

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Засоби транспортування, зберігання та застосування
пально-мастильних матеріалів»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)

за темою № 6 – Прилади контролю параметрів технологічних процесів

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник:

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.

Рецензенти:

- 1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Павленко О. В.;*
- 2. Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

План лекції

1. Методи і засоби вимірювання температури
2. Методи і засоби вимірювання тиску та розрядження
3. Системи автоматизованого управління виробничим процесом підприємства нафтопродуктозабезпечення (АСУП НП)
4. Методи і прилади для вимірювання рівню
5. Вимір густини рідин
6. Прилади для виміру витрат рідин

Рекомендована література:

Основна

1. Григоров А. Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз : Харків-Тернопіль : НТУ ХПІ : Крок, 2022. 184 с.
URL :<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/00644d5b-4e34-4e74-8f23-f66382bf4809/content> (дата звернення: 19.07.2023).
2. Ларичева Л. П., Волошин М. Д., Луценко О. П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів : навч. посіб. Дніпродзержинськ, 2015. 291с. URL : <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/20/2-7-b5.pdf> (дата звернення: 21.07.2023).

Додаткова

3. Чабанний В. Я., Магопєць С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: ЦентральноУкраїнське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. URL : https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 13.07.2023).

Текст лекції

1. Методи і засоби вимірювання температури

Температура – фізична величина, що характеризує середню кінетичну енергію хаотичного руху молекул речовини.

Вимірювання температури практично можливо тільки методом порівняння ступеня нагрітості двох тіл. Технічний засіб для вимірювання температури, називають термометром.

Для порівняння нагрітості цих тіл використовують зміни яких-небудь фізичних властивостей, що залежать від температури і легко піддаються вимірюванню.

За властивостями термодинамічного тіла, використовуваного для вимірювання температури, можна виділити наступні типи термометрів:

- термометри розширення, засновані на властивості температурного розширення рідких тіл;
- термометри розширення, засновані на властивості температурного розширення твердих тіл;

- термометри газові манометричні;
- термометри рідинні манометричні;
- термометри конденсаційні;
- термометри електричні;
- термометри опору;
- оптичні монохроматичні пірометри;
- оптичні колірні пірометри;
- радіаційні пірометри.

Методи і засоби вимірювання (ЗВ) температури поділяються на контактні та безконтактні, аналогові та цифрові.

Контактні ЗВ температури засновані на безпосередньому контакті вимірювального перетворювача (ВП) з контрольованим середовищем. Контактні термометри підрозділяються на термометри розширення, електричні і спеціальні. У свою чергу, термометри розширення поділяються на рідинні, біметалічні, дилатометричні і манометричні. До електричних термометрів слід віднести термометри опору (терморезистори) і термоелектричні. До спеціальних відносять різні індикатори температури.

Термометри розширення. Рідинні скляні термометри.

Теплове розширення рідини характеризується порівняльним коефіцієнтом об'ємного розширення, значення якого визначається як

$$\beta_{v,t_2} = \frac{V_{t_1} - V_{t_2}}{V_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град}$$

де V_0 , V_{t_1} , V_{t_2} – об'єми рідини, якою заповнений резервуар термометру при 00°C , температурах t_1 і t_2 відповідно.

Чутливість термометра залежить від різниці коефіцієнтів об'ємного розширення термометричної рідини і скла, від об'єму резервуару і діаметру капіляра. Вона зазвичай лежить в межах $0,4 \dots 5 \text{ мм}/^\circ\text{C}$ (для деяких спеціальних термометрів $100 \dots 200 \text{ мм}/^\circ\text{C}$). Для захисту від пошкоджень технічні термометри вмонтовуються в металеві оправы, а нижня поглинена частина закривається металевою гільзою. Застосовують для контролю температури за місцем розташування обладнання, при його пуску та налагодженні.

Термометри, засновані на розширенні твердих тіл. До цієї групи приладів відносяться дилатометричні і біметалічні термометри, засновані на зміні лінійних розмірів твердих тіл із зміною температури.

Конструктивне виконання дилатометричних термометрів (рис.1) засноване на перетворенні вимірюваної температури в різницю абсолютних значень подовжень двох стрижнів, виготовлених з матеріалів з істотно різними термічними коефіцієнтами лінійного розширення:

$$\beta_{l_1, l_2} = \frac{l_{t_1} - l_{t_2}}{l_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град}$$

де l_0 , l_{t_1} , l_{t_2} – лінійні розміри тіла при 0°C , температурах t_1 і t_2 відповідно.

Внаслідок того, що β є величиною малою, дилатометричні термометри застосовуються у різному виді теплових реле в пристроях сигналізації і регулювання температури.

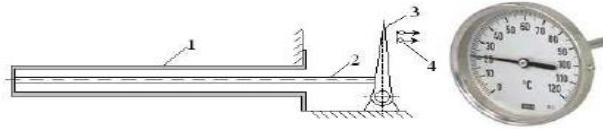


Рисунок 1 – Дилатометричний термометр
1 – трубка, 2 – стержень, 3 – стрілка, 4 – контакти

Дія *біметалічних термометрів* (рис.2) заснована на деформації біметалічної стрічки при зміні температури.



Рисунок 2 – Біметалічний термометр

Зазвичай застосовуються біметалічні стрічки, зігнуті у вигляді плоскої або гвинтової спіралі. Один кінець спіралі укріплений нерухомо, другий – на осі стрілки. Кут повороту стрілки дорівнює куту закручування спіралі, який пропорційний зміні температури.

Біметалічні термометри забезпечують вимірювання температури з відносними погрішностями 1 - 1,5 %.

Газові манометричні термометри. В основу принципу дії манометричного термометра покладена залежність між температурою і тиском термометричної (робочої) речовини, позбавленої можливості вільно розширюватися при нагріванні.

Манометричні термометри зазвичай включають термобалон, капілярну трубку і трубчасту пружину з повідцем, зубчатим сектором і стрілкою (рис.3) . Вся система заповнюється робочою речовиною. При нагріванні термобалону, встановленого в зоні вимірюваної температури, тиск робочої речовини усередині замкнутої системи збільшується. Збільшення тиску сприймається манометричною пружиною, яка діє через передавальний механізм на стрілку або перо приладу.



Рисунок 3– Газовий манометричний термометр
1– термобалон , 2 – манометр, 3 – капіляр

Достоїнства манометричних термометрів: шкала приладу практично рівномірна.

Недоліки: порівняно велика інерційність і великі розміри термобалону.

Рідинні манометричні термометри. Устрій рідинних манометричних термометрів аналогічний устрою газових манометричних термометрів, але на відмінність від останніх у якості робочої речовини в них використовується рідина (метиловий спирт, ксилол, толуол, ртуть і так далі).

Рідинні манометричні термометри мають рівномірну шкалу.

Конденсаційні манометричні термометри. Конденсаційні манометричні термометри реалізують залежність пружності насиченої пари низькокиплячої рідини від температури. Оскільки ця залежність для використовуваних рідин (хлористий метил, етиловий ефір, хлористий етил, ацетон і інші) є нелінійною, отже, і шкали термометрів нерівномірні. Проте, ці прилади володіють вищою чутливістю, ніж газові рідинні термометри.



Рисунок 4 – Конденсаційний манометричний термометр

Електричні термометри (термопари). Термоелектричні перетворювачі (термопари) призначені для вимірювання температури і працюють у комплекті з мілівольтметрами і потенціометрами (рис. 5).

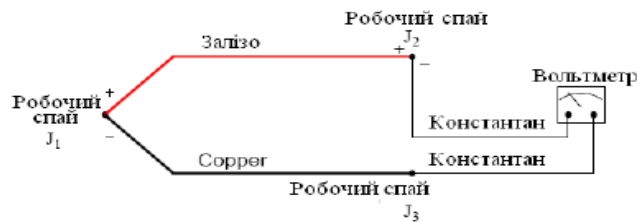


Рисунок 5 – Схема підключення термопари

Термопара представляє собою два різнорідних електропровідних термоелемента (звичайно металевих, рідше – напівпровідникових), сполучених між собою і утворюючих частину устрою (термоелектричного термометра), який використовує термоелектричний ефект для вимірювання температури. Зовнішній вигляд термопари наведений на рис. 6.



Рисунок 6 – Термопара

Термоелектричний ефект пояснюється наявністю у провіднику (металі) вільних електронів, число яких є різним для різних металів.

Термопара – найбільш поширений в промисловості температурний датчик. Дія термопари заснована на ефекті, який вперше був відкритий і описаний Томасом Зеєбеком в 1822 році. Найбільш правильне визначення

цього ефекту наступне: якщо гомогенний матеріал, що володіє вільними зарядами, має різну температуру на вимірювальних контактах, то між контактами виникає різниця потенціалів, яку можливо виміряти. Тобто, суть явища Зеєбека полягає в тому, що енергія вільних електронів, що обумовлюють виникнення електричного струму в провідниках, різна і по-різному змінюється з температурою. Тому, якщо уздовж провідника є перепад температур, на його гарячому кінці електрони матимуть великі енергії і швидкості в порівнянні з холодним, що зумовить виникнення в провіднику потоку електронів від гарячого кінця до холодного. В результаті на обох кінцях накопичуватимуться заряди — негативний на холодному і позитивний на гарячому. Оскільки у різних провідників ці заряди різні, то при з'єднанні двох з них в термоелемент з'явиться різницева термоелектрорушійна сила (ТЕРС), яка є сумою двох контактних електрорушійних сил, що виникають в місцях їх контакту і є функцією температури цих контактів.

Конструктивне виконання термопар різноманітне і залежить, головним чином, від умов їх застосування. Для різних температурних діапазонів використовують різні поєднання металів. При необхідності вимірювання невеликої різниці температур або отримання великої ТЕРС застосовуються диференціальні термопари і термобатарей, які являють собою поєднання декількох послідовно сполучених термопар.

Термоелементи вельми надійні і недорогі, мають малу теплоємність і здатні працювати в широкому діапазоні температур. Правильне вимірювання температури за допомогою термопари можливе лише при постійності температур холодних спаїв t_0 . Воно забезпечується за допомогою сполучних дротів і спеціальних термостатуючих пристроїв. Сполучні дроти в даному випадку призначені для перенесення вільних кінців термопари в зону з відомою постійною температурою, а також для під'єднання вільних кінців термопари до затисків вимірювальних приладів. Сполучні дроти мають бути термоелектрично подібні термоелектродам термопари.

Як правило, сполучні дроти для термопар, виготовлених з неблагородних металів, виготовлюються з тих же самих матеріалів, що і термоелектроди. Виняток становить хромель-алюмелева термопара, для якої з метою зменшення опору лінії у якості сполучаючих дротів застосовується мідь в парі з константаном.

Застосовуються наступні градуювання термопар:

ХА - хромель-алюмелеві;

ХК - хромель-копелеві;

ПП - платинородий-платинові і так далі.

Основні вимоги до термопар:

- 1) відтворюваність,
- 2) висока чутливість,
- 3) надійність,
- 4) стабільність,

5) достатній температурний діапазон.

Термометри опору (рис.7). Метали мають позитивний температурний коефіцієнт опору, тобто із збільшенням температури опір провідника зростає. Ця властивість використовується в датчиках температури.

Вимірювання температури термоопорами засноване на властивості провідників і напівпровідників змінювати свій електричний опір при зміні температури.

Вид функції $R = f(t)$ залежить від природи матеріалу. Для виготовлення чутливих елементів серійних термоопорів застосовуються чисті метали, до яких пред'являються наступні вимоги:

а) метал не має окислюватися або вступати в хімічні реакції з вимірюваним середовищем;

б) температурний коефіцієнт електричного опору металу має бути достатньо великим і незмінним;

в) функція $R = f(t)$ має бути однозначною.

Найбільш повно вказаним вимогам відповідають: платина, мідь, нікель, залізо і інші.



Рисунок 7 – Термометри опору

Основним недоліком термоопорів є велика інерційність (до 10 хвилин).

Для вимірювання температури найчастіше застосовуються термоопори типів ТСП (платинові) і ТСМ (мідні).

Резистивні детектори температури (терморезистори) (RTD) (рис. 8) виготовляються як з металів, так і з напівпровідників, хоча частіше – з платинового дроту.



Рисунок 8 – Терморезистори

Терморезистори мають властивості змінювати електричний опір зі зміною температури. Датчики RTD мають вельми низьку чутливість, і будь-який струм (i), використовуваний для визначення зміни опору, нагріватиме датчик, змінюючи його показання на величину, пропорційну (i^2). Вихідний опір найчастіше вимірюють мостовими схемами.

Термістори. Напівпровідникові терморезистори називаються термісторами.

Термістор – це температурно-залежний резистор, який виготовлюється з напівпровідникового матеріалу, що має негативний температурний коефіцієнт і високу чутливість. Термістор не є точним датчиком температури. Проте, завдяки своїй чутливості, він використовується для вимірювання малих відхилень температури. Нелінійна вихідна напруга має бути перетворена в лінійну залежність від температури. Це можна зробити за допомогою аналогового пристрою або програмним способом. Лінійну характеристику можна отримати, приєднавши до термістора нескладні електронні пристрої. Термістори застосовуються для вимірювання температур аж до 500 - 600°C.

Пірометри випромінювання (рис.9). Пірометри випромінювання засновані на використанні теплового випромінювання нагрітих тіл.



Рисунок 9 – Пірометри випромінювання

Верхня межа вимірювання температури пірометра випромінювання практично не обмежена. Вимірювання засноване на безконтактному способі, тому відсутнє спотворення температурного поля перетворюючого елемента приладу, що викликається введенням останнього у вимірюване середовище. Можливе вимірювання температури полум'я і високих температур газових потоків при великих швидкостях.

Промениста енергія виділяється нагрітим тілом у вигляді хвиль різної довжини. При порівняно низьких температурах (до 500°C) нагріте тіло випускає інфрачервоні промені. У міру підвищення температури колір тіла від темно-червоного доходить до білого. Зростання інтенсивності монохроматичного випромінювання з підвищенням температури описується відповідними рівняннями.

Колірні пірометри. У кольорних пірометрах визначається відношення інтенсивності випромінювання реального тіла E в променях з двома заздалегідь вибраними значеннями довжини хвилі λ_1 і λ_2 , тобто свідчення кольорних пірометрів визначається функцією $f(E_{\lambda_1} / E_{\lambda_2})$. Це відношення для кожної температури різне, але однозначно.

Промислові термоперетворювачі. Температура – найважливіший параметр технологічних процесів багатьох галузей промисловості. Впровадження прогресивних автоматичних методів ведення технологічних процесів підвищує вимоги до точності вимірів температури і примушує розширювати межі вимірювань температури та знаходити нові методи її вимірювання в складніших умовах.

Промисловістю різних країн випускається значна кількість

термоперетворювачів, які здатні працювати в автоматизованих системах управління технологічними процесами. Нижче будуть розглянуті деякі з них.

Термоперетворювачі «Метран» (рис.10) є прикладом кабельних термоперетворювачів. Діапазон вимірювання температури ряду «Метран» складає від мінус 200 до 1600°C.



Рисунок 10 – Зовнішній вигляд термоперетворювача

Серія термоперетворювачів ТХА/ТХК Метран-200, 201, 202 призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних, але не руйнівних матеріал захисної арматури. Діапазон вимірюваних температур: мінус 40...600°C – для ТХК Метран-202-01...06, 31-33; мінус 40...800°C, мінус 40...1000°C - для ТХА Метран-201-01...06,31-33. Матеріал головки термопари: сплав Ак12.

Термоперетворювачі опору мідні ТСМ Метран-203 і ТСМ Метран-204 також призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних, не руйнівних матеріал захисної арматури. Діапазон вимірюваних температур: мінус 50...150°C (для класу допуску В); мінус 50...180°C (для класу допуску С).

ТСП Метран-226 (Pt100), ТСП Метран-227 (Pt500), ТСП Метран-228(Pt1000) призначені для вимірювання температури рідких, газоподібних і сипких середовищ, не руйнівних матеріал захисної арматури. Діапазон вимірюваних температур: мінус 30...200°C; мінус 30...350°C (для класу допуску А); мінус 50...200°C, мінус 70...500°C (для класу допуску В).

Манометричні перетворювачі температури формують на виході уніфікований сигнал, зручний для запису і керування, а також дистанційного вимірювання температури без використання додаткової енергії на відстані до 60 м. Вони прості за конструкційним виконанням, надійні в експлуатації, з рівномірною шкалою, вибухобезпечні і нечутливі до зовнішніх магнітних полів.

Безконтактні засоби вимірювання температури засновані на використанні електромагнітних і ультразвукових явищ. Вони дозволяють контролювати температуру потоків продукції і не спотворюють температурне поле.

Аналогові перетворювачі температури для суміщення із засобами мікропроцесорної техніки вимагають наявності на виході аналого-цифрового перетворювача (АЦП) для перетворення аналогового сигналу цих перетворювачів у цифрову форму. Це можна здійснити за допомогою модулів вводу аналогових сигналів серій АДАМ. Застосовуючи

інтелектуальні перетворювачі серій АДАМ на виході можна одержати сигнал, пропорційний величині температури, у цифровій формі.

2. Методи і засоби вимірювання тиску та розрядження

Під тиском в загальному випадку розуміють межу відношення нормальної складової зусилля до площі, на яку діє зусилля.

Розрізняють абсолютний, атмосферний, надлишковий тиск і стан, що називають вакуумом.

Тиск вимірюється за допомогою манометрів і вимірювальних перетворювачів тиску (ВПТ).

Манометр – це прилад для вимірювання тиску або різниці тисків з безпосереднім відліком (відображенням) їхніх значень.

Вимірювальний перетворювач тиску – перетворювач, вихідний сигнал якого функціонально пов'язаний з вимірюваним тиском або різницею тисків.

Залежно від природи контролюваного процесу розрізняють абсолютний тиск P_a або надмірний P_i . При вимірюванні P_a за початок відліку береться нульовий тиск, який можна собі представити як тиск усередині судини після повного відкачування повітря. Природно, досягти $P_a = 0$ неможливо.

Барометричний тиск $P_{бар}$ – тиск, що надається атмосферою на всі предмети, що знаходяться в ній.

Надмірним тиском є різниця між абсолютним і барометричним тиском: $P_i = P_a - P_{бар}$.

Якщо $P_{абс} < P_{бар}$, то P_i називається тиском розрядження.

Класифікація приладів для вимірювання тиску:

I. За принципом дії:

- 1) рідинні (заснований на урівноваженні тиску стовпом рідини);
- 2) поршневі (вимірюваний тиск врівноважується зовнішньою силою, що діє на поршень);
- 3) пружинні (тиск вимірюється по величині деформації пружного елемента);
- 4) електричні (заснований на перетворенні тиску в яку-небудь електричну величину).

II. За видом вимірюваної величини:

- 1) манометри (вимірювання надмірного тиску);
- 2) вакуумметри (вимірювання тиску розрядження);
- 3) мановакуумметри (вимірювання як надмірного тиску, так і тиску розрядження);
- 4) напорометри (для вимірювання малого надмірного тиску);
- 5) тягоміри (для вимірювання малого тиску розрядження);
- 6) тягонапорометри;
- 7) дифманометр (для вимірювання різниці тиску);
- 8) барометри (для вимірювання барометричного тиску).

За принципом дії чутливого елемента (ЧЕ) засоби вимірювання тиску поділяються на три групи: до першої групи відносяться поршневі, рідинні

і інші типи манометрів і перетворювачів тиску, засновані на прямих методах вимірювань; до другого – деформаційні, напівпровідникові і інші типи манометрів і перетворювачів тиску, засновані на прямих відносних методах вимірів; до третього – термпарні та іонізаційні вакуумметри, ультразвукові манометри та інші прилади, засновані на непрямих методах вимірювань.

Рідинні манометри широко застосовуються як зразкові прилади для лабораторних і технічних вимірювань. У якості робочої рідини використовується спирт, вода, ртуть, масла.

Двотрубний манометр вдає із себе U-подібну трубку, заповнену рідиною затвору (рис.11)

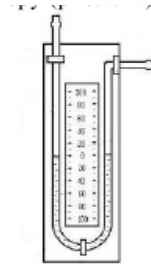


Рисунок 11– Рідинний манометр

Мікроманометри застосовуються для вимірювання тиску, меншого ніж 100 – 200 мм водяного стовпа. Мікроманометри – це рідинний манометр з нахиленою під кутом 20...50° трубкою

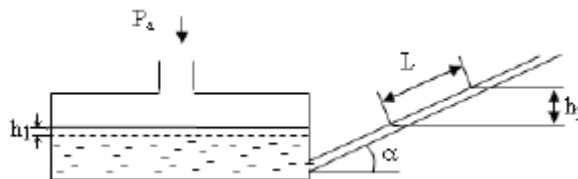


Рисунок 12– Мікроманометр

$h = L \cdot \sin(\alpha)$ – висота підняття рівню рідини у вузькій трубці.

$P = \rho \cdot g \cdot h$ – зміряний тиск.

Погрішність: $\pm 1,5 \%$.

Пружинні манометри складаються з трубчастої пружини 1 з повідцем, зубчатого сектора 3 і шестерні 4 з прикріпленою до неї стрілкою 2.

При збільшенні тиску трубчаста пружина прагне розігнутися, внаслідок чого вона через повідець починає діяти на зубчатий сектор, відхиляючи стрілку.

Широке застосування одержали деформаційні манометри з одновитковою трубчастою пружиною. Вони встановлюються безпосередньо на технологічному устаткуванні (по місцю) або дистанційно (на щитах). Діапазон вимірювань деформаційних манометрів становить від 10 Па до 2 ГПа, клас точності – від 0,25 до 4,0.

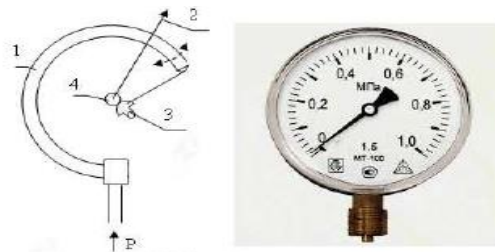


Рисунок 13 – Пружинний манометр

При вимірюванні відносно невеликих тисків (менше 1 МПа) використовують мембранні манометри, які містять гофровану мембрану, герметично закріплену між фланцями, клас точності від 0,15 до 2,5.

Електромагнітні перетворювачі, що використовуються в системах передачі сигналів, поділяються на індуктивні, трансформаторні та магнітопружні.

Індуктивні перетворювачі (рис. 14) широко використовуються для вирішення завдань АСУ ТП. Виконуються з нормально розімкненим або нормально замкнутим контактом.

Принцип дії заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні до активної зони датчика металевго, магнітного, ферромагнітного або аморфного матеріалу певних розмірів. При подачі живлення на кінцевий вимикач в області його чутливої поверхні утворюється мінливе магнітне поле, яке наводить у внесеному до зони матеріалі вихрові струми, які ведуть до зміни амплітуди коливань генератора. В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється залежно від відстані між датчиком і контрольованим предметом.

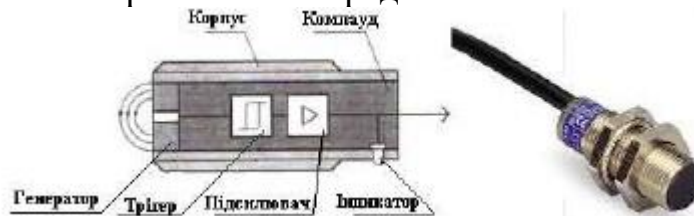


Рисунок 14 – Індуктивний датчик

Основні вузли датчика виконують наступні функції: генератор створює електромагнітне поле взаємодії з об'єктом; тригер перетворює аналоговий сигнал у логічний; підсилювач збільшує амплітуду сигналу до необхідного значення, індикатор показує стан вимикача; компаунд забезпечує необхідний ступінь захист від проникнення твердих часток і води, корпус забезпечує монтаж датчика.

Звичайно використовується диференціальна схема включення індуктивних перетворювачів, що розширює лінійну ділянку статичної характеристики і підвищує чутливість приладу.

Широке застосування знайшли резисторні деформаційні манометри, засновані на використанні тензорезисторів, що змінюють опір при

деформації. Розрізняють такі групи тензорезисторів: дротяні, фольгові, тонкоплівкові і напівпровідникові.

Електричні манометри.

Тензорезисторні перетворювачі типу «Сапфір-22» – це інтелектуальний датчик тиску. Зараз широко використовуються тензорезисторні перетворювачі типу «Сапфір» з напівпровідниковим кремнієвим тензорезистором, нанесеним на ізольовану сапфірову підкладку. Під впливом вимірюваного тиску підкладка деформується, при цьому змінюється опір тензорезистора, який за допомогою електронного пристрою перетворюється в аналоговий стандартний сигнал 0 – 5; 0 – 20; або 4 – 20 мА постійного струму (рис 15).

Мембранний тензоперетворювач 3 розміщений усередині підстави 9. Внутрішня порожнина 4 тензоперетворювача заповнена кремнійорганічною рідиною і відокремлена від вимірюваного середовища металеву гофрованою мембраною 6, привареною по зовнішньому контуру до підстави 9. Порожнина 10 сполучена з навколишньою атмосферою. Вимірюваний тиск подається в камеру 7 фланця 5, який ущільнений прокладкою 8.

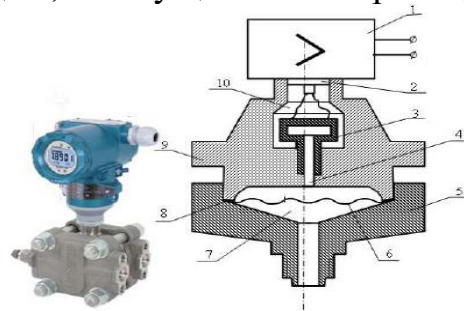


Рисунок 15 – Схема перетворювача «Сапфір-22»

Вимірюваний тиск діє на мембрану 6 і через рідину діє на мембрану тензоперетворювача, викликаючи її прогин і зміну опору тензорезисторів. Електричний сигнал від тензоперетворювача передається з вимірювального блоку 1 по проводах через гермовивід 2.

Перетворювачі Сапфір-22ДА призначені для вимірювання абсолютного тиску, відрізняються тим, що порожнина 10 вакуумована і герметизована.

Ці манометри забезпечують безперервне перетворення значення вимірюваного параметра (тиску надмірного, абсолютного, розрядження, різниці тиску нейтральних і агресивних середовищ) в уніфікований струмовий сигнал для дистанційної передачі (0 - 5 мА, 0 - 20 мА і інші).

Перетворювачі Сапфір-22ДД (рис. 16), призначені для вимірювання різниці тиску і відрізняються тим, що в них використовується тензоперетворювач типу мембранного важеля, який розміщений усередині підстави в замкнутій порожнині, заповненою кремнійорганічною рідиною, і відокремлений від вимірюваного середовища двома металевими гофрованими мембранами.

Мембрани сполучені між собою центральним штоком, переміщення якого передається важелю, що викликає деформацію тензоперетворювача. Чутливим елементом тензоперетворювача є пластина з монокристалічного

сапфіра (різновид корунду - Al_2O_3) з кремнієвими плівковими тензорезисторами (структура КНС – кремній на сапфірі).

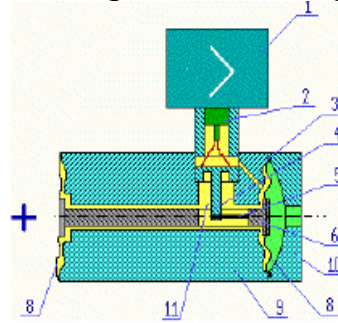


Рисунок 16 – Схема перетворювача Сапфір-22ДД

Електричний сигнал від тензоперетворювача передається з вимірювального блоку в електронний пристрій 1 по дротах через гермоввід 2. Вимірювальний блок витримує без руйнування дію однобічного перевантаження робочим надмірним тиском. Це забезпечується тим, що при такому перевантаженні одна з мембран 8 лягає на профільовану поверхню підстави 9.

Вимірювальні перетворювачі «Сапфір» можна застосовувати для вимірювання таких параметрів: надлишкового тиску (НТ), абсолютного тиску (АТ), вакууму (ВТ), надлишкового тиску і вакууму (НВТ), перепаду тиску (ПТ), гідростатичного тиску (ГТ).

Вимірювальні перетворювачі тиску ЗОНД-10, призначені для перетворення тиску рідин і газів в уніфікований струмовий сигнал 0 – 5 мА або 4 – 20 мА і використовуються для вимірювання надлишкового, абсолютного, гідростатичного тиску і перепаду тисків (рис. 17)

Тензочутливий елемент відділений від вимірювального середовища типовою мембраною.



Рисунок 17 – Вимірювальні перетворювачі тиску ЗОНД-10

Перетворювачі тиску VEGABAR призначені для вимірювання тиску в ємностях і трубопроводах з газами, парами та рідинами (рис.18 а – модель 51, б – модель 14). Вимірюють абсолютний і надлишковий (додатний або від'ємний) тиск. Це компактні прилади, де чутливим елементом є сухий керамічний ємнісний чутливий елемент із утопленою мембраною або сухий п'єзорезисторний чутливий елемент із вбудованим електронним блоком.



Рисунок 18 - Перетворювачі тиску VEGABAR
а – модель 51, б – модель 14

3. Системи автоматизованого управління виробничим процесом підприємства нафтопродуктозабезпечення (АСУП НП).

Для сигналізації і контролю за роботою резервуарів застосовуються:

- місцеві і дистанційні вимірювачі рівня нафти та нафтопродуктів;
- сигналізації максимального оперативного і аварійного рівня;
- температурні датчики;
- пробовідбірники та ін.

Вибір відповідних приладів і автоматики повинен проводитися з урахуванням:

- властивостей робочого середовища (в'язкість, густина, агресивність, діапазон робочих температур, тиск і т. д.) продуктів, які зберігаються в резервуарах;
- діапазону вимірюваного параметра;
- зовнішніх умов (зовнішня температура, вологість повітря і ін.);
- конструктивних особливостей резервуара (тип резервуара, місткість, висота, діаметр).

Останнім часом все частіше використовуються комплексні вимірювальні системи, які складаються з приладів виміру рівня, сигналізаторів максимального оперативного і аварійного рівня, багатоточкових датчиків температури, тиску. У цих системах може бути передбачена можливість підключення термометрів опору, термопар, датчиків граничного рівня, "сухих" контактів індикації положення клапанів або засувки і т.д. Всі значення контрольованих параметрів надходять на єдиний блок обробки інформації, через який проводиться:

- контроль зміни рівня і температури нафти;
- визначення маси нафти або нафтопродуктів на основі результатів виміру рівня, температури і густини нафти або нафтопродуктів;
- контроль досягнення граничних значень рівня і температури з видачею сигналів в ланцюзі управління засувки.

Для можливості включення даних вимірювання кількості нафтопродуктів в систему обробки інформації про хід виконання технологічних операцій використовують системи автоматизованого управління виробничим процесом підприємства нафтопродуктозабезпечення (АСУП НП).

Автоматизована система обліку кількості нафтопродуктів (АСУН УІР) призначена для світлих нафтопродуктів (бензину, гасу, дизельного палива) і забезпечує вимір їх рівня, густини і температури, а також рівня підтоварної води в вертикальних і горизонтальних резервуарах.

Принцип дії ємнісного рівнеміра АСУН УІР заснований на зміні електричної ємності конденсаторів датчиків рівня пропорційно ступеня їх заповнення продуктом. Принцип дії датчика густини базується на вимірі сили, що виштовхує відкалібрований поплавков, що діє на чутливий елемент індуктивного перетворювача.

Структурна схема АСУН УІР представлена на рис.19. Рівнемір АСУН УІР виконаний у вигляді набору функціонально незалежних датчиків рівня довжиною 1000 мм. Кожен з цих датчиків містить вбудований електронний вузол, який забезпечує мінімізацію кількості вимірювальних ланцюгів, адресне опитування чутливих елементів датчика і первинне перетворення отриманої інформації.

Інформація від датчиків рівня підтоварної води, густини і температури надходить на вхід блоку електронного перетворювача (БП), а потім через блок комутації (БК) і блок сполучення (БС) на вхід персонального комп'ютера.

Інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) на базі радіолокаційного рівнеміра "ЗОНД-01" рекомендується використовувати на вертикальних резервуарах місткістю від 2000 до 10 000 м³ для світлих і темних нафтопродуктів; ІВС на базі магнітострикційного рівнеміра УМ-П01 - на вертикальних резервуарах місткістю до 1000 м³ для світлих нафтопродуктів; АСУН УІР - на вертикальних та горизонтальних резервуарах всіх типів для світлих нафтопродуктів.

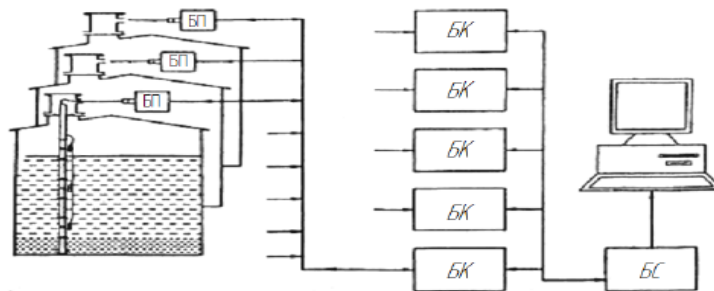


Рис. 19 – Структурна схема АСУН УІР

БП - блок електронного перетворювача; БК - блок комутації; БС - блок сполучення

При проведенні робіт з реконструкції резервуарних парків доцільно передбачити комплексну автоматизацію технологічних процесів прийому, зберігання і видачі нафтопродуктів. Одна з основних завдань при цьому - точне і оперативне визначення кількості (маси) переміщуваного і зберігаемого нафтопродуктів.

Для обліку кількості нафтопродуктів в трубопроводі застосовуються турбінні лічильники та камерні - лопастні і гвинтові лічильники.

Турбінні лічильники в порівнянні з камерними мають значно менші розміри і масу. Однак у даних приладів є ряд недоліків (залежність показань від

фізичних властивостей вимірюваного середовища, значна інерційність), що призводить до звуження сфер застосування. Всі зазначені особливості турбінних лічильників і труднощі їх метрологічного забезпечення в процесі експлуатації стримують їх впровадження.

4. Методи і прилади для вимірювання рівню.

У загальному обсязі вимірювальних операцій в нафтопереробці, нафтохімії і газовій промисловості вимірювання рівню складає 18 – 20 %.

Під вимірюванням рівня розуміється індикація положення розділу двох середовищ різної густини щодо якої-небудь горизонтальної поверхні, що вважається початком відліку.

Прилади, що виконують це завдання, називаються рівнемірами. За принципом дії первинного перетворювача рівнеміри поділяються на механічні, електричні, акустичні, теплові та спеціальні.

Методи вимірювання рівня поділяються на:

- 1) поплавковий,
- 2) буйковий,
- 3) гідростатичний,
- 4) електричні і інші.

Поплавковий метод вимірювання рівня. Поплавковий рівнемір побудований за принципом використання виштовхувальної сили рідини. Чутливим елементом є тіло довільної форми (поплавець), плаваючий на поверхні рідини і такий, що має постійне осідання. Поплавець переміщається вертикально разом з рівнем рідини і поточне значення рівня визначається фіксацією положення поплавця.

Поплавкові датчики. Поплавкові датчики являють собою економічний засіб безперервного вимірювання рівня в невеликих діапазонах. Поплавкові датчики вимірюють рівень за пропорційною зміною положення поплавця. Вимірювання рівня рідини, рівня границі розділу двох середовищ, густини приводить до спливання поплавця в результаті дії на нього сили виштовхування, що дорівнює вазі витиснутої їм рідини. Потім вертикальне переміщення перетворюється в пропорційний йому електронний сигнал. Поплавкові датчики добре працюють у чистих рідинах, не чутливі до перемішування або турбулентності і можуть працювати в широкому діапазоні температур і тисків.

Буйкові рівнеміри. Дія буйкового рівнеміра (рис.19) заснована на законі Архімеда. Чутливий елемент буйкового рівнеміра – буй – масивне тіло, підвішене вертикально усередині судини, рівень рідини в якому контролюється.

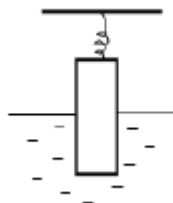


Рисунок 19 – Буйковий рівнемір

У міру зміни рівня рідини змінюється занурення буя внаслідок компенсації виштовхувальної сили рідини зміною зусилля в підвісці.

Таким чином, по величині занурення буя судять про рівень рідини в судині. Характеристика буйкового рівнеміра лінійна, а чутливість тим більше, чим більша площа поперечного перетину.

Гідростатичні рівнеміри. У цих приладах вимірювання рівня рідини постійної густини зводиться до вимірювання тиску, створеного стовпом рідини $P = \rho_{\text{ж}} g h$.

Розрізняють п'єзометричні рівнеміри і рівнеміри з безпосереднім вимірюванням стовпа рідини.

П'єзометричні рівнеміри (рис. 20) застосовуються для вимірювання рівня найрізноманітніших, зокрема, в'язких і агресивних рідин.

Повітря з п'єзометричної трубки 1 барботує через шар рідини. Кількість повітря, що подається під тиском P , обмежується дроселем 3 так, щоб швидкість руху його в трубопроводі була мінімально можливою. Рівень рідини визначається по різниці тиску в дифманометрі 2.

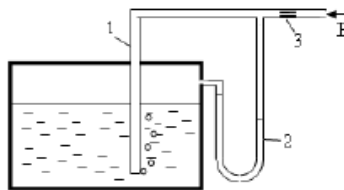


Рисунок 20– П'єзометричний рівнемір

Акустичні рівнеміри. Принцип дії акустичних рівнемірів заснований на фізичних явищах, пов'язаних з поширенням звуку в рідкій або газовій фазі (рис.21). Принцип дії рівнемірів цього типу базується на вимірі часу проходження імпульсу ультразвуку від випромінювача до поверхні рідини та назад. При прийомі відбитого імпульсу випромінювач стає датчиком. Якщо випромінювач 1 розташований над рідиною, рівнемір називається акустичним; якщо усередині рідини – ультразвуковим. У першому випадку час, який вимірюється, буде тим більше, чим нижче рівень рідини H , у другому – навпаки.

Електронний блок 2 призначений для формування ультразвукових імпульсів, посилення відбитих імпульсів, вимірювання часу проходження імпульсом подвійного шляху (у повітрі або рідині) і перетворення цього часу в уніфікований електричний сигнал. Акустичний рівнемір ЭХО-1, наприклад, використовується для виміру рівня неоднорідних рідин (із перемінною за висотою щільністю), які кристалізуються і випадують в осад у баках висотою до 3 м. Рівнемір має вихідний сигнал у виді постійного струму.

До переваг використання акустичних показників рівня рідини відносяться: безконтактна можливість використання в забрудненому середовищі та різного виду рідинах, відсутність високих вимог до

зносостійкості і міцності обладнання, незалежність від густини рідини. Недоліками є: велика розбіжність конуса випромінювання, можливість виникнення помилок вимірювання при відбитті від нестационарних перешкод (наприклад, мішалок), може використовуватися тільки в резервуарах з нормальним атмосферним тиском.

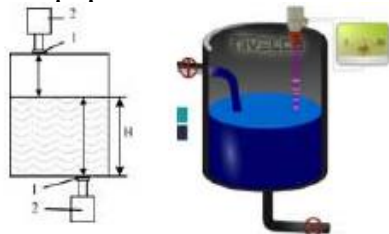


Рисунок 21 – Схема акустичного рівнеміра

Акустичні рівнеміри поділяються на локаційні, поглинення і резонансні. За принципом локації вимірювання рівня здійснюють за часом проходження звуку відстані від випромінювача до границі розділу середовищ і назад. Первинним перетворювачем у них служить п'єзоелемент, що виконує одночасно функції джерела і приймача ультразвукових коливань. Вони можуть бути одноточковими і багатоточковими. Мінімальний діапазон вимірювання акустичних рівнемірів становить 0,4ч–2,5 м, максимальний 0 – 30 м. Клас точності 1,0 і 1,5.

Електричні рівнеміри. Для вимірювання рівня рідини може бути використане відмінність електричних властивостей рідини і паро-газової суміші під нею. Під електричними властивостями розуміються діелектрична проникність і електропровідність речовин. Електричні рівнеміри поділяються на кондуктометричні, ємнісні і індуктивні.

Кондуктометричний метод вимірювання рівня заснований на вимірюванні електричної провідності первинного перетворювача, залежної від значення рівня. Ці рівнеміри знаходять застосування, в основному, як сигналізатори рівня електропровідних рідин.

Ємнісний метод вимірювання заснований на зміні ємності первинного перетворювача залежно від положення рівня вимірюваного середовища. Зазвичай первинний перетворювач виконується у вигляді коаксіальних циліндричних обкладань, занурених у вимірювану рідину. Із зміною рівня рідину заповнює простір між обкладаннями і тим самим змінює їх електричну ємність. Залежність між рівнем рідини і ємністю є пропорційною.

Конструкції ємнісних перетворювачів залежать від призначення приладу (вимірник або сигналізатор) і електропровідності середовища. У вимірниках рівня, в основному, застосовують вертикально розташовані циліндричні електроди. У сигналізаторах рівня електроди розташовані горизонтально, що приводить до різкої зміни ємності перетворювача при заповненні апарата до заданого рівня. Для не електропровідних рідин застосовують неізольовані електроди, а для електропровідних – один з електродів покривають ізоляційним шаром. Простота конструкції, надійність,

висока точність (погрішність не перевищує 0,5%) забезпечили ємнісним рівнемірам широке застосування в промисловості для вимірювання рівня

сипких матеріалів і рідин. Наприклад, ємнісні рівнеміри типу РУС мають різні діапазони вимірювання від 0 до 20 м. Клас точності 0,5; 1,0; 1,5.

Індуктивні рівнеміри. Дія індуктивних рівнемірів заснована на залежності індуктивності котушки від ступеня її занурення у вимірюване електропровідне середовище. Основна погрішність звичайно не перевищує 0,5%.

Високочастотні резонансні рівнеміри призначені для роботи з будь-якими рідинами, а також сипкими гранульованими матеріалами. Вимірювальні перетворювачі цих рівнемірів являють собою відрізок електричної лінії, власна частота електромагнітних коливань якого залежить від ступеня занурення його у вимірюване середовище. Вони мають різні діапазони вимірів з верхньою границею до 40 м. Погрішність – 1,0; 1,5%.

Оптичні рівнеміри можна поділити на візуальні і фотометричні.

Візуальні рівнеміри являють собою прозорі вставки в стінках ємностей або сполучені з ними мірні трубки з нанесеною на них шкалою.

У фотометричних рівнемірах використовується світловий промінь, що падає під гострим кутом на поверхню рідини. Відбитий від поверхні рідини промінь через оптично прозору стінку попадає на протяжний приймач випромінювання. Координата приймача, у якій фіксується максимальна освітленість, характеризує поточне значення рівня.

Теплові рівнеміри. Принцип дії теплових рівнемірів заснований на залежності подовження або зміни електричного опору стрижня, що підігрівається (трубки, дроту), від ступеня занурення його в рідину.

Сигналізатор рівню СУ 100 призначений для контролю рівня сипких і рідких електропровідних і діелектричних середовищ, границі розділу між ними. Складається із чутливого елемента, електронного перетворювача і вихідного пристрою, об'єднаних в одному блоці.

Індикатори – сигналізатори рівню ИСУ 100 призначені для безперервного виміру і сигналізації двох незалежних значень рівнів сипких і рідких електропровідних і діелектричних середовищ. Прилад складається із двох ємнісних чутливих елементів, ємність яких змінюється пропорційно рівню занурення в контрольоване середовище, вимірювального перетворювача із цифровою індикацією (рідкокристалічний, 3 розряди) і стрілочного показуючого приладу на базі міліамперметра М381 щитового монтажу.

Рівнемір радіохвильовий Барс 311 призначений для безперервного виміру рівня рідких продуктів як в автоматичному режимі, так і в складі АСУ ТП. У комплект рівнеміра входить первинний перетворювач (передавально-приймальний модуль і модуль обробки), що забезпечує формування частотного сигналу, пропорційного рівню контрольованого середовища, який розміщується під або над кришкою резервуара, і вторинного перетворювача, що забезпечує: формування двох установок зі

світловою індикацією і виходом на реле; формування стандартних частотно-струмових сигналів; індикацію рівня на цифровому індикаторі. Діапазон виміру 0-20 м.

Ультразвукові рівнеміри (рис.22). Перевагою ультразвукових рівнемірів є те, що вони є безконтактними засобами виміру. Вони ідеально підходять для виміру рівня продуктів, які викликають корозію або суспензій, тобто в тих випадках, коли стандартні пристрої, що занурюються в середовище, можуть засмічуватися або піддаватися корозії. В ультразвукових рівнемірах немає рухливих деталей і вони легко монтуються шляхом простої установки на кришці резервуара.



Рисунок 22 – Ультразвуковий рівнемір

Ультразвукові пристрої не чутливі до багатьох характеристик рідин, що викликають проблеми при вимірюванні рівня, таких як густина, діелектричні властивості чи провідність, висока в'язкість, здатність викликати корозію, можливість забруднення хімічними елементами, осадження продукту.

При вимірі ультразвуковими рівнемірами прилад посилає ультразвуковий імпульс до поверхні вимірюваної речовини. Цей імпульс відбивається від поверхні речовини і повертається в прилад як луна. Часовий інтервал від моменту випромінювання до моменту прийому сигналу пропорційний відстані між приладом і поверхнею речовини.

Ультразвукові сигналізатори рівню. Ультразвукові сигналізатори рівня є надійним і економічним засобом виміру рівня рідких середовищ будь-якого типу в широкому діапазоні умов навколишнього середовища. Надійність ультразвукового датчика рівня обумовлена простотою пристрою і принципу дії, а також міцністю конструкції системи.

Принцип дії датчика заснований тільки на наявності чи відсутності рідини у вимірювальному зазорі. У них немає рухливих деталей і вони прості в установці. Ультразвукові сигналізатори рівня можуть використовуватися в чистих, в'язких рідинах чи в рідинах із зваженими частинками, а також у деяких суспензіях і в рідинах, що аеруються. На них не впливає наявність піни, поверхневих плівок і крапель. Датчики рівня здатні працювати при тиску до 69 бар і температурі до 160 градусів Цельсія.

В ультразвукових сигналізаторах рівня звукова хвиля проходить між передавальним і приймальним кристалами, розміщеними на фіксованій

відстані один від одного у вимірювальному зазорі. Коли рідина надходить чи виходить з вимірювального зазору, звукова хвиля підсилюється або послаблюється, чи загасає, і спрацьовує реле.

Радарний вимірник. Радарний вимірник використовує безконтактний метод вимірювання рівня поверхні речовини. Радарний вимірник є привабливим альтернативним варіантом для технологічних процесів, при яких стандартний пристрій забруднюється і піддається впливу корозії.

Радарні вимірники не чутливі до зміни характеристик рідких речовин, таких як зміна густини, діелектричні характеристики, питома електропровідність.

Сучасна радарна технологія дає можливість робити точні виміри рівня, нездійсненні для інших технологій, оскільки вимірювач випромінює безпечні сигнали в мікрохвильовому діапазоні.

Радарний рівнемір німецької фірми KROHNE - BM 702 (рис. 23) – перший і єдиний радарний рівнемір з двохрантовим підключенням.

Переваги:

- радар в X-діапазоні (8,5-9,9 ГГц) з цифровим керуючим сигналом;
- компактний пристрій, модульна конструкція;
- різні варіанти антени з різних матеріалів;
- вихід 4...20 мА / HART (2-х дротяне з'єднання).

Безконтактний радарний метод вимірювання є альтернативою методам, при яких потрібний контакт із середовищем.



Рисунок 23 – Радарний рівнемір BM 702

Прилад не потребує обслуговування і призначений для вимірювання рівня і об'єму рідин, паст, шлаків в сховищах, заспокійливих трубах і виносних камерах.

Радіолокаційний датчик. Радіолокаційний датчик рівня дозволяє вимірювати рівні безконтактним методом. Це гарна альтернатива при роботі в таких середовищах, де стандартні прилади, що занурюються, засмічуються чи піддаються корозії. Радіолокаційні датчики рівня добре працюють у турбулентних, аерованих середовищах, у середовищах, що містять тверді частки, в'язких і агресивних речовинах, а також пастах і суспензіях. Вони не мають рухливих деталей і порівняно просто встановлюються на кришці резервуара.

Радіолокаційні датчики нечутливі до багатьох характеристик рідин, що викликають проблеми при вимірюванні рівня, таких як густина, діелектричні властивості, провідність. Крім того, радіолокаційний промінь вільно проникає крізь шар піни і прокладки з пінистих матеріалів, на нього не впливають властивості заповненого парами простору резервуара. Завдяки безконтактному принципу дії, на радіолокаційні виміри звичайно не впливає наявність осадів чи відкладень, а чутливий елемент звичайно не забруднюється.

Технологія радіолокаційного датчика заснована на використанні безперервного частотно-модульного сигналу надвисокочастотного діапазону. Передавач випромінює радіолокаційні чи надвисокочастотні сигнали в напрямку до поверхні матеріалу, ці сигнали відбиваються назад у напрямку до приймача. Наявність модуляції сигналу дозволяє відрізнити прийняті і відбиті сигнали від зондувальних і обчислити відстань до поверхні продукту.

5. Вимірювання густини рідин

Вимірювання густини рідини безпосередньо в технологічному процесі з подальшою дистанційною передачею показань засноване на застосуванні буйкових, вагових, гідростатичних і радіоізотопних методів.

Принцип дії буйкових густиномірів аналогічний принципу дії буйкових рівнемірів. Відмінність полягає в тому, що буйок густиноміра завжди повністю занурений в вимірювану рідину і тому її обсяг, витіснений буйком, постійний, а виштовхувана сила відповідно до закону Архімеда буде змінюватися тільки в залежності від густини рідини.

Залежно від типу проміжний перетворювач густиноміра може мати електричну або пневматичну дистанційну передачу показань.

У вагових густиномірах ведеться безперервне зважування постійного об'єму рідини, що протікає по окремому участку труби, з'єднаному з основним трубопроводом гнучкими з'єднаннями. Вага цієї ділянки труби пропорційна густині рідини, що протікає по ній.

Принцип дії гідростатичного густиноміра заснований на тому, що тиск, створений стовпом рідини постійної висоти ΔH пропорційний її густині. Застосування дифманометра в якості вимірювального пристрою дозволяє відмовитися від необхідності підтримки постійного рівня вимірюваної рідини в ємності. У цьому випадку він вимірює різницю тисків ΔP (рис.24), яка не залежить від рівня рідини в ємності і пропорційна тільки щільності рідини.

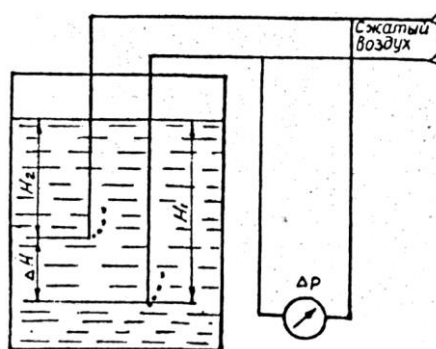


Рис.24. Схема гідростатичного густиноміра

Застосування дифманометра в якості вимірювального пристрою дозволяє використовувати його в ємностях з надлишковим тиском, оскільки воно надає однаковий вплив на обидві камери дифманометра і не впливає на результат вимірювання.

6. Прилади для вимірювання витрат рідин

Витратоміри постійного перепаду тиску підрозділяються на ротаметри, поплавкові та поршневі. Найбільш широко в порівнянні з іншими витратомірами обтікання застосовують ротаметри.

Ротаметр складається з конічної (звичайної скляній) трубки, яка розходиться вгору, всередині якої переміщується поплавок (рис.25).

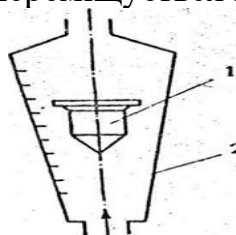


Рис. 25.Схема ротаметра

Шкала наноситься безпосередньо на скляну трубку, довжина якої знаходиться в межах від 70 до 600 мм, а діаметр від 1,5 до 100 мм. Ротаметри зі скляною трубкою використовують до тиску 0,5...0,6 мПа і температурі до 100...150 °С.

Перевага ротаметрів полягає в простоті їх конструкції, надійності в експлуатації, наочності показань, зручності вимірювання малих витрат рідини в досить великому діапазоні вимірювань.

До основних недоліків можна віднести його крихкість і непридатність для застосування при значних тисках. Деякі з перерахованих недоліків можуть бути усунені при використанні металічного корпусу (конусної трубки).

При проходженні рідини через трубку 2, поплавок 1 займає проміжне положення в трубці під дією сил тяжіння, різниці статичного тиску на нижню і верхню поверхню, сили швидкісного напору і тертя.

На характеристики ротаметра істотно впливає форма поплавця. Найбільш поширені його форма показано на рисунку (рис.2.б.). Цей поплавок має конусну нижню частину (іноді з дещо заокругленим носом), циліндричну середню частину і дисковий верх. В ротаметрах ранніх випусків на бічній

поверхні верхньої частини поплавка наносилися косі канавки, які викликали обертання поплавця, так як вважалося що це сприяє його центруванню відносно вісі конічної трубки і запобігає тертю між ними. Проте практика експлуатації ротаметрів показала, що поплавок і без обертального руху займає досить своє положення з трубкою і немає необхідності у виготовленні косих каналів на поплавці.

Катушечна форма поплавця (рис. 26 в) знайшла широке застосування через те, що усуває вплив в'язкості на градувальні характеристики ротаметра.

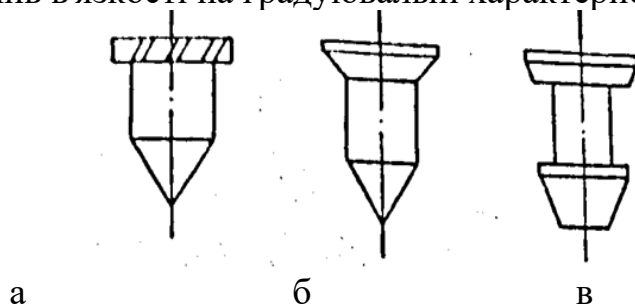


Рис.26. Форми поплавців

В залежності від діапазону вимірювання і агресивності вимірюваної речовини поплавці виготовляють з нержавіючої сталі, титану, алюмінієвих сплавів, фторопласту і різних пластмас.

Вимірювальна конічна трубка ротаметра виготовляється з хімічно і термічно стійкого боросилікатного скла з діапазоном конусності 0,001...0,01.

Турбінні й кулькові тахометричні витратоміри і лічильники

Швидкість потоку перетворюється в кутову швидкість обертання обтічного елементу, підрозділяються на турбінні та кулькові. Ці витратоміри

складаються з аксіальної або тангенціальної лопатевої турбіни, що опирається на кернові підп'ятники або підшипники. В якості вторинного перетворювача, що вимірює швидкість обертання турбіни, часто використовують індукційний перетворювач. При обертанні турбіни в індукційній котушці наводяться імпульси електричної напруги, частота яких пропорційна кутовій швидкості обертання турбіни.



Рис. 27. Тахометри

Прилади прості за конструкцією, мають велику чутливість і великі межі вимірювання, як для малих – $5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{с}$, так і великих до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ витрат рідин, малу інерційність. Приведена погрішність таких приладів становить 0,5 – 1,0%.

Кулькові витратоміри застосовують, в основному, для вимірювання витрати агресивних середовищ і середовищ, що містять абразивні включення. Наприклад, витратоміри типів ШРТ, «Сатурн», «Шторм»

застосовують для вимірів витрати рідин (0,025 – 400) м³/год, приведена погрішність становить (0,5 – 1,0)%

Для перетворення частоти обертання турбінки в вимірювальний сигнал служать тахометричні перетворювачі.

За принципом перетворення первинного сигналу їх поділяють на індукційні, індуктивні, фотоелектричні та оптичні.

Камерні витратоміри і лічильники

Камерними називають тахометричні витратоміри і лічильники, рухливі елементи яких приходять в рух під дією тиску вимірюваної рідини, вимірюючи при цьому її певні обсяги.

Ці лічильники рідини застосовуються дуже давно і відрізняються великою різноманітністю рухомих елементів, в залежності від цього їм дають найменування: роторні, поршневі, дискові, з овальними шестернями, лопатні, гвинтові.

В порівнянні з турбінними та кульковими лічильниками, вони забезпечують більш високу точність і широкий діапазон виміру. Незважаючи на механічний зв'язок вала рухомого елемента з перерахункових механізмом похибка в деяких з них становить 0,2...0,5%. Об'ємні лічильники придатні для вимірювання кількості рідини практично будь-якої в'язкості. Однак вони чутливі до забруднення.

Камерні лічильники можна розділити на 3 групи:

- без рухомих розподільних елементів;
- з еластичними стінками камери;
- з рухомими елементами.

Дозатори – це пристрії, призначені для автоматичного відмірювання і видачі заданої кількості речовини у вигляді порцій або постійної витрати.

За принципом дії дозатори поділяються на об'ємні і вагові. За дозованою речовиною розрізняють дозатори газів, рідин і сипких середовищ.

Вагові дозатори складні за конструкцією, точні, але не мають достатньої швидкодії. Об'ємні – прості за конструкційним виконанням, мають достатню швидкодію, але меншу точність.

За призначенням дозатори поділяються на порціонні дозатори і дозувальні живильники. Перші призначені для відмірювання одиничних порцій речовини, другі – для підтримки витрати речовини на заданому рівні.

Для дозування рідин можна використовувати дозатори витікання та насоси-дозатори.

Найпростіший дозатор витікання безперервної дії являє собою ємність із постійним рівнем рідини. Злив рідини із цієї ємності відбувається через певний гідравлічний опір, створюваний дросельним робочим органом (РО). Погрішність дозування такими дозаторами становить не більше 1%.

Автоматичні порціонні дозатори сипких матеріалів мають широке застосування, особливо – стрічкові вагові дозатори, у яких за результатами зважування на конвеєрних вагах переміщуваного матеріалу автоматично регулюється інтенсивність його подачі. Дозатори оснащені живильниками,

що дозволяють у широких межах вимірювати потік матеріалу, що транспортується. Погрішність цих дозаторів становить 0,5%.