

безвідносно до того, конструктивні чи експлуатаційні чинники призвели до їх появи. При цьому слід мати на увазі, що як циклічна, так і стохастична складові коливань (вібрацій) елементів конструкції механізму можуть свідчити про зародження, розвиток та/або наявність дефекту в конструкції. Втома конструкційних матеріалів, яка виникає під впливом стохастичних навантажень також має стохастичний характер. Її можна розглядати як випадковий процес, характеристики якого залежать від навантажень. Побудова математичних моделей навантажень є одним з основних етапів при дослідженні втомних пошкоджень матеріалів [1]. Однією з найпростіших моделей стохастичної циклічності є періодично корельовані випадкові процеси (ПКВП). Властивості циклічних навантажень в рамках такого підходу описуються за допомогою імовірнісних характеристик даного класу нестационарних випадкових процесів.

Прикладом застосування такого підходу є використання кореляційно-спектрального аналізу до зареєстрованих вібраційних сигналів механізму приводу фрези дисольвера потужністю 30 кВт. Аналіз таких сигналів, побудований на основі моделі нестационарного випадкового процесу, показав підвищену потужність радіальних компонент вібрації та наявність лінійних спектральних складових цих компонент у діапазоні 4-5 кГц, що свідчить про дефект підшипникового вузла механізму приводу. Проведене діагностування дозволило обґрунтовано попередити аварійну ситуацію і локалізувати дефект механізму.

Ключові слова: вібраційний сигнал, періодично корельований випадковий процес, втомні пошкодження, циклічні навантаження.

Література

- [1] І. М. Яворський, *Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань*. Львів, Україна: Фіз.-мех. ін-т НАН України, 2013.

УДК 620.179.14

ВИПРОБОВУВАННЯ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО ДЕФЕКТОСКОПУ З ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЧНОГО НАЛАШТУВАННЯ

¹⁾Учанін В. М., ¹⁾Алещенко О. Г., ²⁾Дереча В. Я., ²⁾Павлик О. Л.,

¹⁾Рибачук В. Г., ¹⁾Кириченко І. І.

¹⁾Фізико-механічний ін-т ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

²⁾ДП «АНТОНОВ», Київ, Україна

E-mail: yuchanin@gmail.com

Автогенераторні вихрострумові дефектоскопи (ВД) знайшли широке застосування у промисловості завдяки своїй простоті, добрим масо-габаритним показникам, можливості тривалої автономної роботи без живлення від електромережі та високій чутливості до дефектів [1-5]. З метою покращення їх експлуатаційних характеристик розроблено новий автогенераторний ВД з автоматичним налаштуванням і додатковою індикацією чутливості. Реалізація

цих функцій здійснюється мікроконтролером, який за допомогою цифро-аналогового перетворювача формує напругу керування автогенератором приладу. Завдяки цьому підвищується достовірність результатів контролю і забезпечується повторюваність його результатів незалежно від кваліфікації оператора [6]. Для підтвердження цього було проведено випробовування двох дослідних зразків розробленого ВД.

Кожний дефектоскоп складається з електронного блока з вмонтованою акумуляторною батареєю, головних телефонів (звуковий індикатор дефектів), зарядного пристрою і комплекту вихрострумівих перетворювачів (ВСП) в кількості 6 штук наступних типів: прямий (вісь чутливого елементу ВСП збігається з віссю рукоятки), «Г-подібний» (кут нахилу чутливого елементу до осі ВСП складає 90°), «Г-подібний» (кут нахилу чутливого елементу до осі ВСП складає 120°) та для контролю отворів $\varnothing 5,0$ мм, $\varnothing 6,0$ мм і $\varnothing 8,0$ мм.

В процесі випробовувань використовували наступні стандартні зразки (СЗ) з дефектами, що характеризують поріг чутливості ВД: 1) СОП 5-1 із алюмінієвого сплаву Д16 з штучними дефектами типу прорізу, виконаними електроерозійним способом, довжиною – 2 мм, шириною – 0,1 мм і глибиною – 0,2 мм на плоскій частині СЗ; 2) СОП 5-2 із титанового сплаву ВТ3 з штучними дефектами типу прорізу, виконаними електроерозійним способом, довжиною – 2 мм, шириною – 0,1 мм і глибиною – 0,5 мм на плоскій частині. На плоскій частині СЗ типу СОП 5-1 і СОП 5-2 нанесено також прорізи глибиною 0,5 мм і 1,5 мм відповідно. Крім дефектів на плоскій частині СЗ виконано прорізи на випуклій та увігнутій ділянках радіусом 6 мм. Два дефекти довжиною 0,5 і 1,0 мм нанесено у крайовій зоні СЗ типу СОП 5-1 і СОП 5-2. Крім вказаних СЗ при проведенні випробувань використовували також зразки з втомними тріщинами (у тому числі в зоні отворів), які отримано шляхом їх циклічного навантаження на випробувальному стенді та зразки у вигляді фрагментів авіаційних конструкцій зі штучними і реальними втомними тріщинами, зокрема, фрагмент двохшарового вузла з заклепками з двома втомними тріщинами експлуатаційного походження, фрагмент двохшарового вузла з штучними дефектами в зоні заклепок, фрагмент колеса з тріщиною на дні пазу і фрагмент стрингера з експлуатаційними тріщинами в зоні галтелі.

Порядок роботи з ВД наступний. Підключають ВСП до приладу і натискають кнопку **ВП** або **НП** вибору типу матеріалу, що контролюється. Підключають навушники до з'єднувача і включають живлення перемикачем **ВКЛ**. Водночас, світлодіод **ВКЛ** повинен засвітитися зеленим кольором. Червоне свічення світлодіоду сповіщає про розрядження внутрішнього акумулятора і необхідність його підзарядки. Встановлюють ВСП на бездефектну ділянку поверхні зразка таким чином, щоб вісь чутливого елементу (індукційна котушка) була перпендикулярна до його поверхні. Кнопками вибору чутливості « + » і « - » встановлюють індикатор **ЧУТЛИВІСТЬ** на цифру в межах 5–20. В навушниках повинен

прослуховуватись тон звукової частоти. Світловий індикатор **ДЕФЕКТ** повинен бути загашений. Натискають кнопку автоматичного налаштування **ПУСК**, не рухаючи при цьому ВСП. На індикаторі повинно світитися дві риски. Переміщають ВСП на поверхню зразка в зону дефекту. При скануванні над дефектом повинен прослуховуватись переривчастий звуковий сигнал, а світловий індикатор **ДЕФЕКТ** повинен засвітитися червоним кольором. За необхідності підвищують чутливість, зменшивши цифру на індикаторі і повторюють налаштування на новий рівень чутливості. Після цього необхідно зафіксувати чутливість, за якої під час переміщення ВСП відбудеться індикація наявності дефекту (звук в навушниках різко змінюється на переривчастий, а світлодіод **ДЕФЕКТ** – засвітиться червоним кольором). Якщо при похитуванні ВСП відносно перпендикулярного положення до поверхні СЗ на кут приблизно 10° відбувається індикація дефекту (зрив генерації), то необхідно трохи зменшити чутливість дефектоскопа, збільшивши цифру на індикаторі кнопкою вибору чутливості « + ». При переміщенні ВСП по СЗ слід намагатися утримувати його перпендикулярно до його поверхні.

В результаті проведених випробовувань встановлено, що дослідні зразки розробленого автогенераторного ВД забезпечують виявлення поверхневих дефектів, еквівалентних за можливістю виявлення штучному поверхневому дефекту типу прорізу: у високопровідних неферомагнітних матеріалах (алюмінієві сплави): довжиною – 2,0 мм; шириною – 0,1 мм; глибиною – 0,2 мм, а також у низькопровідних неферомагнітних матеріалах (титанові сплави та аустенітні сталі): довжиною – 2,0 мм; шириною – 0,1 мм; глибиною – 0,5 мм. Такі дефекти характеризують рівень чутливості, який цілком відповідає вимогам регламентів з контролю авіаційної техніки. Крім того, виявлено всі втомні дефекти у зразках із алюмінієвого сплаву і експлуатаційні дефекти фрагментів авіаційних конструкцій, наданих ДП «АНТОНОВ». Заданий рівень чутливості може регулюватися оператором за допомогою кнопок на передній панелі дефектоскопа з відтворенням при повторному налаштуванні дефектоскопа. Наприклад, існує можливість налаштування дефектоскопа на виявлення в СЗ типу СОП 5-1 тільки дефектів глибиною більше 0,5 мм з пропуском дефекту глибиною 0,2 мм. Таким чином, реалізовано можливість індикації чутливості та її зміну відповідно до конкретної методики контролю. Вказані вище параметри чутливості забезпечуються усіма типами ВСП, які входять до комплексу ВД. Показано, що розроблений автогенераторний ВД дозволяє реалізувати методику контролю з відстроюванням від впливу краю конструкції (зразка) вибором рівня чутливості з достатньою чутливістю до дефектів, що починаються від краю (у тому числі краю заклепки) за довільного напрямку сканування. Повторний вибір такого рівня чутливості забезпечує відтворення такого режиму під час повторного налаштування ВД.

Результати проведених випробувань повністю підтвердили ефективність алгоритмів автоматичного налаштування ВД, що відтворюють алгоритм роботи

досвідченого оператора. Вони забезпечують підвищення достовірності контролю авіаційної техніки шляхом зменшення впливу суб'єктивного фактору, пов'язаного з кваліфікацією оператора.

Ключові слова: вихрострумний дефектоскоп, автогенератор, коливальний контур, переривчасті коливання, авіаційна техніка.

Література

- [1] В. М. Учанін, "Аналіз роботи двоконтурного автогенераторного вихрострумного дефектоскопа в режимі переривчастої генерації", *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, №2, с. 24-34, 2022. DOI: 10.37434/tdnk2022.02.04.
- [2] В. М. Учанін, С. А. Бичков, О. І. Семенець, В. Я. Дереча, С. А. Александров, "Автогенераторні вихрострумні дефектоскопи для експлуатаційного контролю авіаційних конструкцій", *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, №3, с. 22-29, 2022. DOI:10.37434/tdnk2022.03.04.
- [3] V. M. Uchanin, "Study of eddy current flaw detector based on double-circuit self-generator operated in intermittent oscillating mode", *The Paton Welding Journal*, № 5, pp. 46-56, 2022. DOI: 10.37434/tpwj2022.05.07.
- [4] В. Н. Учанін, В. Я. Дереча, "Вихретоковый метод выявления поверхностных дефектов узлов авиационной техники в условиях эксплуатации", *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, № 4, с. 20-28, 2006.
- [5] В. Н. Учанін, С. А. Александров, В. Ю. Цыганов, "Вихретоковая дефектоскопия деталей авиационных двигателей в условиях эксплуатации и ремонта", *Вестник двигателестроения*, № 2, с. 151-155, 2009.
- [6] В. М. Учанін, О. Г. Алещенко, В. Я. Дереча, "Автогенераторний вихрострумний дефектоскоп з автоматичним налаштуванням на заданий оператором рівень чутливості", на *XXI міжн. наук.-техн. конф. ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*, Київ, 2022, с. 220-223.

УДК 620.111

ОСОБЛИВОСТІ ІЛЮСТРАТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЛЮКСМЕТРІВ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИЧНИХ ОСНОВ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

Несін В. В., Кузнєцов О. М.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз

Служби безпеки України, Київ, Україна

E-mail: witnes@ukr.net

В процесі підготовки, перепідготовки та підвищенні кваліфікації фахівців з контролю якості зварних з'єднань, а також в процесі спеціальної підготовки до атестації на I чи II рівні кваліфікації фахівців з візуально-оптичного контролю в розділі “Фізичні основи візуального контролю” здійснюється ознайомлення слухачів з можливостями людини сприймати зорову інформацію в умовах зниженого та нормального освітлення. В якості прикладу повідомляються особливості нічного та денного зору людини. Ілюструються можливості