

3. ТЕПЛОВИЙ МОНІТОРИНГ І ДІАГНОСТИКА

Цей вид моніторингу і діагностики отримав широке застосування в різних галузях промисловості (металургійній, гірничій, машинобудівній, хімічній і інших) і в різноманітних видах техніки (від самих простих до космічних апаратів).

Особливу роль тепловий моніторинг і діагностика відіграють при обстеженні крупних металургійних агрегатів, де при певних умовах можливе проривання великого об'єму рідких розплавів, що може, крім значних економічних втрат, викликати трагічні наслідки чи ж дефекти футеровки можуть стати причиною невідновлюючого стану металоконструкцій і крупних руйнувань виконавчих механізмів. До таких об'єктів, насамперед, можна віднести конвертори, печі, міксери, ковші, машини напівнеперервного і неперервного розливання заготовок і т.п.

Тепловий моніторинг і діагностика достатньо ефективні, хоча, в окремих випадках поступаються вібраційним методам при обстеженні механічних з'єднань і передач з тертям, незадовільний стан яких проявляється в підвищенні їх температури.

Для вимірів температури застосовують спеціальні термометри, пірометри і тепловізори. Поряд з приладами, в деяких випадках, використовують технології на основі термоіндикаторних речовин.

ТЕРМОІНДИКАТОРНІ МЕТОДИ

Використання цих методів є вкрай ефективним в тих випадках, коли виникає необхідність у вивченні температурного поля обстежуваного об'єкта, тобто там, де головним показником стану об'єкта є не абсолютна температура, а характер її розподілення по поверхні. Наприклад, при доведеності вузлів і деталей, термообробці, визначенні перегріву обладнання, обстеженні

кристалізаторів для металів і сплавів, вивченні стану футеровки пічних агрегатів і т.п.

В залежності від умов і цілей дослідження застосовують *кольорові, структурні і газовиділяючі термоіндикаторні речовини (ТИР)*. Візуалізацію температурних полів можуть забезпечити лише багатопозиційні КТИР, які мають декілька критичних температур в достатньо широкому температурному інтервалі, чи плавно змінюють свій колір в залежності від температури. В свою чергу, ці речовини поділяють на *зворотні, незворотні і квазізворотні*.

Зворотні використовують тоді, коли необхідно безпосередньо спостерігати температурне поле в процесі нагріву. Проте їх використання (за Аркелянном В.Г.) доцільне при температурах до 497-527°C, оскільки при більш високих температурах їх колір може маскуватись власним тепловим випромінюванням.

Незворотні і квазізворотні речовини використовують у випадках, коли необхідне обстеження температурних полів у важкодоступних місцях.

Термоіндикаторні речовини виготовляють понад 20 закордонних фірм. Проте, лише небагато з них є багатопозиційними.

ТЕРМОМЕТРИ

Серед різноманітних типів термометрів найбільшого поширення набули в сфері теплового моніторингу цифрові термометри, які дозволяють з високою точністю вимірювати температуру в широкому діапазоні (від -60° до +3000°C).

В Україні провідним підприємством в сфері термоприладобудування є науково-виробниче об'єднання «Термоприлад» (Львів). Підприємство виготовляє стаціонарні і переносні термометри.

Стаціонарні (щитові) термометри працюють із сигналами термоперетворювачів опору, термоелектричних перетворювачів і джерел напруги і струму. До числа щитових приладів відноситься лише прилад ТО-

ЦО23. Вимірюваний діапазон температур складає: - 50°...+ 150 °С ; - 200°...+ 600 °С ; - 50°... + 1600 °С.

Переносні прилади виготовляються одноканальними і багатоканальними. Діапазон вимірюваних температур термометра ТО-ЦО24-10 складає: - 80°...+ +250 °С. Роздільна здатність приладу – 0,01° – 0,1 °С. В його комплект входить до десяти термоперетворювачів.

Портативний одноканальний цифровий термометр ТТ-ЦО16 розрахований на діапазон температур від – 10 °С до + 1200 °С, а ТТ-ЦО16-01 – від – 60 °С до + 200 °С.

Технічні характеристики термоперетворювачів цих приладів наведено в табл. 5.3.

Серед зарубіжних розробок широкого поширення набули цифрові термометри С.А861, С.А863, С.А865 (вир. SCHAUVIN ARNOUX, Франція), ТМЦ 9210 (Росія), ЕТІ-2001 (Великобританія), Testo 905-Т1, Testo 905-Т2, Testo 925, Testo 935 (Німеччина).

Таблиця 5.3

Тип	Основні параметри (температура/розміри)	Призначення, середовище, об'єкт вимірювання
Т911-01	0...200 °С; довжина 160 мм	В'язкі речовини
Т911-03	-60...+600 °С; довжина 400 мм	Рідкі, сипкі, в'язкі речовини
Т911-04	0...800 °С; довжина 500 мм	Рідкі, сипкі речовини
Т912	50...500 °С	Металеві поверхні
Т919	-60...+500 °С; довжина 400 мм	Газоподібні речовини
Т921	20...200 °С; діаметр торкання 10 мм	Металеві поверхні
Т922	0...250 °С	Обертові металеві поверхні
Т-003	0...200 °С; довжина 60 мм	Напівтверді та гумові речовини
Т-930	0...180 °С; довжина 1000 мм	Багатошарові рельєфні матеріали

Застосування як вітчизняних, так і зарубіжних цифрових термометрів при обстеженні механічного обладнання доцільне лише у тих випадках, коли температурний фактор найбільш повно характеризує стан об'єкта, чи там, де

основною задачею обстеження є вимір температур (наприклад, робочих середовищ гідросистем, охолоджувальних середовищ пічних агрегатів, реакторів і т.п.). Хоча, при використанні термоперетворювачів Т912 і Т921, можливе виявлення дефектів рухомих сполучень, оскільки більшість з них викликають підвищення температури через збільшення сил тертя.

ПІРОМЕТРИ

Ці прилади на противагу цифровим і іншим типам термометрів, які побудовані на принципі контактних вимірювань, призначені для безконтактного вимірювання температур. Їх застосовують в різноманітних галузях промисловості, де температурний фактор є головним чи важливим показником стану об'єкта чи середовища. В пірометрах використовують, зазвичай, високочутливі приймачі випромінювання, візуальне чи лазерне наведення на об'єкт.

Провідним виробником пірометрів в Україні є науково-виробниче об'єднання «Термоприлад», яке виготовляє стаціонарні і переносні пірометри (рис. 5.28).

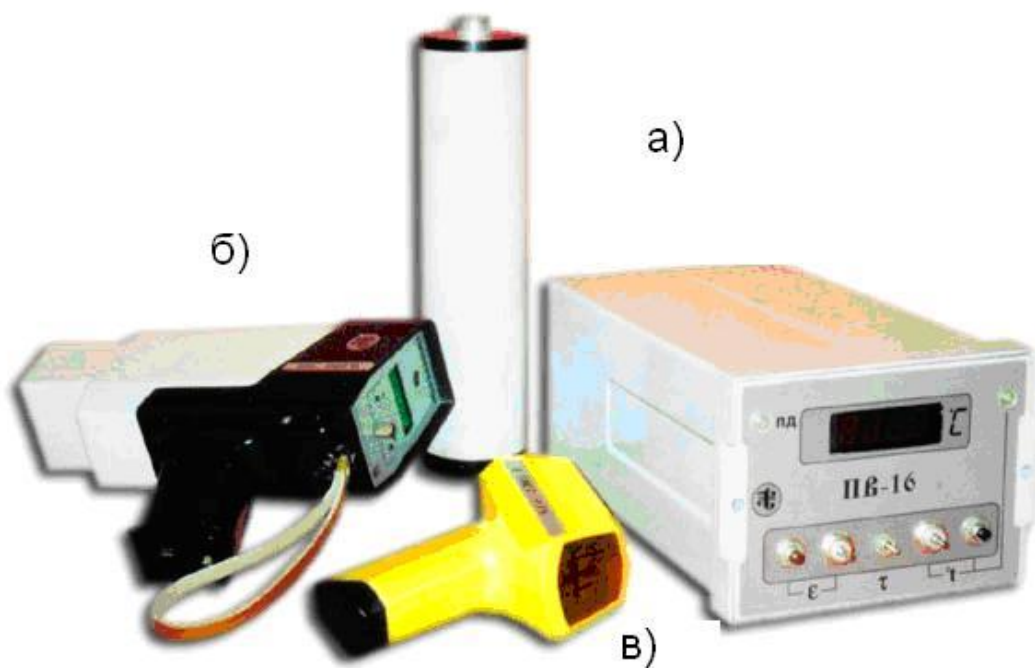


Рисунок 5.28

Пірометри: стаціонарний (а), переносні “Смотрич-4ПМ, 5ПМ” (б) і “Термозонд” (“Стир-1”) (в)

Технічні характеристики переносних приладів наведено в табл. 5.4.

Ідентифікацію вимірюваної температури фіксують на табло в цифровій формі. Прилади запам'ятовують поточні і максимальні значення температур. Передбачена поправка на випромінювальну здатність об'єкта, визначення якої здійснюють за відомими значеннями температури. Вихідний сигнал приладів уніфікований (0...5 мА чи 4...20 мА; 0...10 В; 0...100 мВ).

Таблиця 5.4

Тип	Діапазон вимірювання, °С	Відстань до об'єкту виміру, м	Похибка, %	Час виміру, с	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
Смотрич-4ПМ	30...300	0,35...15,0	1,5	1,5	70x210x260	1,4
Смотрич-5ПМ	600...1700	1,0...15,0	1,0	1,0	70x210x260	1,4
Смотрич-М6П	-35...1100	1,0	$\pm (0,01 T_g + 1)^\circ\text{C}$	2,0	71x230x265	1,5
Термозонд	0...200	від 0,01	1,0	2,0	170x155x48	0,5
Стир-1	0...300	0,05	1,5	2,0	Ø50x205	1,5
Стир-2	1200...1750	-	$\pm (0,01 T_g + 2)^\circ\text{C}$	1,0	Ø32x1880	2,5

Відомим в Україні є зарубіжний пірометр AF360 (рис. 5.29) (виробник Тайвань, постачальник «Сімвольт» Україна).

Прилад являє собою інфрачервоний термометр з лазерним наведенням.



Рисунок 5.29

Технічна характеристика

<i>Діапазон вимірювання, °C</i>	- від – 50 до + 360
<i>Точність</i>	- $\pm 1,5$ °C або $\pm 1,5\%$
<i>Відношення відстані до об'єкта до ширини пучка</i>	- 12 : 1
<i>Замір із кроком, °C</i>	- 0,1
<i>Випромінювання</i>	- pre-set 0,95
<i>Час спрацьовування, мс</i>	- 500
<i>Фіксація сигналу</i>	- автоматичне утримування на екрані
<i>Вимкнення</i>	- автоматичне

Прилад оснащено індикатором низького заряду батареї живлення.

Дещо більш широкими можливостями володіє інфрачервоний портативний пірометр 880 E (рис. 5.30). Завдяки невеликим розмірам, високій точності, малій вазі і широкому діапазону вимірювання цей прилад користується широким попитом в різних країнах. Прилад легкий у використанні, має зручне лазерне наведення, що автоматично вмикається під час вимірювання.



Рисунок 5.30

Діапазон вимірюваних температур складає – 30 до + 550 °С. В приладі передбачено підсвічення, регульований коефіцієнт випромінювання і налагодження звукового сигналу. Інші показники такі ж самі, що і у приладу AF360. Постачальник приладів «Сімвольт» Україна.

ТЕПЛОВІЗОРИ

Тепловізори, як і пірометри, призначаються для безконтактного вимірювання температур. Проте на відміну від пірометрів, які фіксують точкове значення температур, тепловізори дозволяють фіксувати картину розподілення температури по обстежуваному об'єкті, тобто вимірювати температурне поле, що, в деяких випадках, вкрай важливо. В той же час на екрані приладу відображається в цифровій формі температура окремих точок обстежуваного об'єкта.

До кращих світових зразків тепловізорів відносять тепловізори Thermo View Ti 30, HOT SHOT, Vario CAM, Thermo Vision A40-M, які постачає Росія.

Ці прилади одночасно відображають термограму і температуру, мають яскраве і чітке зображення, програмне забезпечення для аналізу термограм і підготовки звітів.

Застосування тепловізорів забезпечує запобігання простоїв за рахунок усунення аварійних ситуацій, швидкого і якісного виявлення технічних і функціональних проблем при обслуговуванні обладнання. Дозволяє оцінювати якість виконуваних ремонтних і профілактичних робіт, виявляти джерела і оцінювати рівні енергетичних втрат. Прилади також є високоефективним засобом для проведення досліджень і передбачають можливість накопичення документальних архівів термограм і супутніх даних про проведені дослідження.

Технічні характеристики вищеназваних приладів детально висвітлено в роботі []. Тому зупинимось на описі лише тепловізора Thermo Vision A40-M (рис. 5.31), який має найбільші можливості щодо широкого спектру обстеження різноманітних об'єктів.



Рисунок 5.31

Діапазон вимірювання температур складає від -40 до 1500 °C. Вихідний сигнал: аналоговий RS170 EIA/NTSC чи МЭК/PAL; цифровий Fire Wire чи RTP з виходом Ethernet.

Прилад має великий набір об'єктивів і макроз'ємних насадок, що дозволяє крім звичайних виробничих обстежень глибокі експериментальні дослідження різноманітних об'єктів, які розпочинаються від елементарних вузлів тертя до самих складних промислових об'єктів.

Наводимо такий приклад. Обстеженню піддавалась маслонапірна установка з двома насосами. За допомогою вібродіагностичних засобів на основі спектру вібрацій було допущено, що джерелом підвищеного вібраційного стану установки є муфта, що розташована між двигуном і насосом. Проте встановити конкретну причину, чим викликано такий стан, за допомогою вібромоніторингу не вдалося. В той же час за допомогою тепловізора Thermo Vision A40-M встановлено, що підвищенні вібрації пов'язані з кутовим зміщенням цієї муфти.

4. ДЕФЕКТОСКОПІЯ

Своєчасне встановлення причин відмов і виявлення дефектів в деталях обладнання є важливою умовою правильного оцінювання стану обладнання, підґрунтям для попередження аварій та призначення відповідного методу підвищення надійності і задатком безаварійної роботи.

Деталі, що отримали аварійні дефекти, мають зазвичай явно виражені ознаки (тріщини, задирки, вибоїни і інше), за якими може бути вирішено питання, чи можна такі деталі допускати до подальшої роботи після деякого відновлення або їх необхідно остаточно вибракувати.

Найбільшу практичну складність являє встановлення вибіркових ознак для деталей, що піддаються природньому механічному зносу.

Для визначення дефектів застосовуються різноманітні методи. Найбільш поширеним є візуальний огляд, а також методи, побудовані на застосуванні гідравлічного і газового тисків, на молекулярних властивостях рідин і магнетного чи електричного полів матеріалів, на властивостях звукових хвиль.

Методи дефектування, що побудовані на гідравлічному і газовому тисках, застосовують при визначенні водонепроникливості швів і систем трубопрово-дів. Крім того, цими методами виявлення дефектів користуються для тих деталей, які працюють під тиском.

Методи, що основані на молекулярних властивостях рідин, головним чином застосовують для виявлення поверхневих дефектів деталей, виготовлених із немагнетних матеріалів (і не тільки).

Найпростішим і більш-менш доступним на сьогоднішній день є люмінесцентний метод, згідно з яким на знежирену поверхню деталей наноситься люмінофор, який проникає в їх тріщини, після чого люмінофор видаляють з поверхні (промивають і просушують). Потім деталь опромінюють ультрафіолетовими променями. Залишений в тріщинах люмінофор при опроміненні буде яскраво світитись.

Для опромінення розроблено ультрафіолетові освітлювачі. Зокрема застосовуються портативні ультрафіолетові освітлювачі УФ-101 і УФ-102 (ООО НПК «МИКРОН») (рис. 5.32). Вони призначені для люмінесцентного капілярного, магнетопорошкового контролю і течешування в умовах ускладненого доступу до контрольованої поверхні чи неможливості підводу електроживлення.



Рисунок 5.32

Технічна характеристика УФ:

<i>Довжина хвилі, нм</i>	- 365
<i>Інтегральна потужність, мкВт:</i>	
<i>прилад УФ-101</i>	- 17000
<i>прилад УФ-102</i>	- 39000

<i>Живлення, В</i>	- 4,5
<i>Габарити, мм</i>	- $\varnothing 45 \times 135$
<i>Маса, кг</i>	- 0,5

Поряд з цими портативними приладами НПК «МИКРОН» поставляє стаціонарні ультрафіолетові освітлювачі УФ-301. На відміну від аналогів прилад може використовуватись як в горизонтальному, так і в звичайному вертикальному положенні, а також в підвішеному стані над деталлю.

Це дає можливість розташувати освітлювач на столі проти деталі, установлювати його на полиці, кронштейні і т.п., тобто таким чином, щоб випромінювання було направлено від оператора.

Цим же підприємством поставляються багаторазові аерозольні балони, оснащеними насадами для опилення поверхні. Ці балони підходять як для нанесення компонентів наборів засобів капілярного контролю, так і для магнетопорошкових суспензій і фонових барвників при магнетопорошковому методі.

У вакуумних об'єктах (вакуумнодугові і електроннопроменеві печі, реактори та інше) місце дефектів визначають за допомогою гелію. В цих об'єктах до вакуумної системи приєднується течешукач, який миттєво реагує на наявність в камері гелію, подаючи звуковий і світловий сигнали. Пошуки місць натікання зовнішнього повітря в середину об'єкта (мікротріщини, ущільнення і т.ін.) відбувається наступним чином. Всередині об'єкта створюється необхідна глибина вакууму. Після цього вакуумний простір від'єднується від магістралі вакуумної станції за допомогою передбачених високогерметичних затворів. Гелій набирається в гумову камеру (наприклад, камеру футбольного м'яча) і оператор обдуває гелієм кожний підозрюваний елемент до того часу, поки течешукач не подасть сигналу. Це засвідчить про те, що саме в цьому місці порушена герметичність через утворення мікротріщин у вакуумній камері чи через ненадійного функціонування котрогось із вакуумних ущільнень.

Методи, побудовані на властивостях магнетного поля, застосовують для виявлення в сталевих і чавунних деталях тріщин, прихованих шпарин і шлакових плівок, які не можуть бути визначені візуально. Цей метод застосовується частіше при обстеженні валів, шатунів, штоків і т.п.

Дефектоскопія, створена на властивостях магнетного поля, поділяється на магнетно-порошкову і магнетно-індукційну. Магнетно-порошковий вид дефектоскопії – найбільш поширений і побудований на утворенні полів розсіювання порошкового металу над дефектами при намагнечуванні досліджуваної деталі. Частіше магнетні порошки застосовують у вигляді суспензій в таких рідинах, як гас, мінеральні масла, вода, спирт і т.п. Магнетний порошок концентрується в місцях, де переривається чи затруднюється проходження магнетного потоку всередині деталі, або створює рисунок чи пляму, які відображають контури дефекту.

Для намагнечування деталей застосовується декілька способів, основними з яких є: полюсний (намагнечування постійним магнетом чи електромагнетом зі сталевим сердечником); циркуляційний (через деталь пропускають струм, при якому магнетні силові лінії замикаються всередині самої деталі і вона не має явно виражених полюсів); комбінований (тут одночасно застосовується полюсний і циркуляційний методи).

В якості намагнечувачів використовуються як стаціонарні, так і портативні переносні прилади. Кращим серед останніх вважається портативний магнетний дефектоскоп МД-4П (МД-4К) (рис. 5.33).

Дефектоскоп виконано на постійних магнетах і призначається для виявлення поверхневих дефектів типу порушення суцільності металу магнетопорошковим методом на локальних ділянках деталей шляхом створення прикладеного постійного магнетного поля.

В якості намагнечувальних елементів використовують постійні магнети (без електроживлення), що дозволяє застосувати прилади навіть у вибухово – і пожежонебезпечних середовищах, на будівельних майданчиках, ділянках складання і зварювання, в польових умовах і т.д.



Рисунок 5.33

Основні технічні характеристики

<i>Середній розмір контрольованої дефектної поверхні, мм</i>	<i>- 120</i>
<i>Максимальна напруженість поля біля полюсів блоків, А/см</i>	<i>- не менше 1100</i>
<i>Зусилля відриву блоків намагнечування феромагнетної поверхні, Н</i>	<i>- 300...400</i>
<i>Маса дефектоскопа в комплекті, кг</i>	<i>- 7,0</i>

Методи дефектоскопії, побудовані на властивостях звукових хвиль, поділяють на звукові і ультразвукові. Можливістю виявлення дефектів за допомогою звуку почали користуватись давно. При звуковому методі обстукують молотком контрольовану деталь і по звуку, який вона подає, визначають наявність чи відсутність дефекту.

Більш досконалим методом виявлення дефектів, побудованого на властивостях звуку, є ультразвуковий. Розрізняють двох основних методів

виявлення дефектів за допомогою ультразвуку: тіньовий (рис. 5.34, а) і метод віддзеркалення (рис. 5.34, б).

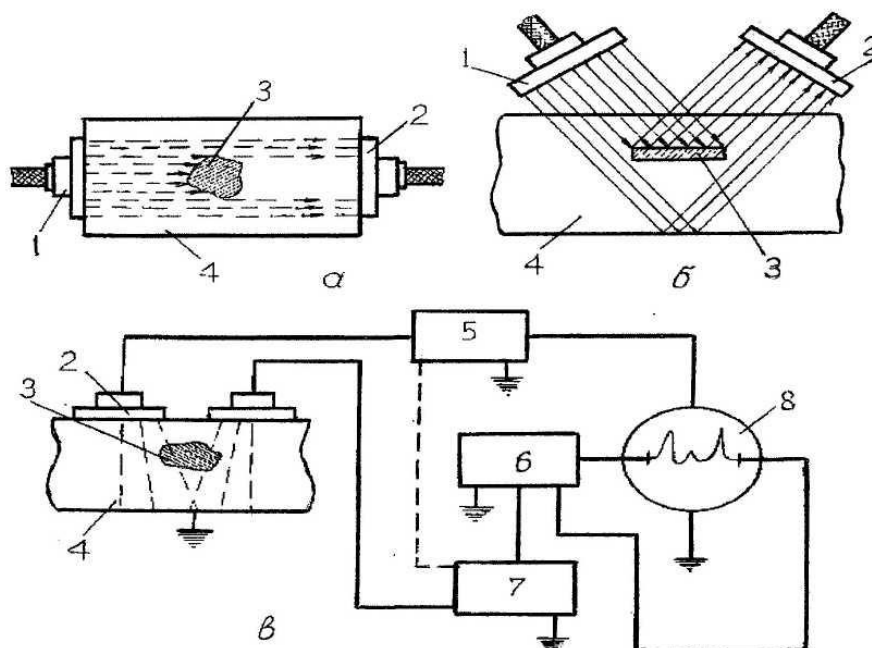


Рисунок 5.34

Суть тіньового методу полягає в поглинанні і розсіюванні частини ультразвукових хвиль від дефектів. Реалізуються ж ці методи за допомогою спеціальних приладів – ультразвукових дефектоскопів.

Найбільшого поширення набули імпульсні дефектоскопи (рис.5.34, в). Дефектоскоп складається із генератора електричних коливань високої частоти (генератора імпульсів) 7, випромінювача 1, приймача 2, електроннопроменевої трубки 8, підсилювача відбитих імпульсів 5 і генератора 6 розгортання променевої трубки.

Дефектоскоп працює наступним чином. На деталь установлюють випромінювач 1 і приймач 2. Генератор імпульсів 7 збуджує пластину випромінювача, внаслідок чого випромінювач надсилає в метал деталі короткі початкові імпульси коливань тривалістю 0,5 – 10 мкс, за якими слідує пауза тривалістю 1,5 мкс. Якщо деталь не має дефектів, то імпульси від випромінювача доходять до протилежної сторони деталі і, відбившись від неї, сприймаються приймачем. При наявності дефекту 3 приймач приймає спочатку імпульс, відбитий від дефекту, а потім імпульс – від протилежної

сторони деталі (донний сигнал). Початковий імпульс, імпульс, відбитий від дефекту, і донний сигнал реєструються у вигляді сплесків (рис.5.34, в) на екрані індикатора 8. Відстань між початковим і кінцевим сплесками в певному масштабі являє товщину обстежуваної деталі, а між початковим і проміжним вказує на місце розташування дефекту. Якщо в деталі є декілька дефектів, то на індикаторі буде видно декілька проміжних сплесків.

Для ультразвукової дефектоскопії розроблено велику кількість різноманітних приладів (наприклад, УД2-140, УД2-70, «ОкО-01», УДЗ-71 та інші). Проте, найбільшим попитом володіє портативний ультразвуковий дефектоскоп «А1212 Мастер», що являє собою модифіковану версію дефектоскопа широкого призначення для виявлення різноманітних дефектів в матеріалах і виробках (рис. 5.35).

Зокрема за допомогою приладу можна здійснювати контроль зварних швів, виміри товщини стінок виробів, пошуки місць корозії, тріщин, внутрішніх розшарувань, шпарин і інших дефектів, визначення координат різних порушень цілності і однорідності матеріалів (металів і неметалів).



Рисунок 5.35

Ультразвуковий дефектоскоп “А1212 МАСТЕР”

Прилад має велику бібліотеку налагоджень (100 конфігурацій), програмовану форму зондуючого імпульсу, частоту посилення імпульсів до 300 Гц,

традиційне А-розгортання з можливістю відбиття сигналів у недектированому вигляді, додаткові режими: «стоп-кадр»; «електронна часова лупа»; розгортання типу В.

Енергонезалежна пам'ять приладу розрахована на 1000 зображень на екрані. Зв'язок з ПК здійснюється по високочастотному USB-порту. Прилад сумісний з широким спектром перетворювачів (датчиків) різних виробників [12].

Основні технічні характеристики

Максимальна товщина матеріалів

(для сталі), мм - 300

Робочі частоти, МГц - 0,8...15

Діапазон перебудови швидкості, м/с - 1000...15000

Полоса частот прийомного тракту, МГц - 0,5...15

Тип дисплея - LCD (LED-підсвітка,
320×240 точок)

Діапазон робочих температур, °С - від – 20 до +50

Габаритні розміри, мм - 245×120×40

Маса електронного блоку, кг - 0,65

Під час експлуатації обладнання вкрай важливо мати точні відомості про стан його фундаментів, щоб своєчасно прийняти відповідні заходи. Для цього можна використати ультразвуковий дефектоскоп бетону А 1220 (рис. 5.36). Цей прилад є представником із числа небагатьох, які мають цільове призначення. Він призначається для пошуків сторонніх вміщень, порожнин і тріщин всередині виробів і конструкцій із залізобетону, каменю, пластмас і подібним їм матеріалів при односторонньому доступі до контрольованого об'єкта.

Дефектоскоп можна використовувати для виміру товщини виробів і для дослідження внутрішньої структури вищеперерахованих матеріалів і оцінювання їх міцності.



Рисунок 5.36

Дефектоскоп A1220

При діагностиці будівельних конструкцій і виробів із залізобетону дефектоскоп сумісно з ЕОМ і спеціальною програмою може працювати в режимі томографу (тобто, забезпечувати візуалізацію внутрішньої структури контрольованого об'єкта). Крім цього прилад дозволяє оцінювати міцнісні характеристики.

Прилад складається із електронного блоку з екраном і клавіатурою і 24-х елементного (6×4) матричного антенного пристрою.

Основні технічні характеристики

Мінімальний діаметр виявляемого дефекту у вигляді

повітряного циліндра, мм

- 12

Максимальна контрольована товщина бетону, мм

- 600

Робочі частоти, кГц

- 35; 55; 70;

100; 125; 170;

250

Діапазон робочих температур, °С	- від -20 до +45
Габаритні розміри електронного блоку, мм	- 234x98x33
Маса електронного блоку, кг	- 0,8
Габаритні розміри антенного пристрою, мм	- 145x90x75
Маса антенного пристрою, кг	- 0,76

До універсальних ультразвукових приладів, що одночасно призначені як для дефектів, так і товщин обстежуваних об'єктів, відносяться дефектоскопи «ОКО-01», УДЗ-71. А поряд з ними виготовляються прилади цільового призначення – товщиноміри.

Контроль вимірів товщини елементів обстежуваних об'єктів не тільки дозволяє оцінити їх поточний стан, але і спрогнозувати терміни їх безпечної експлуатації. І в окремих випадках саме товщиноміри можуть бути основними засобами технічного моніторингу об'єктів. Зокрема, тільки за допомогою товщиномірів можливо з великою точністю встановити дефекти в трубопроводах, реакторах, насосах, гідравлічній апаратурі, корпусних, транспортних і інших конструкціях.

Серед різноманітних типів товщиномірів найбільш зручним в експлуатації і в той же час високоточними приладами є ультразвукові товщиноміри. В

Україні найбільш відомим постачальником є науково-виробнича фірма «УЛЬТРАКОН», що постачає прилади в трьох комплектаціях: УТ-31 М; УТ-31; УТ-31 С. На рис. 5.37 представлено прилад УТ-31.



Рисунок 5.37

Ультразвуковий товщиномір УТ-31

Прилад передбачає легке налагодження і має просте меню. Запис в пам'ять здійснюється одним натиском кнопки. В прилад вмонтовано калібрувальний зразок. Об'єм вмонтованої пам'яті складає 4000 результатів вимірів (тільки для УТ-31 і УТ-31С). Передачу результатів в ПК здійснюється по каналу RS 232 С. В приладі передбачено сигналізацію розрядження елементів живлення батареї і самовідключення.

Технічні характеристики

<i>Діапазон контрольованих товщин (для сталей), мм</i>	<i>- 0,8...200</i>
<i>Швидкість поширення ультразвуку, м/с</i>	<i>- 1000...9999</i>
<i>Абсолютна похибка вимірів, мм</i>	<i>- 0,05+1%</i>
<i>Робочий діапазон температур, °С</i>	<i>- -5...+40</i>
<i>Габаритні розміри, мм</i>	<i>- 145×82×32</i>
<i>Маса прибоа, кг</i>	<i>- 0,47</i>

Українським постачальником товщиномірів також є фірма «Сімвольт», яка постачає товщиноміри типу ТМ-8812 (рис. 5.38). Вони використовуються для вимірювання товщини і виявлення корозії посудин високого тиску, хімічного обладнання, котлів, резервуарів для зберігання, сталі і заліза, пластику (густина пластику > 10 НА), а також в цілому для машинобудівної, судобудівної, електробудівної і інших галузей промисловості.



Рисунок 5.38

Товщиномір ТМ-8812 з перетворювачем

Технічні характеристики

<i>Діапазон вимірювання (для сталі), мм</i>	- 1,2...225
<i>Швидкість звуку, м/с</i>	- 500 – 9000
<i>Нижня межа розмірів сталевих труб, мм</i>	- 15×2; 20×3
<i>Роздільна здатність, мм</i>	- 0,1
<i>Точність, %</i>	- ±(0,5% + 0,1)
<i>Інтерфейс</i>	- RS 232 C

<i>Живлення</i>	- 4×1,5V AAA
<i>Індикатор батареї</i>	- низького заряду
<i>Робочий діапазон температур, °C</i>	- 0...+45

Серед зарубіжних типів товщиномірів в якості кращих зразків вважаються товщиноміри компанії Dakota Ultrasonics (MX-1, MX-2, MX-3, MX-5, MX-6, MVX, PVX).

У виключних випадках, коли у відповідальних об'єктів неможливо встановити дефекти перерахованими методами, застосовують радіаційні методи. Серед рентгенівських апаратів для обстеження технічних об'єктів широкого поширення набули імпульсні портативні апарати типу «Арина» Українського державного підприємства «Ізотоп» (м. Київ). Поряд з цими апаратами широкого застосування набули дефектоскопи «ERESKO 42 MF3», «РАТМИР-190», «Сирена-5».

5. СПЕЦЕФІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОСИСТЕМ

Крім вібраційного і теплового моніторингу, які є універсальними методами обстеження найрізноманітніших типів обладнання, при моніторингу гідравлічного обладнання і систем використовують специфічні засоби вимірів. До них можна віднести, перш за все, датчики для вимірювання тиску, реле тиску, манометри, гідроперетворювачі, витратоміри і інше.

ДАТЧИКИ, ПЕРЕТВОРЮВАЧІ І РЕЛЕ ТИСКУ

Поряд з цілою низкою зарубіжних фірм, датчики тиску виготовляються і в окремих країнах СНД (Росія, Білорусь, Україна).

Найбільш широкий типаж датчиків тиску виготовляє російське підприємство ЗАО «Орлекс» (серії Д, МД, LHP, Н 100, КРТ-5, КРТ-7, КРТ-С, КРТ-СТ, КРТ-У, КРТ-УТ, КРС). Всі ці датчики являють собою мембранні перетворювачі на базі тензометричних резисторів. Тобто, ці перетворювачі перетворюють тиск

рідини, що діє на мембрану з резисторами, в електричний сигнал, який може фіксуватись електричним приладом. Опір тензомоста датчиків в середньому складає 3,5 – 4,0 кОм, вихідний сигнал – 100 – 300 мВ, достатній для фіксування приладом середньої чутливості. Кожний із датчиків має штуцер з гвинтовою нарізкою, який вгвинчується в гідравлічну магістраль. Датчики мають наступні граничні значення вимірів тиску в МПа:

Датчики серії “Д”	- 0,6; 1; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100
Датчики серії “MD”	- 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 150
Датчики серії “LHP”	- 0,1; 0,16; 0,25; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 150.

Найбільші габарити мають датчики серії “LHP” - Ø25,4x45 мм. Маса їх складає не більше 40 г. Приєднуючий розмір штуцерів - M12x1,25.

Перетворювачі тиску серій КРТ-5, КРТ5-Ех, КРТ-7, КРТ, КРТ-СТ та інші застосовуються, головним чином, в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами і в той же час можуть слугувати засобами моніторингу. Особливо це стосується електронних перетворювачів КРТ-7, КРТ-С, КРТ-СТ, КРТ-У. Верхні границі вимірів тиску досягають 100 МПа, тобто діапазон вимірюваних тисків тут вкрай широкий, що дозволяє їх використовувати в найрізноманітніших гідравлічних системах.

Значно ширше розкрито характеристики датчиків і перетворювачів в роботі [12].

ВИТРАТОМІРИ

Із множини датчиків витрат рідин (витратомірів) для діагностування використовуються наступні типи:

- змінного перепаду тиску;
- обтікання (з поворотною лопаттю);
- тахометричні турбінні (з аксіальною і тангенціальною турбінами),

кулькові, камерні(поршневі, шестерневі і лопатеві гідромотори);

- теплові з електричним нагрівом (калометричні із зовнішнім нагрівом і

термоанометричні);

- ультразвукові (з рухом коливань рухомого середовища і доплеровські);

- вихрові.

Найбільшого поширення набули витратоміри ПРШ вмонтованого і переносного виконань з пропорційним вихідним сигналом, лічильники рідини ШЖУ-25-16 і ШЖУ-40С-60 вмонтованого виконання і візуальним спостереженням, витратоміри з лічильниками ВЖУ-100-0,6 і ВЖУ-100-1,6 вмонтованого виконання з візуальним спостереженням, ролико-лопатеві витратоміри РЛГ-100 і ОР-20 вмонтованого виконання і візуальним спостереженням. Технічні характеристики витратомірів подано в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Тип	Діапазон вимірів, л/хв	Похибка, %
ПРШ	до 16; до 63; до 160; до 320	1,0
ШЖУ-25-16	38...50	0,5
ШЖУ-40С-60	33...280	0,5
ВЖУ-100-6, ВЖУ-100-1,6	до 200	0,5
РЛГ-100	13...300	0,5
ОР-20	0,8...33	0,5
Х41-1	5...25;10...50;16...80;25...125;40...200	10

Нові конструкції ультразвукових і вихрових витратомірів мають вмонтоване виконання і оснащені ЖК-дисплеєм (поточний витрати+суматор). Виходи: струмовий 4-20 мА + імпульсний 0...100 Гц. Максимальний тиск вимірюваного середовища – до 10 МПа.

Зовнішній вид ультразвукового (а) і вихрового (б) витратомірів показано на рис. 5.39.



Рисунок 5.39

Витратомір ультразвуковий (а), вихровий (б)

ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУРИ

Відзнакою цих засобів є те, що вони розраховані на порівняно невеликий діапазон температур. Зокрема промисловістю виготовляються манометричні датчики типу ТКП (вмонтованого виконання з пропорційним вихідним електричним сигналом і візуальним спостереженням), термоелектричні цифрові датчики ТТЦ-1(переносного виконання з пропорційним вихідним електричним сигналом і візуальним спостереженням), датчики-реле температури ТАМ-103 (вмонтованого виконання з дискретним електричним сигналом), а також скляні (ТЛ-2, ЕЗК-ЗП) і дилатометричні датчики ТУДЕ-2М і інші. Технічні характеристики деяких типів датчиків наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Тип	Межі вимірювання, °С	Похибка, %
ТкП	-25...+35;-25...+75; 0...50; 0...100; 50...150	1 ; 1,5
ТТЦ	0...100;0...200; 0...600	+0,6
ТАМ-103	-50...+170;0...100;0...150;0...250;0...360	1; 1,5
ТЗк ЗП	0...50	1 °С
ТУДЭ-2М	25...125;100...200; 20...300; 100...250; 0...100	2,5
ТРЭ-104	-50...+600	+ 1

До цих засобів відносяться, насамперед, гідротестери. Гідротестер являє собою малогабаритний переносний прилад для оперативного вимірювання робочих параметрів гідропривода (тиску, температури, витрат, витікань, різниці тисків і температур, пульсації потоків, пікових тисків, частоти обертання) за допомогою стрілкових приладів, пристроїв цифрової індикації або роздрукування результатів вимірів. Зокрема для вимірів витрат, тиску і температури виготовляються гідротестери типів КСП, КРК і КДП.

Гідротестери КРК і КСП виконують з цифровою індикацією, а КДП - з можливістю роздрукування результатів вимірів (бувний «ВНИИ гидропривод», м. Харків).

До числа провідних підприємств Росії, що поставляють гідротестери, відноситься НПП «ГИДРОСЕРВИС». Підприємство реалізує гідротестери трьох типів: ГТ-01; ГТ-02; СД-06, технічні характеристики яких наведено в табл. 5.7. Сферою застосування цих приладів є обстеження технічного стану гідронасосів, гідромоторів, розподільовачів і гідроциліндрів будь-якого типу безпосередньо на машині.

Таблиця 5.7

Параметри	Тип гідротестера		
	ГТ-01	ГТ-02	СД-06
Тиск рідини, МПа	0...400	0...400	0...400
Напруга живлення, В	4,5	4,5	12
Витрати рідини, л/хв	5...500	2,5...250	5...200
Температура рідини, °С	0...100	0...100	0...100
Частота обертання вала, об/хв	0...2500	0...2500	100...5000
Маса комплекту, кг	10	5	40

Гідротестери мають однакові функціональні можливості, до яких можна віднести:

- визначення об'ємного ККД гідронасосу шляхом вимірів його продуктивності без навантаження і під навантаженням;
- визначення внутрішніх протікань в гідроциліндрах, гідромоторах і гідророзподільовачах шляхом безпосереднього виміру їх величин;

- визначення тиску налагодження запобіжних клапанів;
- плавне контрольоване перевіряння навантаження гідровузла і гідропередачі за допомогою навантажувальних пристроїв.

Гідротестери ГТ-01 і ГТ-02 відносяться до класу механічних і обладнані і стрілковими типами вимірювальних блоків і турбінними датчиками витрат, а гідротестери СД-06 – цифровим типом вимірювального блоку і об'ємним датчиком витрат. Місце підключення гідротестерів ГТ-01 і ГТ-02 на машині – після обстежуваного гідроапарата, а гідротестеру СД-06 – між гідронасосом і гідророзподілювачем.

Більш широкими можливостями володіють електронні (цифрові і осциллографічні) гідротестери, в склад яких входить більша кількість вимірювальних і інших блоків. Зовнішній вигляд цих гідротестерів представлено на рис. 5.40.

Ці гідротестери випускаються на базі індикаторів статичних і динамічних параметрів і комплектуються датчиками тиску, температури, витрат. Комплекти приладів і пристроїв, що входять до складу гідротестерів, постачаються в портативних носимих футлярах, що нагадують своєю формою і розмірами дипломати.



а

б

Рисунок 5. 40

Цифровий (а) і осцилографічний (б) електронні гідротестери

