

А.А. Рижкова, Д.О. Харламов, М.В. Гладішевський,  
О.В. Радько, к.т.н., доц., Н.А. Медведєва, к.т.н., доц.  
(Національний авіаційний університет, Україна)

## КОНТРОЛЬ ЛОПАТОК ТУРБІН І ІНШИХ ДЕТАЛЕЙ ЛІТАКІВ ДЕФЕКТΟΣКОПОМ УДЗ-71

Для забезпечення якісної діагностики авіаційної техніки найбільш широко застосовується ручний ультразвуковий контроль. Вирішення завдань ручного УЗК можливе за умови використання легкого і малогабаритного дефектоскопу, такого як мікропроцесорний дефектоскоп третього покоління УДЗ-71, що дозволяє вирішувати ширший спектр завдань при виконанні НК, завдяки своїм малим вазі, габаритам і функціональним можливостям.

Дефектоскоп УДЗ-71 дозволяє проводити ультразвуковий контроль об'єктів на наявність дефектів, з врахуванням сучасних вимог до технологій ультразвукового неруйнівного контролю.

УДЗ-71 - ультразвуковий дефектоскоп загального призначення.

Він призначений для:

- ручного неруйнівного контролю продукції на наявність дефектів типу порушення цілісності і однорідності матеріалу в сировині, готових виробів, напівфабрикатах, зварних, паяних, болтових, клепанних і інших з'єднаннях;
- виміру глибини і координат залягання дефектів;
- виміру товщини різних виробів при односторонньому доступі до них;
- виміру відношень амплітуд сигналів, відбитих від дефектів;
- виміру еквівалентних розмірів дефектів;
- оцінку швидкості поширення ультразвукових коливань в різних матеріалах.

Основні технічні характеристики дефектоскопу наведені в табл.1.

Таблиця 1

Параметри та характеристики	Значення параметрів
Ширина смуги пропускання частот ультразвукових коливань	від 0,4 до 15 МГц
Можливі встановлювані значення частот фільтру	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5; 10; 15 МГц
Значення номінальних частот повторення зондуєчих імпульсів	від 100 до 1000 Гц з дискретністю установки 1; 10; 100 Гц
Діапазон зміни коефіцієнта підсилення приймального тракту	від 0 до 100 дБ
Динамічний діапазон сигналів, спостережуваних на екрані дефектоскопа	не менше 20 дБ
Діапазон контролю наявності дефектів по сталі	від 0,5 до 6000 мм з дискретністю 0,1; 1,0; 10,0; 100,0; 1000,0 мм
Діапазон вимірів глибини залягання дефектів у виробів зі сталі	від 0,5 до 6000 мм
Діапазон вимірів еквівалентного діаметру відбивача	від 0,8 до 20 мм
Діапазон установки тривалості затримки вимірювального строба	від 0,1 до 6000 мм з дискретністю установки 0,1; 1,0; 10,0; 100,0; 1000,0 мм
Діапазон установки лінійного компенсованого відсічення	від 0 до 60 % висоти екрану з дискретністю установки 1%

Кількість програм налаштування дефектоскопа, що запам'ятовуються	не менше 100
Кількість зображень розгортки, що запам'ятовуються (А-скан зображень)	не менше 100
Кількість вимірних значень глибини, що запам'ятовуються (координат)	не менше 150 000
Маса дефектоскопа з акумуляторною батареєю (без комплекту ПЕП, кабелів і футляра)	не більше 0,720 кг
Габаритні розміри дефектоскопа	не більш 188 x 107 x 78 мм
Розмір робочої частини екрану дефектоскопа	не менше 71,52 x 53,64 мм
Середня тривалість безперервної роботи	не менше 12 год

Вживання сучасних методів цифрової обробки акустичних сигналів забезпечує неспотворену передачу форми акустичного сигналу, високу точність виміру товщини виробів і параметрів дефектів.

Управління функціями дефектоскопа організовано за принципом вкладених підменю.

Слід зазначити, що вживання нової сучасної елементної бази і яскравого, стійкого до прямого сонячного світла, висококонтрастного кольорового TFT-дисплея, з розрізненням 320\*240, дозволило:

- позбавитися від такого недоліку, як інерційність екрану (така вада властива рідкокристалічним дисплеям), що дало можливість підвищити швидкість сканування при проведенні контролю;
- передбачити два незалежних вимірювальних строба АСД з системою сигналізації дефектів (звукова і світлова) по кожному зі стробів. При цьому кожен строб має:
  - три рівні спрацьовування: "БРАКУВАННЯ"; "КОНТРОЛЬНИЙ"; "ПОШУКОВИЙ"; визначені на екрані дефектоскопа "ЧЕРВОНИМ", "СИНІМ" і "ЗЕЛЕНИМ" кольором, відповідні кольори світлової сигналізації АСД по кожному зі стробів;
  - рівень спрацьовування звукової сигналізації визначається оператором по конкретному стробу;
  - режим (по перевищенню або по неперевикненню встановленого рівня) визначається оператором для кожного зі стробів незалежно.

Міра захисту корпусу дефектоскопа від проникнення твердих тіл і води відповідає ІР 65 по ГОСТ 14254. Дефектоскоп може експлуатуватися при температурі довколишнього повітря від -10 до +40° С.

Система автоматичного регулювання підсилення (АРП) дозволяє підтримувати необхідні рівні сигналів в процесі сканування. Систему АРП доцільно використовувати при налаштуванні рівня бракування чутливості по опорному сигналу в об'єкті контролю (наприклад, по донному сигналу). Для стробування опорного сигналу при роботі з системою АРП в дефектоскопі передбачений спеціальний строб АРП. Змінюючи рівень строба АРП по екрану дефектоскопа, можна регулювати рівень АРП відповідно від 25 до 100 %. Так само АРП можна використовувати для швидкого виміру амплітуди ехо-сигналів відносно рівня строба АРП.

Для вирівнювання ехо-сигналів по амплітуді, наприклад для компенсації загасання ультразвуку в об'єкті контролю застосовують систему часового регулювання чутливості (УРЧ). У дефектоскопі УДЗ-71 рівень УРЧ встановлюється в точці, вказаній оператором, і лінійно зменшується в сусідніх точках, не вказаних до цього, т.ч. можна задати різну форму кривої УРЧ - лінійну, ступінчасту і т.д. Рівень УРЧ відповідає ослабленню сигналу в даній крапці відносно встановленого значення посилення.

При контролі листових виробів можна користуватися режимом "РОЗМІТКА РОЗГОРТКИ ПО ВІДДЗЕРКАЛЕННЯХ", яка допомагає наочно представити розташування виявленого дефекту в контрольованому виробі.

Режим "пік" незамінний при пошуку дрібних дефектів, роботі в умовах нестабільного

акустичного контакту. При цьому на екрані, одночасно з максимальною обвідною всіх спостережуваних ехо-сигналів (відображується жовтим кольором) відображається поточне значення сигналу. Цей режим використовується для знаходження максимальної амплітуди ехо-сигналу і оцінки умовної протяжності. Може бути використаний для документування результатів контролю як для забракованих, так і для придатних виробів, чим підтверджуватиметься наявність або відсутність дефектів по всьому периметру сканування.

Відмінова особливість дефектоскопа УДЗ-71 - **вимір умовних розмірів дефектів**.

Використовуючи АРД-діаграми, дефектоскоп УДЗ-71 дозволяє проводити виміри еквівалентних розмірів дефектів в діапазоні від 0,8 до 20,0мм (еквівалентних діаметру дефекту) з відносною похибкою, що не перевищує 15%.

У УДЗ-71 використання АРД-діаграм дозволяє автоматизувати налаштування дефектоскопа. Система АРД-діаграм дозволяє автоматично налаштувати УРЧ дефектоскопа відповідно до АРД-діаграми для вибраного ПЕП таким чином, що амплітуди ехо-сигналів від дефектів із заданими еквівалентними площами знаходяться на рівні, заданому в меню рівень бракування - "Брак.ур.". Крім того, є можливість побудови АРД-кривої для заданого еквівалентного діаметру на екрані дефектоскопа.

Система використання АРД-діаграм в УДЗ-71 дозволяє працювати з датчиками наступних типів: прямі суміщені ПЕП поздовжньої хвилі; похилі суміщені ПЕП поперечної хвилі з частотами від 1,62 до 5,5 МГц і кутами введення від 36° до 73°.

Аби налаштувати УДЗ-71 для роботи з АРД необхідно ввести лише декілька параметрів використовуваного перетворювача і по опорному сигналу від відбивача в контрольному зразку, наприклад від отвору діаметром 6 мм в СО-2, зробити калібрування приладу для роботи в режимі АРД. Налаштування з АРД-діаграмами для конкретних завдань контролю можна зберегти в незалежній пам'яті приладу.

У дефектоскопі УДЗ-71, разом з простими режимами налаштування і роботи, також представлені нові "експрес-режими", націлені на підвищення точності вимірів і зменшення тимчасових витрат при підготовці приладу до контролю. Одним з них є режим напівавтоматичного калібрування параметрів ПЕП і об'єкту контролю. Даний режим дозволяє максимально спростити процес попереднього налаштування дефектоскопа при підключенні нового ПЕП, або калібрування використовуваного ПЕП.

Наприклад, для напівавтоматичного калібрування прямих ПЕП на довільному зразку досить задати товщину зразка і ініціалізувати вимір. Результатом виміру є виміряні значення швидкості ультразвуку в зразку і значення затримки в призмі ПЕП. Отримані параметри можна зберегти як поточні або провести вимір повторно.

Для похилих ПЕП вибір варіантів калібрування значно багатший: є можливість калібрувати затримку в призмі на СО-3, кут введення - на СО-2, а швидкість - по будь-якому відбивачеві в об'єкті контролю - наприклад по сигналу від торця.

З іншого боку, можна обійтися взагалі без стандартних зразків, відкалібрувавши всі три величини за двома віддзеркаленнями від торця об'єкту контролю - прямим і відбитим променями.

І, нарешті, можна відкалібрувати затримку в призмі і швидкість ультразвуку в об'єкті контролю за будь-якими двома відбивачами в об'єкті контролю, наприклад за його конструктивними особливостями.

У приладі реалізована можливість калібрування прямих і похилих ПЕП, а також ПЕП поверхневої хвилі.

Використовуючи спеціальне програмне забезпечення "Ultra UDx-7x" оператор має можливість завдяки вбудованому USB-порту передавати в ПЕВМ "Б-скани" і "А-скани" для створення звітів за результатами контролю або баз даних. За необхідності в дефектоскоп з персонального комп'ютера можуть бути введені користувачем програми налаштувань на конкретні види контролю, що значно скорочує час підготовки дефектоскопа до проведення контролю.

Для виміру товщини виробу і координат дефектів використовується недетектований

сигнал RF, що дозволяє забезпечити дискретність виміру 0,01 мм. У приладі передбачено два режими вибору точки на кривій сигналу, по якій проводяться виміри (автоматичний і ручний). У автоматичному режимі можлива установка спрацьовування вимірювального пристрою по піку або по фронту сигналу.

При роботі з похилими перетворювачами дефектоскоп автоматично вимірює координати дефекту з врахуванням кута введення УЗК, затримки в призмі конкретного типу ПЕП. На екрані дефектоскопа в першому рядку інформаційної частини може одночасно відображатися до п'яти вимірних параметрів.

УДЗ-71 може з успіхом застосовуватися при контролі товщини основного металу різного технологічного устаткування. Візуалізація процедури вимірювання товщини дозволяє уникнути поширених помилок при вимірі її "сліпими" товщиномірами.

Широкий спектр пропонованих перетворювачів, як для дефектоскопії, так і для товщинометрії, з робочою частотою від 400 кГц до 15 МГц дозволяє вирішувати багато завдань споживачів. Для роботи з дефектоскопом УДЗ-71 випускається серійно близько 48 типів найменувань ультразвукових перетворювачів. Під конкретну технологію контролю дефектоскоп УДЗ-71 може бути укомплектований спеціалізованими перетворювачами.

Для проведення достовірного ультразвукового контролю і виміру товщини виробів з грубою поверхнею введення УЗК для дефектоскопа розроблені спеціалізовані перетворювачі із змінними м'якими плівковими протекторами. При зношуванні протектора він замінюється новим і, споживачеві немає необхідності купувати новий перетворювач.

Корпус приладу виконаний з удароміцного пластика, плівкова клавіатура маслобензостійка. Розташування кнопок клавіатури і ергономічний корпус дозволяють утримувати і управляти дефектоскопом однією рукою, що важливо при обстеженні кранів і висотних об'єктів, при проведенні контролю на монтажі. Шкіряний чохол передбачає різні варіанти кріплення на руку дефектоскопіста.

Комплект постачання дефектоскопа включає все необхідне для проведення контролю обладнання. Підприємство-виробник НПФ "Промприлад" забезпечує гарантійне (у продовж 18 місяців з моменту постачання) і післягарантійне обслуговування дефектоскопа. При впровадженні приладу УДЗ-71 НПФ "Промприлад" надає сприяння по навчанню і перенавчанню дефектоскопістів для впровадження сучасних технологій ультразвукового контролю на виробництві.

За позитивними результатами Державних приймальних випробувань і виробничих випробувань дефектоскоп УДЗ-71 внесений до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки допущених до використання в Україні.

### **Висновки**

Підводячи підсумок, хочеться відзначити, що всі розглянуті режими дефектоскопа відкривають широкі можливості для роботи фахівця-дослідника в побудові нових методик УЗК і, в той же час, простота в управлінні дозволяє працювати фахівцям початкового рівня. Вживання УДЗ-71 дозволить полегшити працю дефектоскопіста і зробить контроль максимально достовірним і технологічним.

### **Список літератури**

1. *Власов В.Т., Дубов А.А.* Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО "ТИССО", 2004, 424с.
2. *Ермолов И. К., Алешин Н. П., Потанов А. И.* Акустические методы контроля — М.: Высш. школа, 1999.
3. *Гетьман А. Ф., Козин Ю. Н.* Неразрушающий контроль и безопасность эксплуатации сосудов и трубопроводов давления — М.: Энергоатомиздат, 1997.
4. *Шрайбер Д. С.* Ультразвуковая дефектоскопия — М.: Металлургия, 2001.