П. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 172 с.
5. Конспект лекцій з навчальної дисципліни “Загальна технологія харчового виробництва”. Укл.: Яцук А. Л. - Кам’янське: ДДТУ, 2016. - 120 с.
6. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. — 2-е видання, доп. та випр. — Х.: Світ Книг, 2014. — 495 с.
7. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / за ред. І. Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2003. — 400 с.
8. Поперечний А. М. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв: підручник / А. М. Поперечний, В. О. Потапов, В. Г. Корнійчук. — К.: Центр учбової літератури, 2012. — 312 с.
9. Гончаренко Б. М., Осадчий С. І., Віхрова Л. Г., Каліч В. М., Дідик О. К. Автоматизація виробничих процесів. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
10. Савицький В. К., Федоришин Р. М. Технічні засоби автоматизації. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. - 292 с.
11. Tychkov V. V. (2017). Methods for Improving Primary Transducers Quality in the Systems of Automatic Process Water Control. The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.05 – computer systems and components. Cherkasy State Technological University.
12. Technical and technological bases for achieving environmental safety of sustainable development / V.V.Tychkov, V.Ya. Galchenko, R.V.Trembovetskaya / Global Partnership for Local Sustainable Development: Modern Trends and Best Practices: collective monograph / edited by L. Petkova, O. Berezina – Czestochowa: Polonia University in Czestochowa, 2018. DOI:dx.doi.org/10.23856/W1708.
13. Tychkov V. V. Criteria for the Selecting Parameters Anode Polarization Process of Substances on the Ion-Selective Electrodes Surface [Text] / V. V. Tychkov,

R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko // Environmental Sciences. – 2018. – № 1 (20). – Т. 2. – Р. 107–117.

14. Tychkov, V. V., Trembovetskaya, R. V., Kisil, T. Yu., Bondarenko, Yu. Yu (2017). Using ion-selective electrodes in environmental monitoring. 10th International Conference “Environmental Engineering”: 10th ICEE. Selected papers. April 27–28, 2017. Vilnius, Lithuania. Available at: DOI: <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.052>.

15. Regression Analysis Application for the Uncertainty Estimation of the Ionometric Converters Graduation [Text] / [V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko et al.] // Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2018): IV International Scientific-Practical Conference, Cherkasy, 17–18 May, 2018 : proceedings. – Cherkasy: ChSTU, 2018. – P. 143-146.

16. The use of a single-parametric regression analysis for chrome(VI)-selective electrode manufacture parameters of modeling and optimization [Електронний ресурс] / [V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko et al.] // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС–2018): VIII міжнародна науково-практична конференція, Чернігів, 10–12 травня 2018 р. : у 2-х т. – [відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович та ін.]. : тези доповідей. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – Т. 2. – С. 139–141.

17. Шевцов Е. К. Технические средства автоматизации / Е. К. Шевцов. Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 263 с.

18. Сокол С. П. Технические средства автоматизации : конспект лекций / С. П. Сокол. Мариуполь : ПГТУ, 2013. – 527 с.

19. <https://rusautomation.ru/katalog>
<http://www.sispro.com.ua/ru/equipment>

Зміст

Вступ	3
Розділ 1. Характеристики вимірювальних приладів	5
1.1. Методи вимірювань.....	6
1.2 Засоби вимірювань.....	7
1.3. Похибки вимірювальних приладів.....	11
Розділ 2. Вимірювання температури	15
2.1 Термопари.....	16
2.2 Термометри опору.....	17
2.3 Багатоточкові перетворювачі температури.....	26
2.4 Безконтактні датчики температури.....	28
2.5 Датчики температури з аналоговими виходами.....	30
2.6 Перетворювачі температури і вологості.....	33
2.7 Температурні контролери.....	35
2.8 Термоконтролери з ПД-регулятором.....	37
2.9 Термоконтролери аналогового типу.....	46
2.10 Термоконтролери цифрові.....	48
2.11 Індикатори температури.....	52
2.12 Температурні контролери AUTONICS.....	54
2.13 Температурні контролери DELTA.....	59
Практична робота 1. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ	64
Розділ 3. Вимірювання тиску	73
3.1 Датчики абсолютного тиску.....	79
3.2 Датчики надлишкового тиску.....	84
3.3 Датчики-реле тиску.....	91
3.4 Датчики тиску серії APZ.....	101
3.5 Охолоджувачі для датчиків тиску серії OX.....	105
3.6 Датчики тиску серії MPM.....	107
Практична робота 2. РОЗРАХУНОК ДАТЧИКА ТИСКУ	112
Розділ 4. Вимірювання рівня, витрати та кількості речовини	120
4.1 Вимірювання рівня.....	120
4.2 Методи та засоби вимірювань витрати та кількості рідини.....	195
Практична робота № 3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТОМІРА	200
Розділ 5. Контроль фізичних властивостей та складу речовини	218
5.1 Вимірювання густини рідин.....	220
5.2 Вимірювання концентрації складу рідини.....	221
5.3 Вимірювання в'язкості рідин.....	257
5.4 Вимірювання вологості.....	258
Додаток А Автоматичні лінії та їх характеристики.....	266
Додаток Б Класифікація приладів по захисту.....	283
Додаток В Одиниці виміру.....	304
Список використаної літератури.....	319