



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**НАСТАНОВИ
ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ
АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ
ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

ДСТУ 4227–2003

Видання офіційне

БЗ № 7 – 2003/227

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2003

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО І ВНЕСЕНО Технічним комітетом зі стандартизації «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» (ТК 78)
- 2 ЗАТВЕРДЖЕНО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ наказом Держспоживстандарту України від 15 вересня 2003 р. № 155 з 2003–12–01
- 3 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 4 РОЗРОБНИКИ: **А. Недосєка**, д-р техн. наук, проф. (керівник розробки); **О. Андрейків**, чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф.; **І. Волошкевич**; **А. Грузд**, канд. техн. наук; **А. Лебедєв**, акад. НАНУ; **Л. Лобанов**, акад. НАНУ; **С. Недосєка**, канд. техн. наук; **М. Новіков**, акад. НАНУ; **М. Овсієнко**; **В. Скальський**, канд. техн. наук; **С. Стасюк**, канд. техн. наук; **В. Стрижало**, д-р техн. наук; **Л. Харченко**; **М. Чаусов**, д-р. техн. наук; **М. Яременко**

Право власності на цей документ належить державі.

Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати цей документ повністю чи частково на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу Держспоживстандарту України заборонено. Стосовно врегулювання прав власності звертатись до Держспоживстандарту України.

Держспоживстандарт України, 2003

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Загальні положення	4
5 Загальні вимоги до готування з АЕ діагностування	5
6 Проведення АЕ діагностування	10
7 Визначання та прогнозування технічного стану об'єкта та оформлювання результатів АЕ діагностування	13
8 Вимоги до організацій і персоналу, які проводять АЕ діагностування	14
9 Вимоги до техніки безпеки	14
Додаток А Схеми розміщення перетворювачів АЕ для визначання координат джерел АЕ	15
Додаток Б Форма протоколу (підсумкового) АЕ діагностування об'єкта	20
Додаток В Технічні умови на зразок для випробовування матеріалів методом АЕ	22
Додаток Г Бібліографія	23

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**НАСТАНОВИ
ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО
ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

**РУКОВОДСТВО
ПО ПРОВЕДЕННЮ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ**

**MANAGEMENT
ON APPLICATION ACOUSTIC EMISSION
DIAGNOSTIC OBJECTS OF THE RISED DANGER**

Чинний від 2003–12–01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт поширюється на промислові об'єкти: трубопроводи, трубопровідні системи та технологічне обладнання (котли, вмістища, резервуари тощо) нафтопереробних, нафтохімічних і хімічних виробництв, вантажопідіймальних засобів і споруд, трубопровідного транспорту та інших об'єктів підвищеної небезпеки (далі — об'єкти).

Стандарт встановлює основні вимоги щодо проведення акустико-емісійного (АЕ) діагностування зазначених об'єктів з метою визначення їх технічного стану та встановлення можливості і умов їх подальшої експлуатації. Ці вимоги слід враховувати у технологічних процесах, методиках АЕ діагностування кожного конкретного об'єкта, а також у відповідних нормативних документах (НД) з діагностування.

Стандарт призначений для персоналу, фахівців і посадових осіб, які займаються оцінюванням і прогнозуванням технічного стану об'єктів.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі стандарти:

ДСТУ 1.1–2001 Державна система стандартизації. Стандартизація та суміжні види діяльності. Терміни та визначення основних понять

ДСТУ 2374–94 Розрахунки на міцність та випробування технічних виробів. Акустична емісія. Терміни та визначення

ДСТУ 2389–94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення

ДСТУ 3412–96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації

ДСТУ 4046–2001 Обладнання технологічне нафтопереробних, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні вимоги

ДСТУ EN 45002–98 Загальні вимоги до атестації випробувальних лабораторій

Видання офіційне

ГОСТ 2789–73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
ГОСТ 23479–79 Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования.
ГОСТ 30489–97 (EN 473:1992) Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие требования
ПМГ 15–96 Требования к компетентности лабораторий неразрушающего контроля и технической диагностики
ДНАОП 0.00-1.07–94 Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. —18.10.94, Наказ № 104, Держнаглядохоронпраці України.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використано такі терміни та визначення:

3.1 випробовування

Дія, що полягає у визначанні однієї чи більше характеристик за встановленою методикою (ДСТУ 1.1)

3.2 методика випробовування

Установлена технічна процедура проведення випробовування (ДСТУ 1.1)

3.3 протокол випробовування

Документ, що містить результати випробовування та іншу інформацію стосовно них (ДСТУ 1.1)

3.4 об'єкт [технічного діагностування] [контролювання технічного стану]

Виріб та (або) його складові частини, які підлягають [діагностуванню] [контролюванню] (ДСТУ 2389)

3.5 технічний стан об'єкта

Стан, який характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, що їх установлено в технічній документації на об'єкт (ДСТУ 2389)

3.7 технічне діагностування

Визначання технічного стану об'єкта з означеною (заданою) точністю (ДСТУ 2389)

3.8 акустична емісія (АЕ)

Випромінювання об'єктом випробовування акустичних (пружних) хвиль (ДСТУ 2374)

3.9 акустична емісія матеріалу

Акустична емісія, викликана динамічним локальним зміненням структури матеріалу (ДСТУ 2374)

3.10 джерело акустичної емісії

Локальний об'єм об'єкта, в якому відбувається перетворення будь-якого виду енергії у механічну енергію акустичної емісії (ДСТУ 2374)

3.11 акустико-емісійний метод

Метод контролювання та діагностування, що ґрунтується на аналізі параметрів пружних хвиль акустичної емісії (ДСТУ 2374)

3.12 подія акустико-емісійна

Одинична дія (спрацювання) джерела акустичної емісії (ДСТУ 2374)

3.13 сигнал акустичної емісії

Змінна стохастична фізична величина, що несе інформацію про акустичну емісію (ДСТУ 2374)

3.14 імпульс акустичної емісії

Сигнал акустичної емісії, який має характер різкого короткочасного змінення свого значення (ДСТУ 2374)

3.15 акустико-емісійна апаратура

Обладнання, що забезпечує приймання, обробляння та реєстрування сигналів акустичної емісії (ДСТУ 2374)

3.16 акустико-емісійна система

Акустико-емісійна апаратура, що поєднана із засобами статистичного, математичного оброблення та аналізування параметрів акустичної емісії з використанням обчислювальної техніки (ДСТУ 2374)

3.17 перетворювач акустичної емісії

Пристрій, в якому механічний сигнал акустичної емісії перетворюється в електричний (ДСТУ 2374)

3.18 імітатор акустичної емісії

Пристрій для штучного збудження в об'єкті акустичних хвиль, що моделюють акустичну емісію (ДСТУ 2374)

3.19 акустико-емісійна антена

Група розміщених на об'єкті перетворювачів акустичної емісії, сигнали від яких обробляють спільно (ДСТУ 2374)

3.20 різниця часу приходу (реєстрування)

Відносний часовий інтервал реєстрування сигналу акустичної емісії між встановленою парою перетворювачів акустичної емісії, що належать до даної акустико-емісійної антени (ДСТУ 2374)

3.21 локалізація джерела акустичної емісії

Визначання місцезнаходження джерела акустичної емісії за сукупністю зареєстрованих сигналів акустичної емісії (ДСТУ 2374)

3.22 акустико-емісійна перешкода

Акустична емісія, викликана джерелами, виявлення яких не є метою випробовування (ДСТУ 2374)

3.23 фоновий шум об'єкта

Акустичний сигнал, що з'являється в об'єкті з навколишнього середовища (ДСТУ 2374)

3.24 число імпульсів акустичної емісії, N_{Σ}

Число зареєстрованих імпульсів дискретної акустичної емісії за інтервал часу спостереження або узагальненого параметра навантажування (ДСТУ 2374)

3.25 підсумковий рахунок акустичної емісії, N

Число зареєстрованих перевищень імпульсами акустичної емісії встановленого рівня дискримінації (обмеження) за інтервал часу спостереження або узагальненого параметра навантажування (ДСТУ 2374)

3.26 активність акустичної емісії, Σ

Число зареєстрованих імпульсів акустичної емісії за одиницю часу або узагальненого параметра навантажування (ДСТУ 2374)

3.27 швидкість рахування акустичної емісії, \dot{N}

Відношення підсумкового рахунку акустичної емісії до інтервалу часу спостереження або узагальненого параметра навантажування (ДСТУ 2374)

3.28 активне джерело акустичної емісії

Джерело АЕ, число подій якого збільшується за постійного робочого тиску чи за сталого навантаження

3.29 критично активне джерело акустичної емісії

Активне джерело АЕ, швидкість зміни числа подій якого за постійного робочого тиску чи за сталого навантаження з часом безперервно збільшується

3.30 критерії класифікації джерел акустичної емісії

Умови, згідно з якими джерело акустичної емісії відносять до того чи іншого класу (виду, типу, групи)

3.31 база

Найкоротша відстань між перетворювачами акустичної емісії однієї антени

3.32 локація

Приймання та попереднє оброблення певним способом сигналів акустичної емісії перетворювачами з метою їх подальшої локалізації

3.33 спосіб зонної локації; зонна локація

Спосіб локації, коли сигнали, що надходять з об'єкта, групуються навколо ближніх до них перетворювачів

3.34 кластер

Сукупність сигналів акустичної емісії, отриманих з певної області об'єкта, або згрупованих за результатами попереднього оброблення за ознакою однакових параметрів (час, амплітуда, енергія, частота хвиль тощо)

3.35 кластеризація

Віднесення кожного окремого сигналу акустичної емісії до певного кластера

3.36 спосіб кластерної локації; кластерна локація

Спосіб локації, коли визначають координати кожного окремого сигналу АЕ, що надійшов на вхід АЕ апаратури, з подальшою його кластеризацією

3.37 дефекти

Локальні порушення структури конструкційного матеріалу або матеріалу зварного з'єднання, які призводять до відхилень їх властивостей від нормативних.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Акустико-емісійний метод діагностування використовують для визначання, оцінювання і прогнозування технічного стану об'єктів як:

— окремий альтернативний метод, який може забезпечити стовідсотковий контроль об'єкта в цілому і всіх його складових елементів і частин;

— додатковий до наявних методів неруйнівного контролю (НК) метод, який забезпечує виявлення і контроль дефектів, що розвиваються під час експлуатаційних або випробувальних навантажень і є особливо небезпечні.

4.2 Цей метод може бути застосований до чергового або постійного контролю технічного стану об'єктів, а також до визначання залишкового ресурсу об'єктів та прогнозування їх технічного стану.

4.3 Випадки вибирання і призначення АЕ методів діагностування такі:

— за необхідності 100%-го контролю всього об'єму конструкційного матеріалу;

— під час гідро- або пневмовипробування;

— під час випробування технологічним продуктом;

— під час випробування великогабаритних та великотоннажних об'єктів;

— у випадках наявності футерівки;

— у випадках, якщо контроль методами неруйнівного контролю неможливий;

— в інших випадках, якщо АЕ метод регламентований чинними НД;

— за вимогою органів нагляду.

4.4 АЕ діагностування дає змогу:

— визначати місця розташування дефектів різного походження, що розвиваються;

— визначати і оцінювати за параметрами сигналів АЕ технічний стан об'єкта на час діагностування (під дією випробувальних навантажень або в робочому режимі без від'єднання навантажень технологічним продуктом, або під час будь-яких інших навантажень у технологічному циклі виробництва або поза ним);

— оцінювати і прогнозувати ступінь небезпеки дефектів, визначених АЕ методом діагностування. Виконують у разі потреби, коли стан об'єкта невизначений за результатами застосування методів НК або інших методів діагностування.

4.5 Обов'язковість, методи, об'єм та періодичність АЕ діагностування, разом з АЕ діагностичним відстежуванням, встановлюють відповідно до чинної документації на об'єкт, іншими НД загального характеру щодо діагностування, затверджених у встановленому порядку.

4.6 До дефектів, що їх визначають АЕ методом, відносять:

- дефекти матеріалу об'єкта, зумовлені недосконалістю структури матеріалу, яку визначають як фізичною природою полікристалічних тіл, так і рівнем технології виготовлення матеріалу;
- дефекти зварних швів, що виникають в результаті перехідних процесів у зоні термічного впливу та внаслідок порушення технології зварювання;
- корозійне розтріскування (викликане перебігом часу та впливом зовнішнього середовища на фізико-хімічні процеси у матеріалі виробу, що призводять до його руйнування);
- дефекти виготовлення (задирки, подряпини, розшарування, тріщини тощо, які з'являються у процесі виготовлення виробу та призводять до концентрації напружень);
- будівельно-монтажні дефекти (задирки, подряпини, вм'ятини тощо);
- дефекти іншого походження, що можуть погіршити безпечність експлуатації об'єктів.

4.7 На підставі АЕ діагностування приймають рішення про усунення дефекту (або протікання) та призначають ремонтно-відновлювальні роботи.

4.8 Після виконання ремонтних робіт відремонтовані ділянки знову діагностують АЕ методом під час випробувального або експлуатаційного навантаження з метою встановлення якості проведених ремонтних операцій.

4.9 Передбачають два способи локації АЕ сигналів (див. 7.1, 7.2 та додаток А):

- спосіб зонної локації; у цьому разі розмір зони контролю на об'єкті встановлює оператор;
- спосіб кластерної локації; у цьому разі розміри кластерів визначає оператор під час налаштування АЕ апаратури.

4.10 Виявлення місць протікання і зон підвищеної небезпеки за наявності дефектів, що розвиваються, можна проводити:

- у режимі експлуатації, коли визначають стан матеріалу об'єкта за дієвим під час випробування тиском та його технологічними відхиленнями;
- у процесі випробування механічним, гідро- або пневматичним навантаженнями для визначення ресурсу матеріалу об'єкта за робочим навантаженням або у режимі додаткового навантаження випробувальним тиском. Можна використовувати режим стаціонарного навантаження із зупинками та частковим зниженням навантаження (тиску чи прикладених зусиль), а також режим циклічного навантаження.

4.11 Як навантажувальне середовище можна використовувати воду, масло та інші рідини (гідровипробування), а також газоподібні технологічні робочі або спеціальні випробувальні середовища (пневмовипробування), передбачені технічною документацією на об'єкт.

4.12 У випадку проведення гідровипробування подання навантажувальної рідини треба проводити через патрубок, розташований у нижній частині об'єкта, нижче рівня рідини, що його заповнює.

4.13 Пневматичне навантаження об'єкта проводять стисненим повітрям або інертним газом. Величину пробного тиску приймають не більше граничного випробувального. Час витримування під пробним тиском установлює розробник методики АЕ діагностування, але він повинен становити не більше ніж 5 хв. Потім тиск зменшують до розрахункового і проводять огляд об'єкта з перевірянням герметичності його швів і рознімних з'єднань мильним розчином або іншим способом, якщо інтерпретація результату не визначена (наприклад, падає тиск за відсутності АЕ сигналів).

5 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ГОТУВАННЯ З АЕ ДІАГНОСТУВАННЯ

5.1 Заходам з готування АЕ діагностування повинні передувати роботи з попереднього ознайомлення з об'єктом з метою вивчення технічної можливості застосування АЕ методу. На цій стадії вирішується питання щодо періодичності АЕ діагностування, а саме, передбачено:

- разове або періодичне діагностування з використанням переносних та (або) мобільних апаратури і систем;
- постійне діагностування з використанням стаціонарних установок і систем, разом з відстежувальними та експертними діагностичними системами.

5.2 Після прийняття рішення про проведення АЕ діагностування власник об'єкта і (або) замовник повинен надати виконавцю робіт з діагностування усю технічну та експлуатаційну документацію на об'єкт, що містить відомості щодо: конструкційних особливостей об'єкта, умов експлуатації, попередніх випробовувань, ремонту, а також інші відомості щодо визначання та прогнозування його технічного стану.

Власник зобов'язаний підготувати об'єкт до діагностування та забезпечити безпечне проведення подальших робіт з його АЕ діагностування відповідно до програми АЕ діагностування.

5.3 Виконавець складає і узгоджує з власником об'єкта програму АЕ діагностування (далі — програма), що являє собою перелік робіт з АЕ діагностування об'єкта, які завершуються звітом або підсумковим протоколом, а також висновками за результатами АЕ діагностування відповідно до додатка Б.

5.4 Програма АЕ діагностування повинна передбачати три основні розділи робіт:

- 1-й — ознайомлення і аналізування технічної та експлуатаційної документації на об'єкт; призначення періодичності АЕ діагностування; розроблення або вибір із наявних технологічного процесу або методики (далі — технологія) АЕ діагностування; готування до АЕ діагностування;
- 2-й — проведення АЕ діагностування;
- 3-й — визначання та прогнозування технічного стану об'єкта та оформлення результатів АЕ діагностування.

5.5 Виконавець:

- розробляє або використовує із наявних технологію АЕ діагностування об'єкта, що враховує дані, наведені у додатках А, Б, В і Г, а також враховує рішення відповідно до 5.1 та інформацію з 5.2 цього стандарту.

5.6 Технологія АЕ діагностування, крім урахування попередніх рішень відповідно до 5.1 і 5.2 цього стандарту, повинна містити:

- тип АЕ апаратури, що її призначено для даного об'єкта і умов його діагностування, та її характеристики;
- розгорнуту схему або карту розташування первинних перетворювачів АЕ (далі — ПАЕ) або хвилеводів на об'єкті та спосіб їх фіксування, який повинен бути однаковим для всіх;
- опис способу настроювання АЕ апаратури;
- зазначення вихідних даних, необхідних для роботи АЕ апаратури;
- опис даних, які будуть отримані, та спосіб їх інтерпретації;
- опис можливих обмежень АЕ діагностування в заданих умовах.

У цій частині розроблення технології можливі посилання на інструкцію з експлуатації АЕ апаратури, що призначена для даного випадку діагностування, якщо вона містить перелічені відомості.

5.7 Замовник, за необхідності, повинен:

- забезпечити виконавця підймальними механізмами;
- встановити рихтовання;
- виготовити та встановити заглушки на об'єкті;
- виділити персонал для допоміжних робіт, разом з вирізанням вікон в ізоляційному покритті об'єкта, зачищення його поверхні в місцях установлювання ПАЕ;
- забезпечити відведення всіх ремонтних робітників на період АЕ діагностування від об'єкта, що його діагностують, припинити роботи на розташованих поруч інших об'єктах тощо;
- забезпечити двосторонній зв'язок між персоналом, що виконує діагностування, та експлуатаційним персоналом, що здійснює навантажування;
- забезпечити зміни навантаження об'єкта відповідно до графіка навантажування, розробленого виконавцем.

Окрім перерахованих вище, підприємство-замовник здійснює інші заходи, необхідні, щоб унеможливити проведення робіт відповідно до розділу 9 цього стандарту.

Безпосередньо перед проведенням АЕ діагностування, у разі потреби, за рішенням технічного персоналу виконавця, потрібно виконати такі попередні операції:

- вивільнити об'єкт від робочої речовини та її залишків;
- робочі поверхні об'єкта за мірою можливості очистити (обдути, змити) від сажі, бруду, іржі;
- у місцях встановлення ПАЕ поверхню об'єкта АЕ діагностування зачистити від ізоляції, фарби, бруду, окалини, а потім механічним оброблянням довести її до металевого блиску. Шорсткість поверхні зачищеного під АЕ діагностування металу повинна бути не більша ніж R_z40 згідно з ГОСТ 2789. На зачищеній поверхні не дозволено глибокі риски, заглиблення, здуття.

5.8 АЕ апаратура, що її призначено для діагностування, повинна забезпечити реєстрацію таких параметрів:

кількість імпульсів АЕ	N_{Σ} ;
підсумковий рахунок АЕ	N ;
максимальна амплітуда АЕ сигналу в АЕ події	A , мВ;
час наростання амплітуди сигналу в АЕ події до максимального значення	R , с;
рівень неперервних АЕ сигналів	Ah , мВ;
місце розташування джерела АЕ сигналу в координатах	(x, y) ;
швидкість рахування АЕ	$N, 1/c$;

робочі параметри об'єкта: зусилля навантаження або тиск P , температуру T , напруження в матеріалі виробу σ , механічні характеристики матеріалу на момент проведення діагностування, залежно від вимог технології АЕ діагностування.

5.9 До АЕ апаратури та систем, які використовують для проведення АЕ діагностування, належать:

- ПАЕ з пристроями фіксування на об'єкті та матеріалами, необхідними для забезпечення якісного акустико-емісійного контакту і зв'язку з об'єктом діагностування;
- перетворювачі-імітатори сигналів АЕ;
- електронні блоки, призначені для підсилювання та обробляння сигналів АЕ;
- обчислювальні засоби для обробляння та представлення результатів діагностування, в тому числі програмне забезпечення;
- засоби, які забезпечують навантаження об'єкта, під час його діагностування.

В якості імітатора сигналів АЕ можна використовувати п'єзоелектричний перетворювач, що збуджується електричними імпульсами від генератора. Частотний діапазон імітованого імпульсу повинен відповідати частотному діапазону системи АЕ діагностування. Генератор, що збуджує перетворювач-імітатор, повинен відповідати таким вимогам:

- частота проходження імпульсів: від 1 до 1000 Гц;
- амплітуда імпульсів, що генеруються, повинна змінюватися на виході ПАЕ з урахуванням згасання в діапазоні від 10 до 30 мВ;
- тривалість збуджувального електричного імпульсу повинна бути від 1 до 10 мкс.

Для імітування сигналів АЕ дозволено використовувати ефект зламу графітового стрижня олівця діаметром від 0,3 до 0,5 мм твердістю 2H (2T). Під час імітування стрижень висувають на 2,5 мм, кут нахилу його до поверхні об'єкта повинен бути приблизно рівним 30° .

Для проведення АЕ діагностування можна використовувати АЕ апаратуру і багатоканальні АЕ системи, які забезпечують:

- обробляння та реєстрування параметрів функціонування об'єкта та неперервного і дискретного АЕ сигналу з його поверхні;
- необхідну чутливість до АЕ сигналів.

АЕ апаратура та системи повинні бути в установленому порядку атестовані.

Якщо діагностують великогабаритні об'єкти, для реєстрування АЕ сигналів необхідно застосовувати багатоканальні АЕ діагностичні системи, що дають змогу визначити координати джерел сигналів АЕ і їх характеристики з одночасним реєструванням параметрів навантаження (тиску, температури тощо).

Багатоканальна АЕ система повинна містити:

- комплект ПАЕ, комплект перетворювачів низькопараметричних сигналів (величини навантаження, тиску, температури тощо) та сигнальні кабелі;
- блоки підсилювачів, попереднього оброблення і перетворювання сигналів АЕ;
- персональну електронно-обчислювальну машину (ПЕОМ) із необхідним програмним забезпеченням;
- засоби візуального відображення інформації;
- засоби для калібрування АЕ системи.

Багатоканальна АЕ система може бути як стаціонарною, так і мобільною (пересувною).

Для АЕ діагностування об'єктів простої конфігурації або у випадках, коли не потрібне визначення координат дефектів, допускають застосування простішої АЕ апаратури, тобто одноканального приладу (приладів) або багатоканальної системи в режимі зонного контролю.

Кожна АЕ система повинна забезпечувати як оперативне оброблення і відображення інформації в режимі реального часу, так і оброблення, відображення та виведення інформації на периферійні пристрої для документування накопичених протягом діагностування даних після закінчення діагностування.

У разі застосування АЕ системи відбирають інформацію, необхідну для приймання рішення щодо стану конструкційного матеріалу, її оброблення та визначають місця розташування джерел АЕ на діагностованому об'єкті. До такої інформації належать:

- номери антен ПАЕ, що зареєстрували імпульс АЕ та координати кожного зареєстрованого імпульсу (окрім режиму зонного контролю);
- амплітуда імпульсу АЕ (амплітудний розподіл АЕ процесу);
- енергія імпульсів АЕ (площа під обвідною АЕ сигналу або інший енергетичний параметр);
- кількість викидів (перевищень сигналом рівня дискримінації);
- часові характеристики сигналу;
- параметри навантаження, за яких зареєстровано АЕ (тиск, деформація, температура тощо);
- час реєстрування імпульсу;
- значення різниць часів приходу сигналів або розрахункові координати джерел (окрім режиму зонного контролю).

5.10 Безпосередній зв'язок об'єкта діагностування з АЕ апаратурою здійснюють за допомогою ПАЕ, що встановлюють на об'єкті.

Фіксування ПАЕ на об'єкті діагностування повинно забезпечувати наявність доброго акустичного контакту та відсутність їх самовільного переміщення по поверхні об'єкта.

За необхідності для оцінювання якості фіксування ПАЕ на об'єкті АЕ діагностування можна використовувати перетворювачі-імітатори АЕ.

Кожний ПАЕ має бути встановлений на поверхні об'єкта безпосередньо або через відповідний хвилевід. Треба враховувати, що за наявності фарби та захисних покриттів, а також критичної кривизни поверхні об'єкта, її нерівностей в зоні контакту можливе зменшення амплітуди сигналу АЕ і спотворення його форми. Для запобігання цьому поверхня об'єкта у місці встановлення ПАЕ в обов'язковому порядку повинна бути оброблена відповідно до 5.7.

Необхідно передбачити також закріплення сигнального кабелю, щоб не створювати додаткового механічного навантаження на ПАЕ та унеможливити порушення АЕ контакту.

Розміщення ПАЕ та кількість АЕ антен визначають конфігурацією об'єкта і максимальним рознесенням ПАЕ, що пов'язано із згасанням АЕ сигналу і точністю визначення координат джерел АЕ. Враховують критичні місця об'єкта, зварні шви, зони високих напружень, патрубки, зони, що підлягали ремонтуванню, тощо. Необхідно брати до уваги додаткове згасання у зварних з'єднаннях і на ділянках, де є зміна товщини стінки об'єкта.

Розміщення ПАЕ вказують на картах АЕ діагностування. Залежно від конфігурації об'єкта його поділяють на окремі елементарні ділянки: лінійні, плоскі, циліндричні, сферичні. Для кожної ділянки вибирають відповідну схему розташування ПАЕ. Окрім основних груп ПАЕ, які призначені для визначення координат джерел АЕ, на об'єкті можуть розміщуватись допоміжні (блокувальні) групи ПАЕ для просторової селекції зони виявлених джерел шуму (завад).

Щоб вибрати оптимальну відстань між ПАЕ використовують спочатку частину об'єкта без патрубків, переходів тощо. Встановлюють ПАЕ відповідно до обраної схеми і переміщують імітатор АЕ по лінії, що з'єднує ПАЕ, у різні сторони від них на відстань до 3 м (наприклад, через кожні 0,5 м). Відстань між ПАЕ в разі зонної локації задають таким чином, щоб акустичний сигнал від зламу олівця (або від іншого імітатора АЕ) реєструвався в будь-якому місці зони, яку контролюють.

Визначання швидкості пружних хвиль АЕ, яку використовують для розрахування координат джерел АЕ, проводять у такий спосіб. Імітатор АЕ розташовують поза антенами ПАЕ на лінії, що їх з'єднує, на відстані від 0,1 до 0,2 м від одного з ПАЕ. Проводячи багаторазове вимірювання (не менше 10 для різних пар перетворювачів), визначають середня тривалість розповсюдження АЕ сигналу. За ним і відомою відстанню між ПАЕ розраховують швидкість поширення пружних хвиль АЕ.

Координати джерел АЕ треба визначати із заданою точністю, використовуючи багатоканальні системи локації.

Точність багатоканальної локації повинна бути не менша від величини, що дорівнює двом товщинам стінки об'єкта або 5 % відстані між ПАЕ, залежно від того, яка з цих двох величин більша. Визначання координат джерел сигналів АЕ проводять в режимі плоскої (планарної) локації, тобто не визначають глибину залягання джерела, хоча таку можливість і забезпечує метод АЕ.

Похибки обчислювання координат визначають похибками вимірювання часу надходження сигналу на ПАЕ. Джерелами похибок є:

- похибка вимірювання часових інтервалів;
- відмінність реальних шляхів проходження пружних хвиль від теоретично прийнятих;
- наявність анізотропії швидкості поширення пружних хвиль;
- зміна форми хвиль внаслідок проходження в матеріалі об'єкта;
- накладання за часом хвиль, а також дія декількох джерел одночасно;
- реєстрування ПАЕ пружних хвиль різних типів;
- похибка вимірювання (або закладання у розрахунок) швидкості пружних хвиль;
- похибка завдання координат встановлення ПАЕ.

Величину контрольованої площі в разі зонної локації визначають межею поверхні об'єкта навколо ПАЕ, для якої згасання сигналу АЕ, що проходить від цієї межі до ПАЕ, не перевищує величини, встановленої в інструкції користувача АЕ системи.

Основним фактором, що обмежує ефективність АЕ діагностування, є завади. Завади поділяють:

- за походженням — на механічні та електромагнітні;
- за типом АЕ сигналу — на імпульсні (дискретні) та неперервні;
- за місцем розташування джерела завад — на зовнішні та внутрішні.

Основними джерелами завад під час АЕ діагностування об'єктів є:

- розбризкування рідини в умістищі під час її заповнювання;
- гідродинамічні турбулентні явища за високої швидкості навантаження;
- робота pomp, двигунів та інших механічних пристроїв;
- дія електромагнітних завад;
- вплив навколишнього середовища (дощу, вітру тощо).

Всі наявні протікання в контрольованому об'єкті та в системі навантаження повинні бути усунуті до проведення випробування, а всі завади — ідентифіковані, мінімізовані, їх параметри — встановлені (зареєстровані). Після проведення настроювання апаратури і до початку діагностування протягом 15 хв перевіряють фонові завади, які повинні бути нижче встановленого граничного (порогового) рівня — рівня дискримінації. Якщо є перевищення цього рівня, то джерело таких завад повинно бути усунуто.

5.11 До проведення АЕ діагностування також необхідно:

— ознайомитись з технічним станом об'єкта та попередньо оцінити його відповідно до технічної та експлуатаційної документації на об'єкт;

— здійснити візуально-оптичний контроль об'єкта з метою можливого виявлення та відремонтування наявних дефектів та руйнувань конструкційного матеріалу та об'єкта в цілому згідно з ГОСТ 23479, ДСТУ 4046.

6 ПРОВЕДЕННЯ АЕ ДІАГНОСТУВАННЯ

6.1 АЕ діагностування стану об'єкта без змінювання тиску

6.1.1 Об'єкт діагностують в робочому режимі.

6.1.2 Цей вид АЕ діагностування застосовують для:

— виявлення місць підвищеного зносу матеріалу об'єкта діагностування, характерного для локального прояву АЕ сигналів;

— виявлення дефектів, що розвиваються, та встановлення їх координат;

— знаходження місць протікання залежно від величини і параметрів неперервних АЕ сигналів;

— виявлення осередків інтенсивного корозійного, водневого та сірководневого розтріскування;

— виявлення зон підвищеної небезпеки за наявності дефектів, що розвиваються, в режимі експлуатації, коли визначають стан об'єкта за дієвим в момент діагностування тиском.

6.1.3 ПАЕ встановлюють або безпосередньо на поверхні об'єкта, або з використанням хвилеводів. Рекомендовано використовувати ПАЕ з круговою діаграмою напрямленості в площині (ненапрямлені ПАЕ). Для контролю лінійних об'єктів (трубопроводів) дозволено використовувати ПАЕ з вузькою (некруговою) напрямленістю в площині (напрямлені ПАЕ). Для товстостінних об'єктів (за умови $\lambda \ll \delta \approx L/10$, де δ — товщина стінки, λ — довжина АЕ хвилі на робочій частоті, L — відстань між ПАЕ) допускається застосування перетворювачів поверхневих АЕ хвиль. У цьому випадку в алгоритмах оброблення сигналів АЕ треба обов'язково враховувати швидкість їх поширення. Розміщення ПАЕ відповідно до додатка А.

6.1.4 Для закріплення ПАЕ на поверхні об'єкта використовують акустичні контактні середовища, механічні, вакуумні, магнітні, інші притискальні пристрої. Акустичне контактне середовище повинне забезпечувати максимальне проходження акустичних сигналів між об'єктом діагностування та ПАЕ протягом всього часу діагностування і не повинно впливати на діагностований об'єкт (не пошкоджувати поверхні, не створювати власні АЕ сигнали тощо).

6.1.5 Після встановлення ПАЕ на об'єкті необхідно під'єднати АЕ апаратуру згідно з інструкцією з її експлуатації. Треба переконатися у готовності ПАЕ та АЕ апаратури до АЕ діагностування, для чого необхідно перевірити працездатність її АЕ каналів, провівши пробне реєстрування акустичного сигналу, збудженого імітатором АЕ.

Для багатоканальних систем імітатор АЕ встановлюють біля кожного ПАЕ по черзі. Якщо за результатами перевіряння виявиться значне відхилення чутливості каналів (більше 3 дБ або 10 % від середнього), треба змінити умови закріплення ПАЕ, які випадають з ряду, або замінити їх. Для одноканальної системи чутливість треба перевіряти до і після діагностування.

У випадку тривалого діагностування допускають короткочасно використовувати імітатор АЕ і в процесі діагностування із зазначенням в протоколі АЕ діагностування моментів (періодів) його використання.

6.1.6 Діагностування об'єкта необхідно здійснювати в такій послідовності:

— зафіксувати робочий тиск в об'єкті діагностування;

— увімкнути апаратуру АЕ діагностування в режим фіксування амплітуди неперервного АЕ сигналу (шуму) і визначити її величину в усіх АЕ каналах;

— встановити режими відбирання, оброблення і реєстрування параметрів АЕ та способу локації сигналів відповідно до інструкції з експлуатації АЕ апаратури;

— запустити апаратуру АЕ діагностування;

— після закінчення робіт зняти ПАЕ з об'єкта та ізолювати місця їх встановлення антикорозійним покриттям.

6.2 Діагностування стану об'єкта зі зміною тиску

6.2.1 Об'єкт діагностують у випробувальному режимі або, за необхідності, в робочому режимі (якщо можлива тимчасова зміна навантаження).

6.2.2 Зазначений у 6.2.1 режим можна застосовувати для робіт, передбачених у 6.1.2, а також для виявлення зон підвищеної небезпеки за наявності дефектів, що розвиваються, у випадку додаткового навантаження у разі визначання ресурсу матеріалу об'єкта за робочим або випробувальним тиском.

6.2.3 Використовують режим стаціонарного навантажування з припиненнями і частковим зменшенням тиску, а також режим циклічного навантажування, коли необхідне оцінювання роботи об'єкта діагностування в умовах можливого циклічного перевантажування.

6.2.4 Як навантажувальне середовище використовують робоче тіло або інші середовища, передбачені технічною документацією на об'єкт.

6.2.5 Для зменшення рівня шумів і завад під час проведення АЕ діагностування повинні бути припинені всі інші роботи на самому об'єкті діагностування і поблизу нього — припинено ходіння по площадках обслуговування, рух автотранспорту, проведення зварювальних і монтувальних робіт, роботу підйимально-транспортних механізмів, що розташовані поруч.

6.2.6 Під час діагностування нових вмістищ, які не проходили післязварювального термооброблення, можливе реєстрування АЕ, котре не пов'язане з розвитком дефектів, а генерується внаслідок перерозподілу залишкових напружень у матеріалі об'єкта. Тому під час першого навантаження, як правило, беруть до уваги тільки сигнали, амплітуда яких перевищує рівень встановленого порога більше ніж на 6 дБ, і сигнали, що їх реєструють протягом часу витримування. Якщо під час першого навантаження виявлені небезпечні джерела АЕ або отримані невизначені результати, вмістище обов'язково треба навантажити другим робочим циклом зі зміною навантаження від 50 % до 100 % випробувального тиску.

6.2.7 Реєстрування тиску і температури (у випадку змінення останньої) ведеться протягом усього циклу діагностування — під час збільшення, витримування і зменшення навантаження. Тиск треба контролювати безперервно. Шкала аналогового манометра повинна мати максимальне значення не менше півторакратного і не більше п'ятикратного значення випробувального тиску. Похибка цифрового приладу не повинна перевищувати 1 % від максимального значення шкали приладу вимірювання тиску. У процесі навантажування рекомендовано безперервно спостерігати на екрані монітора за інформативними параметрами діагностування об'єкта.

6.2.8 Готування об'єкта та АЕ апаратури до здійснення АЕ діагностування проводять аналогічно підготовчому етапу 6.1.3—6.1.5.

6.2.9 Діагностування об'єкта необхідно здійснювати у такій послідовності:

- увімкнути АЕ апаратуру в режим вимірювання амплітуди неперервного АЕ сигналу (шуму) і визначити її величину в усіх каналах;
- встановити режими відбирання, підсилювання та оброблення сигналів АЕ і способу їх локації відповідно до інструкції з експлуатації АЕ апаратури;
- привести АЕ апаратуру в стан готовності;
- встановити у об'єкті АЕ діагностування необхідний тиск P ;
- діагностування починати одночасно з початком збільшення випробувального тиску;
- після закінчення діагностування скинути тиск, зняти з нього ПАЕ та ізолювати місця їх встановлення корозійностійким покриттям.

6.2.10 Навантажування об'єкта випробувальним тиском P необхідно проводити згідно з графіком навантажування (рисунок 1) із урахуванням таких вимог:

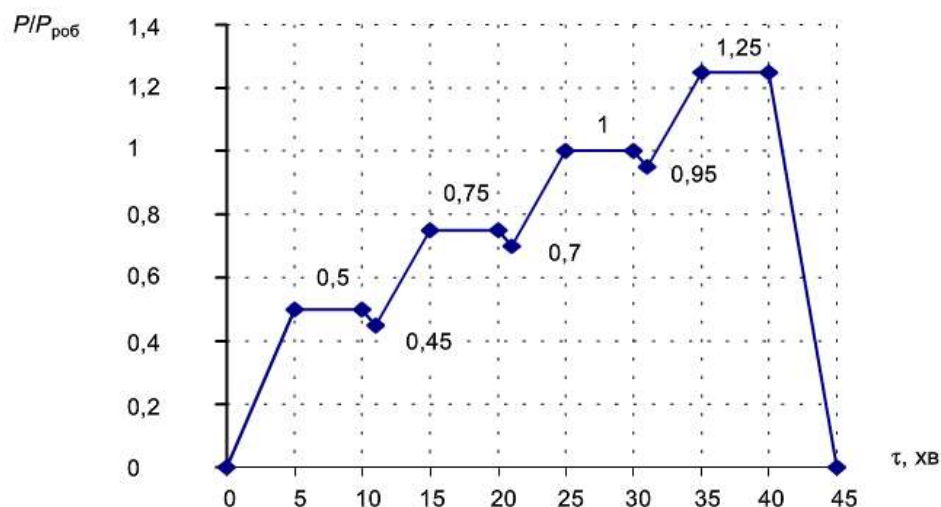


Рисунок 1

— виміри треба робити під час витримування тиску на кожному етапі протягом п'яти хвилин. В цей час АЕ апаратура працює в режимі накопичування інформації¹⁾. Витримки розпочинають з тиску, що відповідає напруженню під час розтягання зразка-свідка з передбачуваними дефектами (додаток В), коли в ньому розпочинають генеруватися сигнали АЕ. За відсутності таких відомостей витримування необхідно розпочинати з тиску, що відповідає $0,5P_{роб}$ (тоді напруження в об'єкті діагностування повинно бути не більше ніж $0,1\sigma_T$, де σ_T — напруження текучості матеріалу)²⁾;

— швидкість нарощування тиску залежить від рівня шумів навантаження і повинна бути не більше ніж 5 % від граничного випробувального тиску $P_{гр.випр}$ за хвилину;

— сумарний рахунок АЕ сигналів N , який має бути прийнято до уваги, визначають за результатами випробування зразків, узгоджених із способом виготовлення і часом напрацювання об'єкта. За відсутності таких даних приймають $N \geq 3$;

— граничний випробувальний тиск $P_{гр.випр}$ для зварних об'єктів визначають за формулою:

$$P_{гр.випр} = 1,25P_{роб} \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_T},$$

якщо інше не встановлено в технічній документації на діагностування конкретного об'єкта. Тут $[\sigma]_{20}$ і $[\sigma]_T$ — допустимі напруження для матеріалу об'єкта або його елементів за 20 °С і розрахунковій температурі, відповідно. Відношення $\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_T}$ приймають за тим з матеріалів, для якого воно має

найменше значення. Для литих об'єктів приймають $P_{гр.випр} = 1,5P_{роб} \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_T}$;

— у випадку, коли максимальний тиск випробування дорівнює величині граничного тиску, тривалість витримування для об'єктів, що перебувають в експлуатації, не повинна перевищувати 5 хв, а під час випробування нових об'єктів тривалість витримування вибирають відповідно до таблиці 1;

Таблиця 1

Товщина стінки вмістища, мм	Час витримування τ_b , хв
До 50	5
Від 50 до 100	10
Понад 100	20
Для литих і багат шарових, незалежно від товщини стінки	30

— навантажування потрібно здійснювати з використанням спеціального обладнання, яке забезпечує підвищення внутрішнього (зовнішнього) тиску за заданим графіком, що визначає швидкість навантажування, час витримок об'єкта під навантаженням і необхідні значення навантажень;

— навантажування в робочому режимі об'єкта без його зупинки здійснюють технологічним продуктом із максимальним тиском P_{max} , значення якого залежно від товщини стінок об'єкта знаходиться в межах: $1,05P_{роб} \leq P_{max} \leq 1,10P_{роб}$.

6.3 Попередній АЕ контроль

У випадках, коли технічна документація на об'єкт АЕ діагностування відсутня, умови експлуатації або режим роботи об'єкта не відповідають указаним у документації, існують додаткові джерела завад, коли діагностують новий об'єкт, а також в низці інших випадків, перелік яких визначає виконавець, доцільно провести попередній АЕ контроль об'єкта.

Попередній АЕ контроль має на меті:

— перевірити працездатність всієї апаратури;

¹⁾ Сумарний час навантаження об'єкта під час випробування визначають цим пунктом та можливостями навантажувального пристрою, він не повинен бути меншим 40 хв.

²⁾ Контрольне зниження тиску ΔP встановлюють для виділення додаткових АЕ сигналів від тріщин, що існують, але не розвиваються. Величина ΔP , як правило, становить 10 % від величини тиску на ділянці часового витримування.

- уточнити рівень завад (шумів) і коригування порога дискримінації;
- перевіряння якості опресовки заглушок і ущільнень;
- виявити джерела АЕ випромінювання, пов'язаного з тертям у точках підвіски (кріплення) об'єктів, в опорах, в конструкційних елементах жорсткості тощо.

Попередній АЕ контроль проводять в умовах циклічного навантаження у діапазоні навантажень від 0 до $0,25P_{роб}$. Для об'єктів без плакувальних покриттів і ребер жорсткості число циклів навантаження має бути не менше двох, для інших — не менше п'яти.

Навантаження під час попереднього АЕ контролю проводять відповідно до графіка (рисунок 1).

7 ВИЗНАЧАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ТА ОФОРМЛЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АЕ ДІАГНОСТУВАННЯ

7.1 Загальні положення

Результати АЕ діагностування об'єкта подають у вигляді таблиць, діаграм, графіків, протоколів, звіту, інших документів.

За одержаними таблицями, діаграмами та графіками проводять аналізування технічного стану об'єкта на момент діагностування або прогнозують його за однією або двома схемами локації (7.1, 7.2)¹⁾.

Після оброблення отриманих АЕ сигналів результати АЕ діагностування подають у вигляді ідентифікованих і класифікованих джерел АЕ.

Класифікацію джерел АЕ виконують з використанням таких параметрів АЕ сигналів (критеріальних параметрів): акустична активність джерела, інтенсивність (амплітуда, амплітудний розподіл або енергія (енергетичний параметр)), координати джерел АЕ²⁾. До системи класифікації також входять параметри навантаження контрольованого об'єкта і час.

Якщо інтерпретація результатів АЕ діагностування невизначена, необхідно додатково використовувати окремі види неруйнівного контролю.

Деякі АЕ системи, разом з відстежувальними, забезпечують визначання та прогнозування технічного стану об'єкта в автоматичному режимі, для іншої АЕ апаратури його визначають за окремими розрахунковими методиками.

7.2 Зонна локація

Рішення щодо технічного стану об'єкта приймають за швидкістю рахунку АЕ сигналів та їх інтенсивністю. У цьому разі можуть бути такі випадки³⁾:

— сигналів немає або поступають сигнали, які не можуть бути віднесені до сигналів АЕ. Об'єкт не пошкоджений, можна продовжувати експлуатацію;

— поступають згруповані за часом або за навантаженням пакети сигналів АЕ. У випадку відсутності інструкції щодо оцінювання величини рівня сигналів АЕ критичною вважають появу пакетів з трьох і більше сигналів. У цьому випадку необхідно знизити тиск або навантаження об'єкта, зупинити випробовування і перейти до способу кластерної локації. Остаточне рішення приймають за методикою кластерної локації.

7.3 Кластерна локація

Проводять кластеризацію АЕ сигналів та їх параметрів за місцем розташування АЕ джерел. Визначають їх класифікаційні характеристики: акустичну активність та інтенсивність.

З цією метою призначають розміри кластерів для кожної з антен ПАЕ на об'єкті. Розмір кластера не повинен перевищувати 10 % від відстані між двома «сусідніми» ПАЕ.

Кількість імпульсів з джерела АЕ, характер джерела, відповідні стадії процесу руйнування матеріалу та рекомендації щодо дій персоналу в кожному випадку наведено в таблиці 2.

¹⁾ Необхідно використовувати (якщо існує) банк даних випробовування подібних об'єктів та зразків або дані попередніх АЕ випробовування цього самого об'єкта.

²⁾ Апаратура АЕ діагностування повинна відповідати умовам 5.8.

³⁾ Тут і далі значення критеріальних параметрів застосовані для АЕ апаратури, яка оброблює інформацію виділяючи АЕ події.

Таблиця 2

№ п/п	Кількість імпульсів від джерела АЕ	Характер джерела АЕ	Стан області, яку контролюють	Дія оператора
1	—	Немає джерела	Розвиток дефектів не спостерігається	Продовжувати навантаження
2	3 — 10	Малоактивне	Наявний розвиток дефектів	Звернути увагу! Продовжувати навантаження
3	10 — 100	Активне	Наявний прискорений розвиток дефектів	Підвищена увага! Приготуватися до припинення випробовувань
4	Більше 100	Критично активне	Критичний розвиток дефектів	Небезпечно! Припинити випробовування

Кластеризація зареєстрованих подій АЕ від гострої несучільності, такої як тріщина, є щільною, у той час як місця пластичної деформації, пов'язані, наприклад, із корозійними ушкодженнями формують площу (ділянку) джерел з великим ступенем невизначеності в розмірах, події в цих кластерах розподілені невизначено. У більшості випадків тріщину, що росте, розглядають як найбільш небезпечний дефект.

Всі зареєстровані джерела АЕ повинні бути зафіксовані в журналі для порівняння з іншими джерелами, які будуть виявлені під час наступних перевірянь об'єкта, призначених протоколом або рекомендаціями на періодичність контролю відзначених небезпечних місць.

Для підвищення достовірності прийняття рішення щодо стану об'єкта можуть бути застосовані додатково інші методи НК із наступним аналізуванням залишкового ресурсу об'єкта за спеціальними програмами і розрахунковими методиками.

Джерела, що їх розглядають як малоактивні або малоінтенсивні, зазвичай не вимагають подальшого оцінювання або наступної кореляції.

7.4 Вимоги до звітності за результатами АЕ діагностування

Основний документ звітності — протокол (підсумковий) АЕ діагностування об'єкта складають відповідно до додатка Б, до якого додають документацію з АЕ діагностування відповідно до програми 5.3, а саме: ескіз об'єкта із схемою розміщення ПАЕ; діаграма навантажування; результати реєстрування АЕ параметрів тощо.

В окремих випадках, відповідно із зазначеною програмою, складають звіт з АЕ діагностування об'єкта.

8 ВИМОГИ ДО ОРГАНІЗАЦІЙ І ПЕРСОНАЛУ, ЯКІ ПРОВОДЯТЬ АЕ ДІАГНОСТУВАННЯ

До виконання робіт з АЕ контролю, випробовування та діагностування об'єктів допускають персонал, який має відповідний дозвіл.

Організації, лабораторії технічної діагностики і неруйнівного контролю та їх персонал повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 45002, ДСТУ 3412, ГОСТ 30489, ПМГ 15.

9 ВИМОГИ ДО ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Під час проведення робіт з готування об'єкта до АЕ діагностування об'єкта та проведення його діагностичних випробовувань і контролю відповідно до програми 5.3 необхідно дотримуватися правил з техніки безпеки відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.07, а також вимог чинних нормативних документів щодо техніки безпеки, що діють на підприємстві, де проводять ці роботи та інструкцій щодо експлуатації АЕ апаратури.

ДОДАТОК А
(рекомендований)

**СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АЕ
ДЛЯ ВИЗНАЧАННЯ КООРДИНАТ ДЖЕРЕЛ АЕ**

А.1 Для визначання координат джерел АЕ від дефектів, що розвиваються в об'єкті АЕ діагностування, залежно від конфігурації об'єкта, у математичному забезпеченні АЕ апаратури і систем передбачено функціонування різноманітних антен ПАЕ, що розміщуються на об'єкті, а саме: лінійних, плоских, циліндричних, сферичних, скомбінованих тощо. Їх розраховування за відповідними математичними формулами, характерними для кожної з антен ПАЕ, що входять до складу математичного забезпечення.

Нижче наведені приклади найбільш поширених варіантів розташування ПАЕ в антенах з визначання координат джерел АЕ:

1) зонна локація — кожний ПАЕ розглядають як окрему акустичну антену; обчислювання координат не проводять ($X = 0$; $Y = 0$).

2) лінійна локація — ПАЕ групують в антени по два або по чотири ПАЕ; визначають координату X ($Y = 0$).

3) плоска локація — чотири ПАЕ розташовують у вершинах квадрата на площині. (У загальному випадку програмне забезпечення АЕ систем дає змогу розташовувати ПАЕ будь-яким чином).

Для контролю кільцевого зварного шва використовують кільцеву (лінійно замкнуту) антену; три ПАЕ розташовують по кільцевому перетину під кутом 120° один до одного, четвертий ПАЕ не використовують для визначання координат, а служить лише для відсікання сигналів із зовнішнього боку.

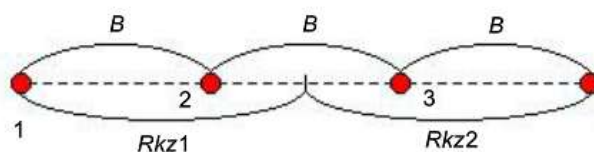
Локацію на циліндричній поверхні проводять з урахуванням розгортки циліндра. У цьому випадку можна використовувати різні комбінації лінійно-площинних локацій для запобігання двозначності прийняття рішення (тобто для визначання координат у єдиній для всієї поверхні системі координат, а не з точністю до перетину). Для повного одночасного обхвату циліндричної поверхні використовують, наприклад, шість ПАЕ, розташованих у вершинах трьох квадратів, які мають спільні сторони (тобто на кожному кільцевому перерізі ці ПАЕ знаходяться під кутом 120° один до одного).

Ділянки сферичних поверхонь, що мають великі радіуси кривини, умовно приймають за площинні і координати дефектів визначають із використанням наближеної формули, наприклад, формули для чотирьох ПАЕ, розташованих у вершинах квадрата на площині.

А.2 Лінійна локація

А.2.1 Розташування чотирьох ПАЕ на об'єкті контролю по лінії (вздовж лінійних розмірів зразків або вздовж твірної на трубі) рівновіддалені один від одного.

Антену характеризується базою антени B — відстанню між двома сусідніми ПАЕ (рисунок А.1).



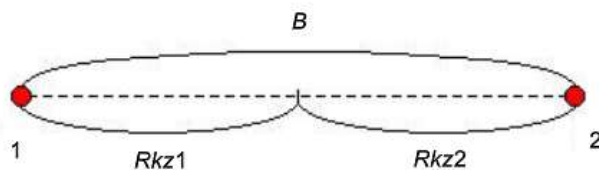
B — база антени;
 $Rkz1, Rkz2$ — розмір контрольованої зони

Рисунок А.1

Координати джерел АЕ визначають в межах зони контролю, тобто в межах ділянки, яку задають значеннями $Rkz1$ і $Rkz2$.

Для такого розташування ПАЕ, наприклад, у математичному забезпеченні АЕ систем типу ЕМА-3, використовують три формули розраховування координат джерел АЕ: Line1, Line2 і Line3. Формула Line2 дозволяє уточнити значення координат джерел, розташованих у межах крайніх ПАЕ антени, тобто між ПАЕ 1 і 2 або 3 і 4. Формула Line3 дає змогу використовувати для визначання координат джерел АЕ тільки два сусідніх ПАЕ, тобто визначання роблять між ПАЕ 1 і 2, 2 і 3, 3 і 4 (ПАЕ, що спрацювали першими, повинні мати «сусідні» номери).

А.2.2 Розташування двох ПАЕ вздовж лінії (рисунок А.2).



B — база антени;
 $Rkz1, Rkz2$ — розмір контрольованої зони

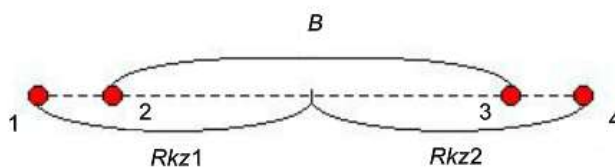
Рисунок А.2

Дана антена має базу, яку визначають відстанню між ПАЕ 1 і 2.

Для визначання координат джерел АЕ використовують формулу для двох ПАЕ.

Координати визначають в межах зони контролю, тобто в межах області, яку задають значеннями $Rkz1$ і $Rkz2$.

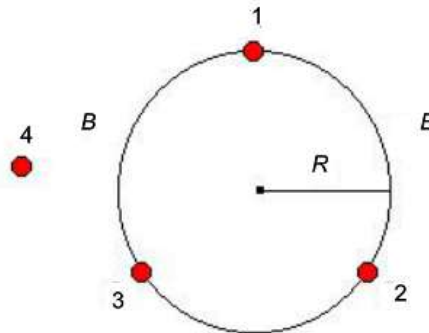
А.2.3 Розташування чотирьох ПАЕ на об'єкті контролю уздовж лінії (рисунок А.3). Відстані між ПАЕ 1 і 2 та 3 і 4 однакові. Для розрахування координат джерел АЕ використовують тільки два центральні ПАЕ (2 і 3), крайні (1 і 4) призначені для відбраковування сигналів з інших ділянок.



B — база антени;
 $Rkz1, Rkz2$ — розмір контрольованої зони

Рисунок А.3

A.2.4 Розташування трьох ПАЕ вздовж кільцевих зварних швів (кільцевих перетинів труб) рівновіддалених один від одного (рисунок А.4). ПАЕ 4 встановлюють для відсікання інформації, яка надходить з боку цього перетворювача.

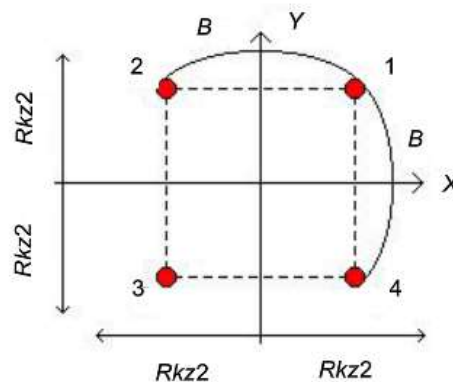


B — база антени;
 $Rkz1, Rkz2$ — зону контролю визначають від ПАЕ 1 ліворуч і праворуч по колу.
 Сумарний розмір контрольованої зони не повинен перевищувати довжину кола, тобто $Rkz1 + Rkz2 \leq 2\pi R$, R — радіус кола

Рисунок А.4

A.3 Локація плоского типу

Для визначення координат джерел АЕ на об'єктах контролю плоского типу використовують, наприклад, розташування чотирьох ПАЕ у вершинах квадрата на площині (рисунок А.5).



B — база антени;
 $Rkz1, Rkz2$ — симетричні відносно початку координат зони контролю по координатах X і Y

Рисунок А.5

Базою антени є відстань між двома «сусідніми» ПАЕ (наприклад, 1 і 2 або 1 і 4).

Для цього розташування ПАЕ використовують дві формули розраховування координат джерел АЕ — точна і наближена.

Координати джерел АЕ визначають в межах зони контролю, тобто в межах області, яку задають значеннями $Rkz1$ і $Rkz2$.

A.4 Локація на циліндричних поверхнях

Для визначання координат джерел АЕ на циліндричних поверхнях використовують, наприклад, такі варіанти розташування ПАЕ:

A.4.1 Взаємно перпендикулярне розташування двох пар ПАЕ на циліндричній поверхні (рисунок А.6)

Ця антена характеризується базою B — відстанню між ПАЕ 1 і 2 (або 3 і 4) — та відстанню L між парами ПАЕ 1 — 2 та 3 — 4 (рисунок А.6).

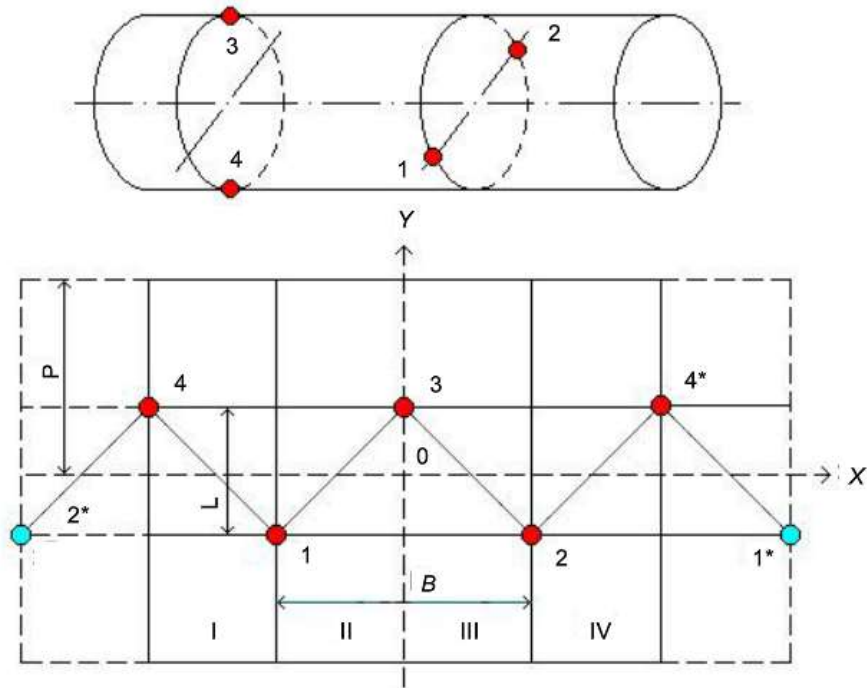


Схема розташування двох взаємно перпендикулярних пар ПАЕ на циліндрі та на розгортці циліндра
Характеристиками форми конфігурації антени є відстані L і B

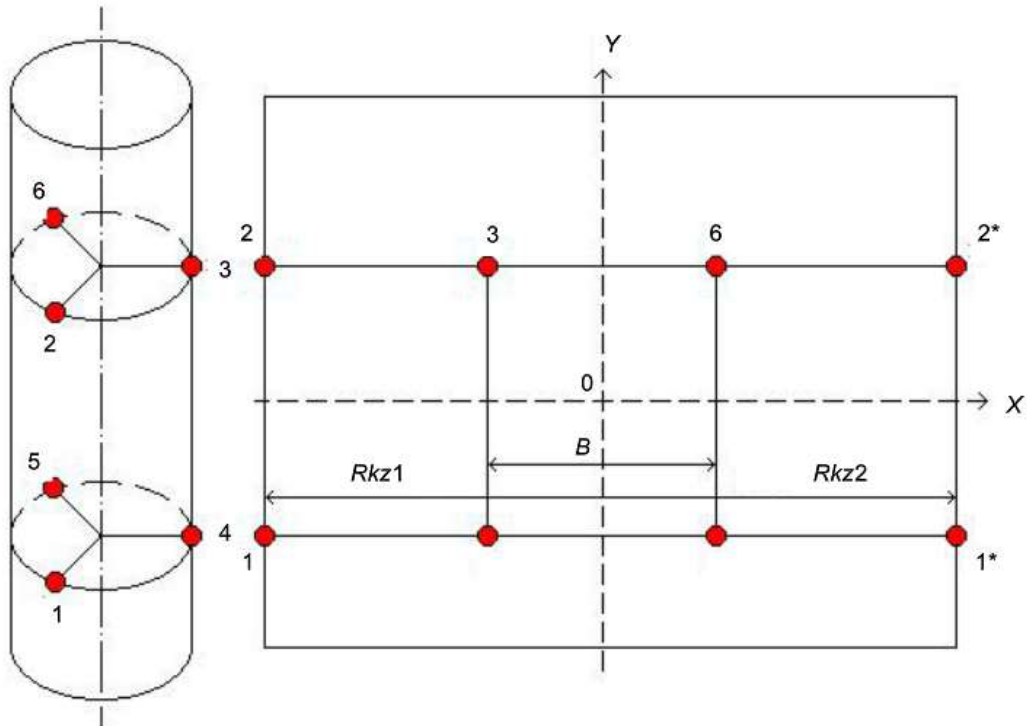
Рисунок А.6

Координати джерел АЕ визначають в межах зони контролю, тобто в межах ділянки, яку задають значеннями $Rkz1$ і $Rkz2$.

A.4.2 Контроль циліндричної поверхні шістьма ПАЕ

У цьому випадку контроль проводять шістьма ПАЕ, зібраними в три окремі антени (рисунок А.7). Номер антени, до якої буде віднесено прийнятий сигнал, визначають порядком проходження АЕ сигналу через ПАЕ. У межах антени координати джерела АЕ обчислюють на підставі наближеної формули (див. А.3 — локація плоского типу).

Після визначання координат джерел АЕ в межах однієї з трьох антен роблять перерахування координат у єдину систему, подану на рисунку А.7.



B — база антени;

$Rkz1, Rkz2$ — розмір контрольованої зони.

Сумарний розмір контрольованої зони не перевищує довжини кола

Рисунок А.7

А.5 Локація на сферичних поверхнях

Для контролю ділянок сферичних поверхонь використовують, наприклад, антену з чотирьох ПАЕ, розташованих у вершинах квадрата. Розраховування координат виконують за наближеною формулою аналогічно розрахунку координат на площині.

Змінюючи значення баз або напрямок розташування ПАЕ, можна виділити будь-яку ділянку контролю.

ДОДАТОК Б
(рекомендований)

ФОРМА ПРОТОКОЛУ (ПІДСУМКОВОГО) АЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

_____ (Керівник організації-виконавця, посада)

_____ (Прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (Підпис, печатка)

« ____ » _____ 200__ р.

**ПРОТОКОЛ
(підсумковий)
АЕ діагностування об'єкта**

_____ (об'єкт діагностування)

1 Дата проведення діагностування: « ____ » _____ 200__ р.

2 Організація, що проводить діагностування: _____

3 Дані про об'єкт:

виробник _____ ;

заводський № _____ ; реєстраційний № _____ ;

номер сертифіката _____ ; дата введення в експлуатацію _____ ;

марка матеріалу _____ ; Стандарт (ТУ) _____ ;

метод виготовлення _____ ;

товщина стінки _____ мм; діаметр внутрішній _____ мм ;

розміри контрольованої зони _____ мм ;

робочий тиск _____ МПа (_____ кгс/см²);

робоче середовище _____ ;

робоча температура _____ °С;

стан поверхні _____ ;

магнітні властивості _____ ;

характеристики згасання хвиль _____ ;

ескіз об'єкта з наведенням його розмірів і схеми розміщення ПАЕ (подають на окремому аркуші),

4 Додаткові дані про об'єкт _____

5 Тип навантаження _____

(гідрравлічне чи пневматичне)

марка обладнання, що навантажує, _____ ;

навантажувальне середовище, робоче тіло _____ ;

випробувальний тиск _____ МПа (_____ кгс/см²);

- 6 Навантажування:
швидкість навантажування _____, час витримування _____, величина навантаження під час витримування _____
(короткий опис із посиланням на діаграму навантаження)
-
- 7 Тип і характеристика АЕ апаратури, системи, разом з назвою фірми-виробника, модель і номер АЕ приладу: _____
- 8 Кількість і тип ПАЕ: _____
- 9 Контактне середовище: _____
- 10 Режими роботи АЕ апаратури і перевіряння її працездатності до випробовування та після випробовування:
коефіцієнт попереднього підсилення _____ дБ, _____ дБ;
коефіцієнт основного підсилення в каналах _____ дБ, _____ дБ;
рівень дискримінації в каналах _____ мВ, _____ мВ;
рівень власних шумів (приведених до входу попереднього підсилювача) _____ мкВ,
_____ мкВ;
робоча смуга частот: _____ — _____ кГц
- 11 Зміна параметрів АЕ апаратури в ході випробовування: _____
- 12 Перелік додатків:
ескіз об'єкта діагностування і схема розміщення ПАЕ;
діаграма навантажування;
результати реєстрування параметрів АЕ випробовування і діагностування;
тощо
- 13 Висновки за результатами АЕ діагностування:
Висновки складаються у довільній формі з обов'язковим висвітленням таких результатів:
1 Відсутність або наявність джерел АЕ в місцях обстежування.
2 Координати виявлених джерел АЕ.
3 Активність джерел АЕ за результатами кластерного аналізування: «малоактивні», «активні», «критично активні».
Навести (за рішенням персоналу) інші відомості про результати АЕ діагностування, для подальших висновків щодо технічного стану об'єкта та його подальшого експлуатування.

АЕ діагностування провели:

прізвище, ім'я, по-батькові

підпис

№ посвідчення

прізвище, ім'я, по-батькові

підпис

№ посвідчення

ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ЗРАЗОК ДЛЯ ВИПРОБОВУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АЕ

В.1 Зразок призначений для

- одержання АЕ характеристик розвитку дефектів у матеріалах проведенням контрольних випробовувань на розривній машині типу Р-20 або інших типах машин із гідравлічним чи механічним навантажувальним пристроєм, що забезпечує «безшумне» навантаження і контроль за навантаженнями та параметрами зразка, який руйнується під прикладеними зусиллями;
- визначення оптимального для цього матеріалу частотного діапазону роботи АЕ апаратури;
- одержання інформації для класифікації параметрів АЕ сигналів на етапах випробовування зразків.

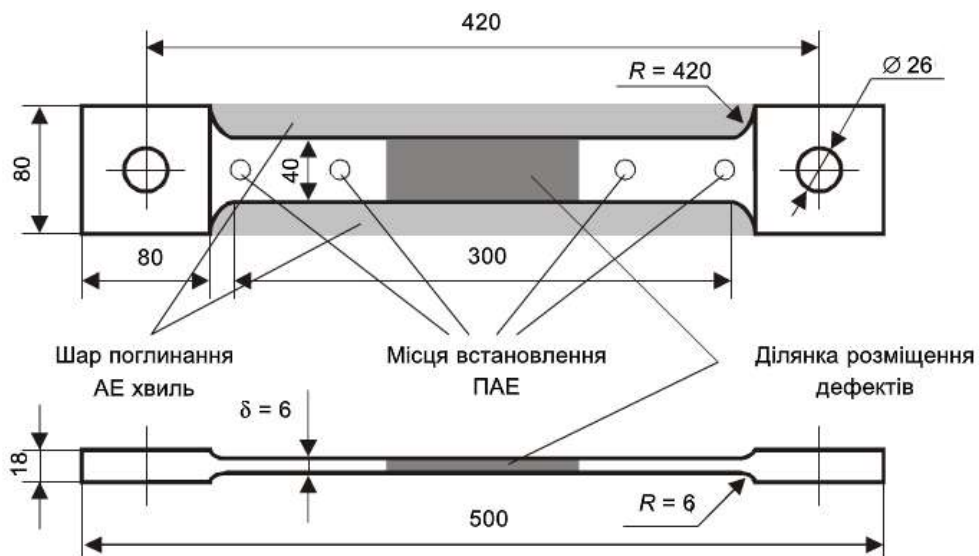


Рисунок В.1

В.2 Геометричні розміри зразка наведені на рисунку В.1 вибрані з урахуванням оптимальних умов поширення, згасання і відбивання пружних хвиль АЕ.

Всі розміри зразка повинні відповідати 12 квалітету.

Шорсткість оброблюваних поверхонь повинна бути не вище R_z40 згідно з ГОСТ 2789.

Допускають використання плоских зразків постійної товщини за наявності у навантажувальній машині захватів, які перешкоджають втраті зразком плоскої форми рівноваги.

В.3 Поглинання пружних хвиль (АЕ сигналів), що досягли поверхонь зразка, здійснюють спеціальним пористим матеріалом (мікропориста гума, поролон тощо), який розсіює і поглинає хвилі АЕ, який наносять на вільні від ПАЕ робочі поверхні зразка (рисунк Б.1)

В.4 Зразок виготовляють так, щоб всі види дефектів, АЕ характеристики яких необхідно визначити, розташовувалися в центральній зоні зразка (затемнена центральна зона на рисунку В.1).

В.5 Перед випробовуваннями зразка місця прикладання навантаження повинні бути попередньо «опресовані» зусиллями, що становлять 1,25...1,5 межі текучості для цього матеріалу.

В.6 АЕ характеристики розвитку руйнування матеріалів і росту дефектів визначають чотирма ПАЕ, що працюють у режимі лінійної антени.

В.7 Встановлювання перетворювачів АЕ на зразку здійснюють відповідно до інструкції користувача АЕ приладу.

ДОДАТОК Г
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ГОСТ 25.506–85 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.
- 2 ГОСТ 356–80 Арматура и детали трубопроводов. Давления условные пробные и рабочие. Ряды.
- 3 ГОСТ 20911–89 Техническая диагностика. Термины и определения.
- 4 ГОСТ 27655–88 Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.
- 5 ОСТ 92-1500–84 Контроль неразрушающий. Сварные конструкции при прочностных гидроиспытаниях. Акустико-эмиссионный метод.
- 6 МИ 154–78 Методика аттестации измерительных приемных электроакустических преобразователей акустической эмиссии. Утверждена НТС Хабаровского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений 8.06.1977 (протокол № 2). — М.: Изд-во стандартов, 1979 г.
- 7 МИ 207–80 Методика определения местоположения развивающихся дефектов акустико-эмиссионным методом. — М.: Изд-во стандартов, 1980 г.
- 8 МИ 1877–88 ГСИ Спектральные характеристики сигналов акустической эмиссии при испытании материалов изделий. Методика выполнения измерений.
- 9 МР 204–86 Расчеты и испытания на прочность. Применение метода акустической эмиссии для контроля сосудов, работающих под давлением, и трубопроводов. Методические рекомендации/ВНИИНМаш. — М.: ГК СССР по стандартам, 1986 г.
- 10 МР 38.18.015–94 Методические рекомендации по акустико-эмиссионному контролю сосудов, работающих под давлением, и трубопроводов нефтехимических производств. Утверждено зам. Руководителя департамента нефтепереработки Министерства топлива и энергетики Российской Федерации В. П. Беловым 12.05.94.
- 11 РД 03-131–97 Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России № 44 от 11.11.96.
- 12 РД 08-95–95 Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России № 38 от 25.07.95.
- 13 РД 50-447–83 Методические указания. Расчеты и испытания на прочность. Акустическая эмиссия. Общие положения. Утверждены и введены в действие Постановлением Госстандарта СССР от 30.12.1983 г. № 6594. — М.: Изд-во стандартов, 1984 г.
- 14 Р 50.01–01 Рекомендації щодо акустико-емісійного контролю об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджені Головою ТК 78 «ТДНК» академіком Б. Є. Патонам 27.11.2001 р.
- 15 ТИ 165–91 Положение по акустико-эмиссионному методу испытания сосудов, работающих под давлением (в условиях циклического нагружения). — Изд. ИЭС им. Е. О. Патона. — Киев, 1991 г.
- 16 ТУ-025АЭ–86 Технические условия на образец АЭ-01Р для испытаний материалов методом акустической эмиссии. — Изд. ИЭС им. Е. О. Патона. — Киев, 1986 г.
- 17 Акустико-эмиссионная диагностика работоспособности трубопроводных систем и сосудов нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, работающих под давлением до 16 МПа (160 кгс/см²). Методика. — Киев: Изд-во ТК-78 «ТДНК», 1995 г.
- 18 Методические рекомендации по длительным натурным измерениям параметров напряженно-деформированного состояния магистральных трубопроводов. Утверждены зам. Начальника Управления научно-технического прогресса и экологии В. Н. Розовым 12.01.93. — М.: ИРЦ ГАЗПРОМ РАО «Газпром», 1993 г.
- 19 Рекомендации по применению акустико-эмиссионной диагностики технологического оборудования и трубопроводов газохимических комплексов. — М.: ИРЦ ГАЗПРОМ РАО «Газпром», 1997 г.

- 20 Анализатор сигналов акустической эмиссии АВН-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации — Хабаровск, 1984. — 107 с.
- 21 Прибор акустико-эмиссионный АФ-15. Руководство по эксплуатации ЩЮ2.739.018 РЭ — Кишинев, 1983. — 118 с.
- 22 Инструкция пользователя к приборам типа ЕМА. — Киев: Изд-во «Индпром», 2000 г.
- 23 Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля в ядерной энергетике./Под ред. К.Б.Вакара. — М.: Атомиздат, 1980. — 216 с.
- 24 Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. Применение для испытаний материалов и изделий. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 272 с.
- 25 Дробот Ю.Б., Лазарев А.М. Неразрушающий контроль усталостных трещин акустико-эмиссионным методом. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 128 с.
- 26 Иванов В.И., Белов В.М. Акустико-эмиссионный контроль сварки и сварных соединений. — М.: Машиностроение, 1981. — 184 с.
- 27 Методические аспекты применения метода акустической эмиссии при определении статической трещиностойкости материалов/А. Е. Андрейкив, Н. В. Лысак, В. Р. Скальский, О. Н. Сергиенко. — Львов, 1990. — 34 с. — (Препр./ АН УССР. Физ.-мех. ин-т; № 165).
- 28 Методы неразрушающих испытаний. Физические основы, практические применения, перспективы развития. / Под ред. Р.Шарпа. — М.: Мир. 1972. — 494 с.
- 29 Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие в 4-х томах / Под общ. ред. В.В.Панасюка — К.: Наук. думка, 1988-1990.
- 30 Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. — К.: Индпром, 2001. — 815 с.
- 31 Прочность и акустическая эмиссия материалов и элементов конструкций / В.А.Стрижало, Ю.В.Добровольский, В.А.Стрельченко и др. — К.: Наук. думка, 1990. — 232 с.
- 32 Тихонов П.В., Кононенко В.А., Прокопенко Г.И., Рафаловский В.А. Механические свойства металлов и сплавов. — Киев: Наук. думка, 1986 г. — 567 с.
- 33 Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия: физико-механические аспекты. — Ростов-н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1986. — 160 с.
- 34 Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Касаткин Б. С., Кудрин А. Б., Лобанов Л. М. и др. — К.: Наук. думка, 1981. — 584 с.
- 35 Advances in acoustic emission. — Dunhart, 1981. — 385 p.
- 36 Acoustic emission transducers and preamplifiers: Instruction Manual. — Nerum: Bruel and Kjer, 1979. — 46 p.
- 37 Nondestructive testing handbook. Vol. 5. Acoustic emission testing. — ASME, 1987— 603 p.
- 38 Williams R.V. Acoustic emission. — Bristol: Adam Hilger Ltd, 1980. — 118 p.

19.100

Ключові слова: акустична емісія, діагностування, дефект, тріщина, неруйнівний контроль, акустико-емісійний метод, об'єкт акустико-емісійного контролю, технічний стан об'єкта, джерело акустичної емісії, координати джерела акустичної емісії.

Редактор **О. Чихман**
Технічний редактор **О. Касіч**
Коректор **Т. Нагорна**
Комп'ютерна верстка **Л. Мялківська**

Підписано до друку 20.11.2003. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арк. 3,25. Зам. Ціна договірна.

Редакційно-видавничий відділ УкрНДІССІ
03150, Київ-150, вул. Горького, 174