

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Технологічне обладнання об'єктів паливозабезпечення»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)**

**за темою № 8 – Обладнання контролю кількості та якості нафтопродуктів  
в резервуарах**

**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 28.08.23 № 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. Системи автоматизованого управління виробничим процесом підприємства нафтопродуктозабезпечення (АСУП НП)
2. Методи і прилади для вимірювання рівню
3. Основні види та конструкції датчиків, систем сигналізації та контролю
4. Методи і засоби вимірювання температури

### 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](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 13.07.2023).

### Текст лекції

#### **1. 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).

В якості місцевих і дистанційних вимірювачів рівня нафти, сигналізаторів максимального оперативного і аварійного рівня застосовують прилади

поплавкового-механічного типу, а в даний час використовуються прилади, основані на ємнісному, магнітострикційному, радіохвильові (радіолокаційному) і ультразвуковому вимірі.

Досвід експлуатації приладів поплавкового типу підтвердив, що вони мають низьку надійність і високу похибку, складні в обслуговуванні. У резервуарних парках підприємств нафтопродуктозабезпечення крім поплавково-механічних показчиків рівня застосовувалися і інші рівнеміри..

В останні роки відбувається активне впровадження автоматизованих систем вимірювання та обліку кількості пального в резервуарних парках, що мають високу надійність.

*Ультразвукові рівнеміри* складаються з датчика і вторинного перетворювача. Вони використовуються для вимірювання рівня рідин у відкритих або закритих резервуарах. Принцип роботи ультразвукових рівнемірів полягає в наступному: фільтр відокремлює щире відлуння, що йде від поверхні матеріалу, від помилкової луни, що виникає внаслідок акустичних або електричних шумів. Час проходження імпульсу до матеріалу і назад перетворюється в відстань для відображення на дисплеї, формування сигналу струмового виходу і спрацьовування реле.

*Радарні датчики* рівня працюють в діапазонах до декількох десятків метрів і вимірюють безперервний рівень рідини в складних умовах при наявності агресивних, вибухонебезпечних рідин, при високому тиску і температурах. Радарні датчики рівня працюють, випромінюючи радіохвилі в діапазоні кількох гігагерц і сприймаючи відбитий від поверхні рідини або сипучого продукту сигнал. Точність вимірювання радарних рівнеміром не залежить від тиску, густини і діелектричної сталої. Радарні рівнеміри відрізняються низькою вартістю і простотою заміни блоків електроніки.

Принцип дії *магнітострикційного рівнеміра* заснований на вимірюванні часу руху ультразвукової хвилі вздовж стрижня.

Принцип дії *ємнісного рівнеміра* полягає в тому, що при заповненні або спорожненні резервуара електрична ємність розташованого в ньому чутливого елемента змінюється в залежності від рівня занурення в контролюєме середовище. Ця зміна ємності перетворюється електронною схемою в дискретний релейний сигнал.

Для контролю тиску в резервуарі на кришці вимірювального люка слід установлюють штуцер із запірним пристроєм для підключення мановакуумметра, автоматичних сигналізаторів граничних значень тиску і вакууму або інших приладів.

Максимальний рівень продукту повинен контролюватися сигналізаторами рівня (мінімум два), які передають сигнал на відключення насосного обладнання.

У резервуарах з плаваючою покрівлею або понтоном слід встановлювати на рівних відстанях не менше трьох сигналізаторів рівня, що працюють паралельно.

У резервуарах, призначених для тривалого зберігання нафти і нафтопродуктів, повинні передбачатися сигналізатори максимального рівня підтоварної води.

На трубопроводах відкачування підтоварної води повинні встановлюватися сигналізатор розділу рідин типу вода-нафта (нафтопродукт).

Перфоровані труби, призначені для установки приладів КВП, повинні мати отвори, що забезпечують тотожність температур в резервуарі і всередині труби.

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 поплавок, що діє на чутливий елемент індуктивного перетворювача.

Структурна схема АСУН УІР представлена на рис. 1. 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 м<sup>3</sup> для світлих і темних нафтопродуктів; ІВС на базі магнітострикційного рівнеміра УМ-П01 - на вертикальних резервуарах місткістю до 1000 м<sup>3</sup> для світлих нафтопродуктів; АСУН УІР - на вертикальних та горизонтальних резервуарах всіх типів для світлих нафтопродуктів.

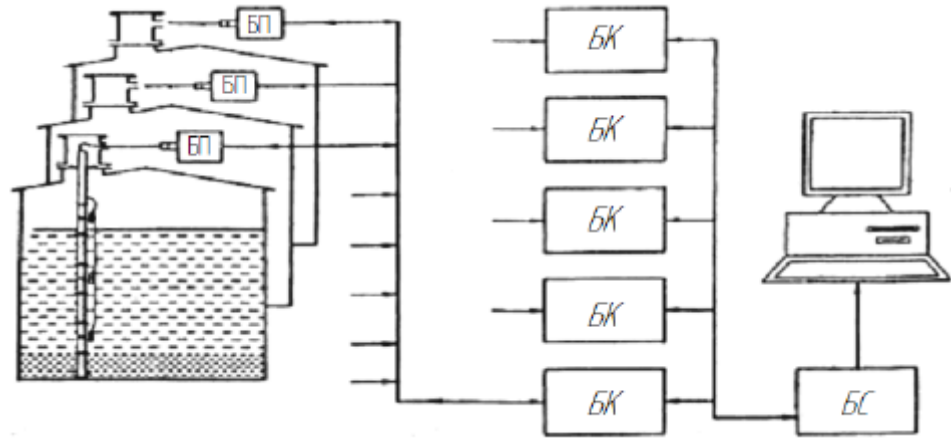


Рис. 1 – Структурна схема АСУН УІР

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.

## 2. 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.2) заснована на законі Архімеда. Чутливий елемент буйкового рівнеміра – буй – масивне тіло, підвішене вертикально усередині судини, рівень рідини в якому контролюється.

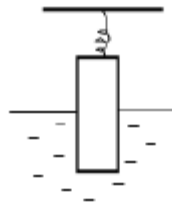


Рисунок 2 – Буйковий рівнемір

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. 3) застосовуються для вимірювання рівня найрізноманітніших, зокрема, в'язких і агресивних рідин.

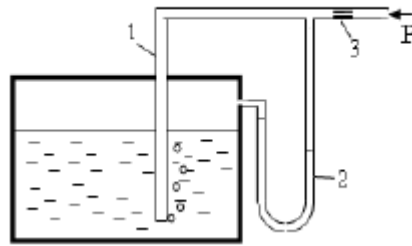


Рисунок 3– П'єзометричний рівнемір

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.

*Акустичні рівнеміри.* Принцип дії акустичних рівнемірів заснований на фізичних явищах, пов'язаних з поширенням звуку в рідкій або газовій фазі (рис.4). 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 випадають 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 нестаціонарних перешкод (наприклад, мішалок), може використовуватися тільки в резервуарах з нормальним атмосферним тиском.

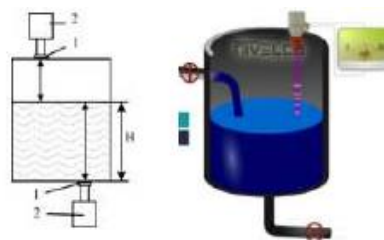




Рисунок 4 – Схема акустичного рівнеміра

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 циліндрових 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 неізолювані 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 5). 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 5 – 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 чуттєві 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. 6) – перший і єдиний радарний рівнемір з дводротовим 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 6 – 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.

### **3. Основні види та конструкції датчиків, систем сигналізації та контролю**

Вимірники рівня рідини в резервуарі типу УДУ призначені для оперативного контролю заповнення та опорожнення резервуара.

Вказівники УДУ-5 (рис. 7) призначені для вимірювання рівня нафти і нафтопродуктів. Рівномір випускають двох модифікацій:

- УДУ-5М - з місцевим обліком рівня;
- УДУ-5П - з дистанційною потенціометричною складовою.

Принцип роботи прибору заснований на наступних діях поплавка, плаваючого на поверхні рідини який переміщається разом з її рівнями. Поплавець виконаний з сталі Х18Н9Т, підвішений на стрічку і при своєму русі ковзає по направляючих струн. Струни підтримуються в натянутому стані натяжними пристроями. Мірна стрічка з роликками проходить крізь гідрозатвор і вступає в зацеплення з мірним шківом прибору. Ціна поділу цифрового диска - 1мм. Межа виміру до 12 м.

*Рівномір УДУ-5* має кілька модифікацій з уніфікованими вузлами і загальними показуючими приладами.

Показчик складається з трьох основних вузлів: показуючий прилад з відліковим механізмом, пружинним двигуном постійного моменту і механізмом перевірки зацеплення мірної стрічки 8 (рис. 7), змонтованими в єдиному алюмінієвому корпусі;

гідрозатвору з кутовими роликками 2 і захисними трубами;

поплавок 6 з направляючими 4, натяжними 3 пристроями і стрічки 5.

Показуючий прилад встановлюють на зовнішній стінці резервуара на рівні 1,8 м від фундаменту. Для входу мірної стрічки 8 служать вертикальна і горизонтальна горловини корпусу. В залежності від варіанту використовують одну з горловин, другу наглухо закривають пробкою.

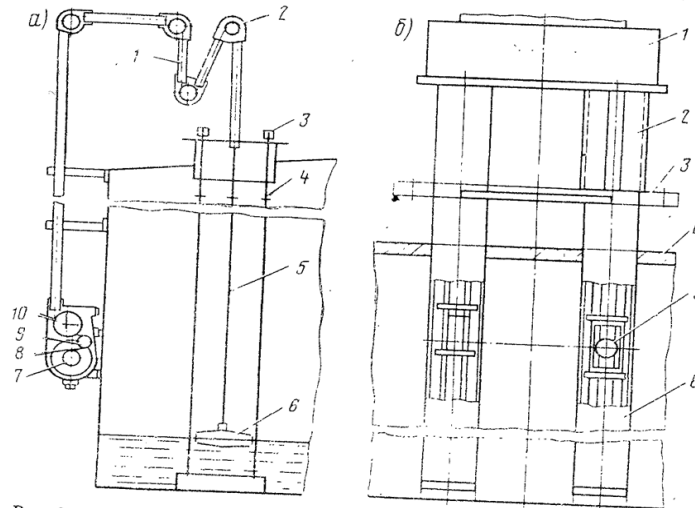


Рис. 7 – Рівнемір УДУ– 5 (а) та Удар – 5 (б)

Мірний шків 10, будучи однією з головних деталей показуючого приладу, закріплений шпонкою на валу, який вращається в шарикопідшипниках. Довжина кола мірного шківів дорівнює 500 мм. Один його оборот відповідає зміні рівня на 500 мм. Для зчеплення з мірною стрічкою на окружності мірного шківів запресовано десять штифтів, відстань між якими суворо відповідає відстані між отворами перфорованої мірної стрічки, що забезпечує надійне зачеплення стрічки зі шківом. Стрічка намотується: при підйомі поплавця на барабан 7. Барабан 9 служить напрямним елементом.

Відліковий механізм - це десятковий лічильник з трьома малими цифровими барабанами і одним великим. Великий барабан розділений на 100 поділок і отримує рух через шестеренчасту передачу ( $i = 5: 1$ ) від валика барабана 7. Ціна поділу великого барабана дорівнює 1 мм. На малих барабанах нанесені цифри від 0 до 9. За один оборот великого барабана 7 малий переміщається на одну поділку ( $1/10$  обороту). Ціна поділу першого малого барабана становить 1 дм. Наступні малі барабани отримують рух від попередніх також щодо 1: 10.

Пружинний двигун постійного моменту натягує мірну стрічку практично з постійним зусиллям. Барабан 7, до якого прикріплена пружинна стрічка двигуна, відлитий разом зі шківом. На нього намотується перфорована мірна стрічка 8. Барабан 7 обертається на шарикопідшипниках, встановлених в склянці на осі, жорстко закріпленої в корпусі показуючого приладу. Аналогічно встановлено другий барабан двигуна постійного моменту. Механізм перевірки зачеплення мірної стрічки 8 дає можливість, не розкриваючи прилад, контролювати правильність зачеплення мірної стрічки з мірним шківом, а також виявити обрив мірної стрічки або її заклинювання.

У систему гідрозатвору 1 входять три кутових ролика, з'єднаних захисними трубами і утворюючих коліно, яке на 200-300 мм заливають незамерзаючою рідиною (етилєнгликолем або дизельним паливом). Рідина для гідрозатвору повинна задовольняти температурним умовам роботи в даному районі (не випаровуватися і не застигати). Нижню частину показуючого

приладу заповнюють трансформаторним маслом дня захисту пружинної стрічки двигуна постійного моменту від корозії. Рівень масла повинен досягати висоти отвору для заливу. Мірна стрічка при русі через гідрозатвор до показуючого приладу направляється кутовими роликами. Ролик обертається на шарикопідшипнику, установленому на осі.

Поплавок є диск, що складається з двох сферичних кришок. Ребра на кришках надають поплавцю жорсткості. Всередині на стрижні закріплений вантаж, під впливом якого поплавок занурюється до ватерлінії, що надає йому велику стійкість на поверхні рідини. Мірна стрічка і поплавок з'єднані з розрізним кільцем. Направляючі струни проходять через кільця, розташовані з боків поплавка. Конструкція кілець дозволяє знімати поплавець без демонтажу напрямних струн, жорстко закріплених на дні резервуара і в натяжних пристроях. Корпус натяжного пристрою приварюють до кришки верхнього люка резервуара. Зусилля натягу регулюють гайками. Зверху натяжний пристрій закрито пластмасовим ковпачком.

Робота приладу заснована на підйомі поплавця, плаваючого на поверхні рідини і переміщається разом з рівнем. Поплавок підвішений на перфорованій стрічці і при своєму русі ковзає уздовж напрямних струн. Стрічка по роликах проходить через гідрозатвор і в показуючому приладі обертає мірний шків. Поворот шківів передається на лічильник, показання якого відповідають рівню продукту в резервуарі. Натяг мірної стрічки забезпечується пружинним двигуном постійного моменту, що представляє собою сталеву стрічку, навиту у вигляді спіралі, один кінець якої прикріплений до барабана 7, а інший вільно охоплює вісь барабана. Коли поплавок знаходиться у верхньому положенні, мірна стрічка намотана на барабан 7, а стрічка пружинного двигуна - на барабан 8. При зниженні рівня вага поплавка долає момент тертя в системі і момент, створюваний пружинним двигуном. При цьому мірна стрічка обертає барабан 7 і перемотує пружинну стрічку двигуна з барабана 9 на барабан 7, запасуючи тим самим пружну енергію. При підвищенні рівня вага поплавка компенсується виштовхуваною силою рідини, пружинний двигун долає момент тертя в системі і змотує звільнену мірну стрічку на барабан 7.

*Електронний міжфазний рівеньмер «HERMetic».*

Переносні електронні рівнімери - HERMetic (рис. 8) призначені для обліку продукції в нафтових та хімічних виробництвах, резервуарах і на морських танкерах. Рулетки забезпечують одночасний вимір рівня рідких нафтопродуктів, під товарної води та температур.

Погружні рулетки з гнучкою стрічкою - HERMetic існує в наступних основні модифікації: повністю герметичні та відкриті. Всі рівнімери - HERMetic складаються з мірної рулетки, пробника, занурююмого в резервуар на градуїровочній стрічці та електронному блоці звукової та візуальної сигналізації. За рахунок обсягу в одному пробнику різних датчиків даних приборів дозволяють змірювати рівень продуктів, підтоварної води та температури.

Рулетки цього типу є зручним засобом для проведення змін рівня на відкритих резервуарах для зберігання нафти або хімічних речовин. Установка рівнеміра здійснюється на відкритому замерному люці. Рулетки цієї серії мають негерметичний корпус і стрічку з тефлоновим покриттям.



Рис. 8 Переносний електронний рівнемір — HERMetic

#### *Герметична трьохрівнева погрузна рулетка*

Переносна рулетка цього типу використовується для проведення виміру рівнів на герметичних нафтових та хімічних резервуарах. Повністю герметичне приєднання до контрольного клапана запобігає будь-яким витратам парів під час роботи. Рівнеміри цієї серії мають пробник і стрічку з нержавіючої сталі, а також функцію вимірювання трафаретної висоти резервуара в стандартній версії.

#### *Радарний рівнемір УЛМ-11 (УЛМ-31)*

Радарні рівні УЛМ-11 та УЛМ-31 призначені для високоточного безконтактного вимірювання рівня продуктів у резервуарах. Данні прибори оптимізовані для побудови системи комерційного обліку та для використання в роботах, що вимагають максимально можливої точності вимірювань.

Точність вимірювання та конструктивні особливості дозволяють, на основі даних приборів, легко та швидко будувати розроблені системи контролю рівня для резервуарних парків будь-якої конфігурації та будь-якого рівня складності.

Радарний рівень УЛМ-11 (УЛМ-31) (рис. 9) краще підходить для резервуарних парків з продуктом, що вимагають безконтактного вимірювання рівня (агресивні середовища) та високі точності вимірювань (світлі та темні нафтопродукти).

Радарний рівень УЛМ-11 (УЛМ-31) є хороша альтернатива для заміни старих та ненадійних систем вимірювання рівня в резервуарних парках на основі поплавкових (буйкових) рівнів. Завдяки своїй безконтактності і відсутності двигуючих частей радіолокаційного рівня УЛМ-11 (УЛМ-31) є більш надійним пристроєм, чим ті, що працюють на контактному принципі. Щодо точності вимірювання та надійності роботи прибору не впливають ні атмосферні осадки, ні коливання температур, ні випаровування, ні висока температура, ні в'язкість зміненого продукту. Так як датчики рівня встановлюють зовні резервуару, то немає необхідності в проведенні будь яких



робіт по доробці резервуара - для нормального функціонування приборів досить отвору діаметром 90 мм.

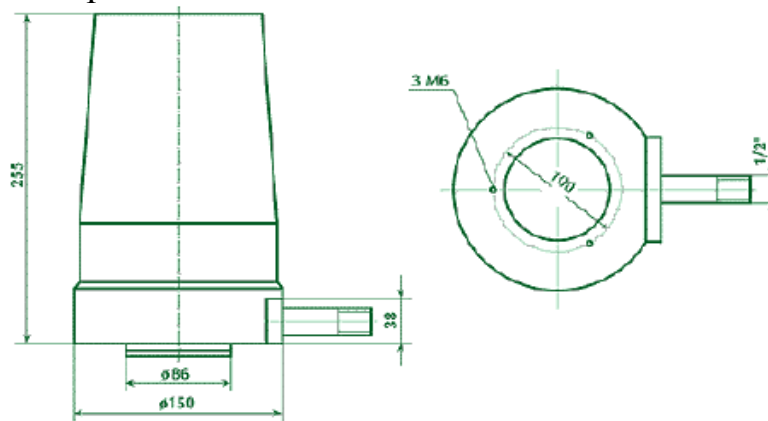


Рис. 9.— Габаритні розміри радарного рівнеміру

На рис. 9 установка радарного пристрою на резервуарі. Інформаційний вихід датчика рівня зроблено на основі інтерфейсу RS-485, допускаючого прокладати лінії зв'язку великої протяжності (до кількох кілометрів) і об'єднати на одній лінії кілька пристроїв, що дозволяє легко інтегрувати рівень в існуючі системи АСУТП.

#### *Стаціонарні пробовідбірники*

Пробовідбірник служить для відбору проби по всій висоті нафтопродукту резервуара. Промисловість випускає два типи пробовідбірників: ПСР (пробовідбірник знижений резервуарний) та ПУР (пробовідбірник універсальний резервуарний). Встановлюють їх усередині резервуара і кріплять у вертикальному резервуарі до його даху, а в горизонтальних - до кришки наливної горловини.

Пробовідбірник ПСР-4 призначений для відбору проб з наземних резервуарів з нормальним і підвищеним тиском. Він виконаний з трьох основних вузлів: верхнього люка 1 (рис. 10, а), пробовідбірних колон 6 і панелі управління відбором і зливом проб 5.

Верхній люк встановлено на даху резервуара. Через люк пробовідбірна колона з'єднується з газовим простором резервуара. Він складається з кінцевої труби 2, одноклапанних і двохклапанних секцій 7 (труби з клапанами, число їх залежить від висоти резервуара), з'єднаних між собою фланцями з паронітовими прокладками 3 для герметизації. Повітряні порожнини клапанних секцій пов'язані між собою і з насосом панелі управління відбором і зливом проби повітряною трубкою 4.

Клапанна секція являє собою поєднання двох або одного нормально закритих клапанів з пробовідбірними трубами 12 (рис. 10, б). Клапан складається з корпусу 1, всередині якого вмонтовано сильфон 11 з направляючою втулкою 2 та пружиною, яка сжимає сильфон. Розжимає сильфон повітря, яке іде від панелі управління по трубці 9.

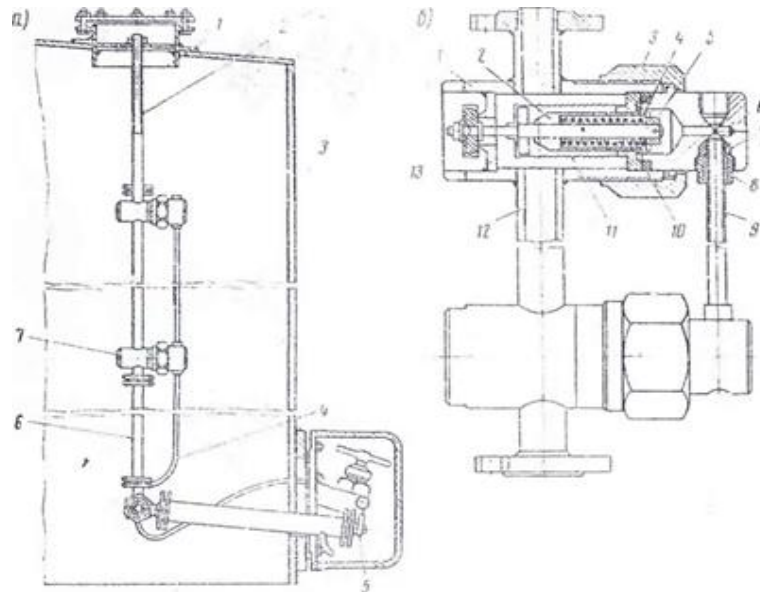


Рис. 10 – Пробовідбірник ПСР-4

Повітряна камера 6 прижата до сильфону через резинове кільце 10 гайкою 3, утворюючи єдину повітряну ємність. Повітряні камери всіх клапанних вузлів з'єднані між собою трубкою 9, закріпленої за допомогою ущільнюючої резинової втулки 7 і пробки 8. Під тиском повітря, потрапляючого в сильфон, шток з клапаном 13 переміщається по направляючій 2, відкриває отвір клапана, при цьому пружина 4 під дією шайби сжимається. При скиданні тиску шток під дією пружини 4 займає первинне положення та перекриває канал впуску рідини клапану. Панель управління відбором і зливом пробки змонтована на фланці, привареному на стінці резервуару. На панелі управління встановлені насос та вузол повітряної лінії, яка складається з манометра, клапана збросу тиску та ніпеля, для перешкоди витіку повітря з пневмолінії 9 пробовідбірної трубки 12. З зовнішньої сторони панель управління закрита ковпаком для захисту від впливу атмосферних опадів.

Для отримання проб в повітряній системі пробовідбірної колони ручним насосом підтримують тиск 0,3 Мпа. В результаті всі нормально закриті клапани відкриваються і нафтопродукт починає надходити в пробовідбірну колону. Після заповнення і змішування в колоні тиск в системі за допомогою крана скидання тиску знижують до нуля, закриваючи клапан відбору проб і відсікаючи стовп пробки. При нажатті на рукоятку крана зливу проба надходить в спеціальний пробовідборний посуд. При відборі пробки підтримують тиск в повітряній системі пробовідбірника в межах 0,25-0,4 МПа.

Пробовідбірник ПСР-5 служить для відбору проб світлих нафтопродуктів з заглиблених резервуарів. Складається він з наступних основних вузлів: пневмокамери, розташованої всередині резервуару; пробовідбірної колони і панелі управління, змонтованої на люку кришки резервуару. Герметичне з'єднання кришки 7 (рис. 11) з корпусом 1 утворює пневмокамеру, розділену гумовою діафрагмою 2 на дві порожнини: верхню (гідравлічну), що сполучається з пробовідбірною колоною і нижню (повітряну), яка сполучається

через пневмолінію з насосом на панелі управління. Під тиском повітря, що надходить в нижню порожнину пневмокамери, гумова діафрагма, переміщаючись вгору, виштовхує нафтопродукт з гідравлічної порожнини в пробовідбірну колону. Переміщення діафрагми регулюють встановленими на кришці регулювальними болтами 3. Щоб надати жорсткість діафрагми і зберегти її форму, спеціальним герметизуючим затискачем 5 з нею пов'язані дві тарілки 4 і 6.

Нижню частину пробовідбірної колони монтують на пневматичній камері, верхню приєднують до панелі управління, поєднуючи її з трубою зливу проби. Повітря, поступаючи в пневмолінію пробовідбірної колони, відкриває нормально закриті клапани. Нафтопродукт через отвори в клапанах надходить в колону і гідравлічну порожнину пневмокамери. Через деякий час, необхідний для вирівнювання продукту по густині, тиск в пневмокамері колони скидають, відсікаючи стовп продукту в колоні від резервуара. Проба готова до відбору. Клапани пробовідбірної колони ПСР-5 конструктивно аналогічні клапанам пробовідбірної колони ПСР-4.

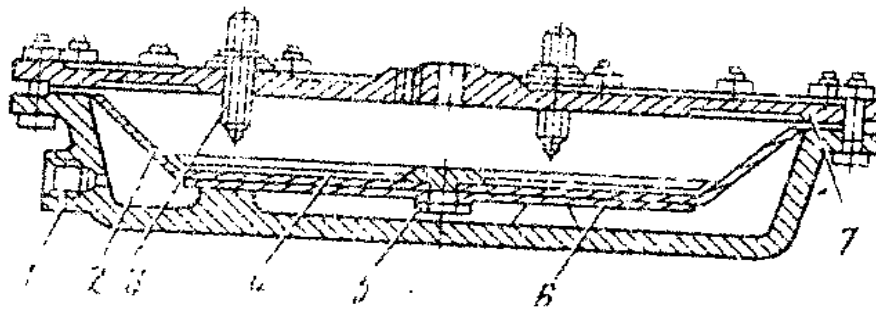


Рис. 11– Пневмокамера пробовідбірника ПСР-5

#### 4. 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 нагрятості двох тіл. Технічний засіб для вимірювання температури, називають термометром.

Для порівняння нагрятості 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

$$\beta_{n,2} = \frac{V_{t_1} - V_{t_2}}{V_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град}$$

де  $V_0$ ,  $V_{t_1}$ ,  $V_{t_2}$  – об'єми рідини, якою заповнений резервуар термометру при  $00^\circ\text{C}$ , 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.

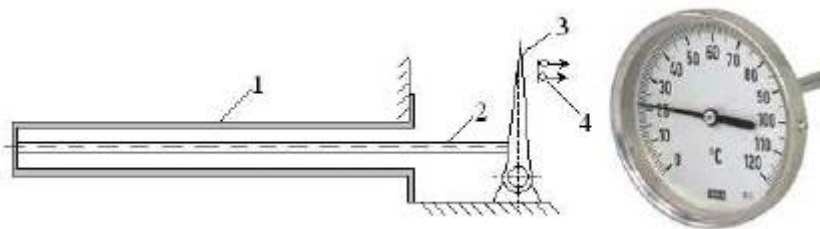
**Термометри, засновані на розширенні твердих тіл.** До цієї групи приладів відносяться дилатометричні і біметалічні термометри, засновані на зміні лінійних розмірів твердих тіл із зміною температури.

Конструктивне виконання дилатометричних термометрів (рис.12) засноване на перетворенні вимірюваної температури в різницю абсолютних значень подовжень двох стрижнів, виготовлених з матеріалів з істотно різними термічними коефіцієнтами лінійного розширення:

$$\beta_{n,2} = \frac{l_{n1} - l_{n2}}{l_0(t_2 - t_1)}, \text{ 1/град}$$

де  $l_0$ ,  $l_{t_1}$ ,  $l_{t_2}$  – лінійні розміри тіла при  $0^\circ\text{C}$ , температурах  $t_1$  і  $t_2$  відповідно.

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



1 – трубка, 2 – стержень, 3 – стрілка, 4 – контакти

Рисунок 12 – Дилатометричний термометр

Дія *біметалічних термометрів* (рис. 13) заснована на деформації біметалічної стрічки при зміні температури.



Рисунок 13 – 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.14) . 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.



1 – термобалон, 2 – манометр, 3 – капіляр  
Рисунок 14 – Газовий манометричний термометр

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 (метилловий 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 15 – Конденсаційний манометричний термометр

**Електричні термометри (термопары).** Термоелектричні перетворювачі (термопары) призначені для вимірювання температури і працюють у комплекті з мілівольтметрами і потенціометрами (рис. 16).

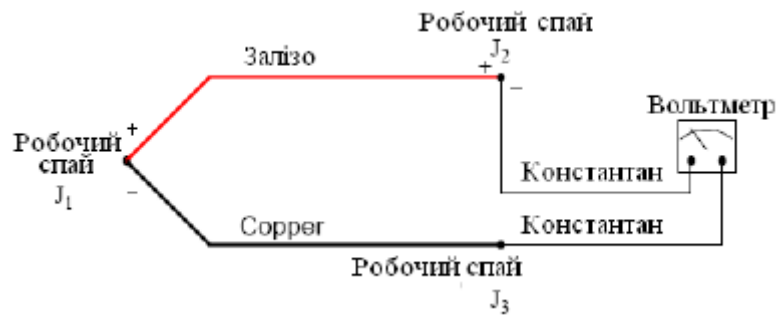


Рисунок 16 – Схема підключення термопар

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 термопар наведений на рис. 17.



Рисунок 17 – 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 термопар 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.

чаючих дротів застосовується мідь в парі з константаном.

Застосовуються наступні градування термопар:

ХА - хромель-алюмелеві;

ХК - хромель-копелеві;

ПП - платиновий-платинові і так далі.

Основні вимоги до термопар:

- 1) відтворюваність,
- 2) висока чутливість,
- 3) надійність,
- 4) стабільність,
- 5) достатній температурний діапазон.

**Термометри опору** (рис.18). 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 18 – 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. 19) виготовляються як з металів, так і з напівпровідників, хоча частіше – з платинового дроту.

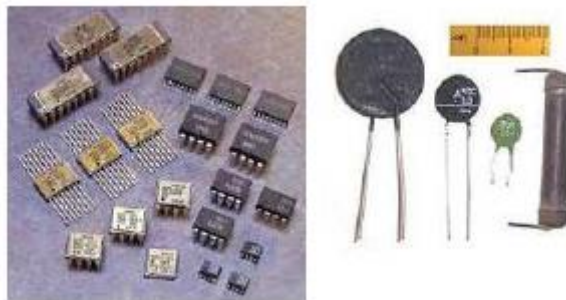


Рисунок 19 – Терморезистори

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<sup>0</sup>С.

Пірометри випромінювання (рис.20). Пірометри випромінювання засновані на використанні теплового випромінювання нагрітих тіл.



Рисунок 20 – Пірометри випромінювання

Верхня межа вимірювання температури пірометра випромінювання практично не обмежена. Вимірювання засноване на безконтактному способі, тому відсутнє спотворення температурного поля перетворюючого елементу 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<sup>0</sup>С) 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 колірних пірометрах визначається відношення інтенсивності випромінювання реального тіла  $E_{\lambda}$  в променях з двома заздалегідь вибраними значеннями довжини хвилі  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ , тобто свідчення колірних 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. 21) є прикладом кабельних термоперетворювачів. Діапазон вимірювання температури ряду «Метран» складає від мінус 200 до 1600<sup>0</sup>



Рисунок 21 – 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.