

УДК 621.746: 629.7.083.003.13 (045)

Н. А. МЄДВЕДЄВА, О. В. РАДЬКО, І. П. БЛОКУР

Національний авіаційний університет, Україна

## ВИБІР МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ

*У статті проаналізовано особливості застосування та вимоги до методів неруйнівного контролю і запропоновано рекомендації щодо вибору цих методів для визначення показників якості деталей вузлів тертя машин та механізмів.*

**Ключові слова:** *контроль якості, метод неруйнівного контролю, вузли тертя, вимоги, вибір.*

**Постановка проблеми.** Підвищення рівня надійності та збільшення ресурсу сучасних машин і механізмів безпосередньо пов'язанні із забезпеченням заданих показників якості їх трибоелементів. Це вимагає безперервного вдосконалення методів контролю якості вузлів тертя, який полягає у перевірці відповідності показників якості їх конструкційних елементів встановленим вимогам.

Якість трибоелементів характеризується як параметрами їх поверхневого шару, так і параметрами всього об'єму деталі – геометричними (шорсткістю, хвилястістю тощо), фізико-механічними (твердістю, залишковими напруженнями тощо), структурними, хімічними та іншими. Велика кількість контрольованих характеристик якості вимагає виваженого та обґрунтованого підходу до вибору найбільш ефективних та економічних методів їх визначення.

Наразі існує дві великих групи методів контролю якості деталей вузлів тертя – неруйнівні та руйнівні методи. Кожна з цих груп має свої переваги та недоліки, але все ж таки більш широкого застосування отримали методи неруйнівного контролю (НК).

Треба констатувати, що на даний час немає достатньо універсального та ефективного методу контролю якості елементів трибосистем, який міг би давати комплексну оцінку не тільки стану однієї поверхні чи її частини, а всієї деталі, вузла або машини в цілому. Кожен окремо взятий метод НК вирішує обмежене коло завдань технічного контролю.

Від правильного вибору методу НК якості поверхонь тертя, включаючи їх геометричні, механічні, фізичні, хімічні, структурні та інші властивості залежить те, наскільки ефективно застосування обраного НК, який визначається скороченням витрат ресурсів (часу, енергетичних і матеріальних витрат, праці, інтелекту тощо), що йдуть на забезпечення заданої достовірності отриманих результатів.

**Мета дослідження** – обґрунтування вибору методів неруйнівного контролю для визначення показників якості деталей вузлів тертя.

**Виклад основного матеріалу.** На першому етапі дослідження було аналізовано нормативні документи, відповідно до яких відбувається класифікація видів і методів НК та згідно з якими встановлюються термінологія, характеристики і вимоги до застосування різних методів і засобів.

Відповідно до ГОСТ 18353-79 існує 9 видів НК: магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний (ультразвуковий) і проникаючими речовинами. Згідно із ДСТУ 2865-94 [1], окрім вказаних вище видів НК розрізняють органолептичний, візуальний, електрогазодинамічний і газорозрядну візуалізацію та фотографування у полях високої напруги. Кожний з них поділяється на методи, кількість яких може бути до-

сить значною (наприклад, в акустичному контролі ГОСТ 23829-85 виділяє 16 основних методів, в більш пізніх джерелах згадані вже до 25 методів).

Ще одним поширеним методом визначення технічного стану вузлів тертя є діагностика зношування за його продуктами, коли за частинками зносу визначають характер і механізм зношування поверхневих шарів трибосполучень.

Результати проведеного аналізу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

### Перелік нормативних документів на методи і засоби НК

Об'єкт стандартизації	Перелік нормативних документів	
	термінологія	методи контролю
Загальні положення всіх видів НК	ДСТУ EN 1330-1:2008, ДСТУ EN 1330-2:2008, ДСТУ 2865-94	ГОСТ 3242-79, ГОСТ 24715-81, ГОСТ 25997-83, ГОСТ 27750-88.
Неруйнівний контроль:		
магнітний	ГОСТ 24450-80, ДСТУ EN 1330-7:2009, ГОСТ 24450-80	ГОСТ 21104-75, ГОСТ 21105-87, ГОСТ 25225-82, ДСТУ 2954-94, ДСТУ EN ISO 9934-1:2005
електричний	ГОСТ 25315-82 ДСТУ 2865-94, ГОСТ 25315-82	ГОСТ 2990-78, ІЕС 62230:2006
вихрострумовий	ГОСТ 24289-80, ДСТУ EN 1330-5:2008	ГОСТ 24289-80, ДСТУ 2828-94, ДСТУ EN 12084:2005
радіаційний	ГОСТ 16759-71, ГОСТ 14336-87, ГОСТ 24034-80, ГОСТ 25541-82, ГОСТ 25313-82, ДСТУ EN 1330-3:2008, ДСТУ EN 14096-1:2006	ГОСТ 20426-82, ГОСТ 23480-79, ДСТУ EN 444:2005, ДСТУ EN 13068-1:2007
акустичний	ГОСТ 27655-88, ГОСТ 23829-85, ДСТУ EN 1330-4:2008, ГОСТ 23829-85	ГОСТ 12503-75, ГОСТ 14782-86, ГОСТ 17410-78, ГОСТ 20415-82, ГОСТ 21397-81, ГОСТ 22727-88, ГОСТ 24507-80, ГОСТ 26126-84, ГОСТ 25961-83, ГОСТ 18442-80, ГОСТ 24054-80, ГОСТ 25136-82, ГОСТ 26182-84, ГОСТ 28517-90, ДСТУ EN 1714:2005, ДСТУ EN 583-1-2001, ДСТУ EN 583-3:2005, ДСТУ EN 583-6:2005, ДСТУ EN 10228-3-2001
проникаючими речовинами	ДСТУ EN ISO 12706:2008, ДСТУ EN ISO 12706:2008	ДСТУ EN 571-1-2001, ДСТУ EN ISO 3059:2007, ДСТУ EN ISO 3452-2:2005, ДСТУ EN 10228-2-2001, ГОСТ 18442-80
тепловий	ГОСТ 24521-80, ГОСТ 25314-82	ГОСТ 23483-79

Наступним етапом дослідження був аналіз всього спектру вимог до методів та засобів НК, завдяки виконанню яких можна забезпечити високу ефективність контролю. Вибір способу встановлення властивостей матеріалів поряд з такими вимогами, як збереження зразків у незруйнованому стані, можливість дослідження на місці дуже великих зразків, повторюваність результатів і їх однозначність, потрібний час, затрати, необхідно особливо враховувати показники ефективності кожного способу аналізу. Так, у процесі контролю та оцінки яко-

сті матеріалу трибосистем використовують такі ознаки:

- матеріалознавчі, що пов'язані з широкою номенклатурою застосовуваних матеріалів з різними фізичними властивостями;
- термічні, що пов'язані з широким діапазоном температур. Температурні умови роботи визначаються, як характеристиками зовнішнього середовища, так і неоднорідностями теплових режимів окремих частин трибосистеми;
- геометричні, що пов'язані з широким діапазоном розмірів і форм виробів, великою кількістю сполучень деталей з різноманітними геометричними формами, що стають зонами зародків руйнувань;
- експлуатаційні, що пов'язані з умовами експлуатації, технічним станом, характером напружено-деформованого стану.

В результаті проведених досліджень також встановлено, що для вибору методу найбільш ефективного НК при контролі якості елементів трибосполучень окрім зазначених вимог важливе значення мають і чинники, перераховані нижче.

*Вид дефектів* Дефекти поділяють на поверхневі, підповерхневі (що залягають на невеликій глибині - до 0,5-1 мм) і внутрішні (що залягають на глибині більше 1 мм). Для виявлення поверхневих дефектів застосовують всі методи, але, як правило, найбільш ефективні з них візуально-оптичний, магнітопорошковий і капілярні. Для виявлення підповерхневих дефектів ефективні ультразвуковий, струмовихровий, магнітопорошковий, а внутрішніх - тільки ультразвуковий та методи просвічування іонізуючим випромінюванням.

*Умови роботи деталі вузла тертя.* Визначають найбільш імовірні місця виникнення дефектів, пов'язаних із зовнішнім середовищем, у якому працює деталь, навантаженнями (статичні, динамічні, вібраційні), ерозійно-корозійним ураженням, температурними умовами та ін. Облік умов роботи деталей дозволяє визначити критичні місця конструкції і звернути на ці місця особливу увагу при виборі методу і проведенні контролю.

*Фізичні властивості матеріалів деталей вузла тертя.* Також мають найважливіше значення при виборі методів НК. Для застосування магнітного методу матеріал повинен бути феромагнітним і однорідним за магнітними властивостями структури. Вихрострумовий метод контролю використовується, якщо матеріал електропровідний, однорідний за структурою і ізотропний за магнітними властивостями. Для ультразвукового контролю матеріал повинен мати властивості пружності [2]. Капілярні методи виправдані для непористого і стійкого до впливу органічних розчинників матеріалу. Застосування методів просвічування іонізуючими випромінюваннями обмежується лише здатністю матеріалу поглинати дане випромінювання і товщиною матеріалу.

*Форма і розміри контрольованих деталей вузлів тертя.* Деталі простої форми можна перевіряти всіма методами, в той час як застосовність деяких методів для контролю деталей складної форми обмежена, наприклад ультразвукового - через труднощі розшифровки результатів контролю і наявності мертвих зон – ділянок, що не прозвучуються; капілярного - через труднощі виконання окремих операцій, особливо операцій підготовки деталей до контролю і видалення з поверхні проникаючої рідини. Великогабаритні вироби контролюють, як правило, частинами.

*Зони контролю.* Контролю безпосередньо на виробі піддають окремі зони, які повинні бути огорожені від джерел забруднення. Визначення зон контролю є важливим чинником у виборі методу, адже знання їх полегшує розробку методики і виявлення дефектів. При цьому слід мати на увазі, що методом вихрових струмів практично неможливо перевірити зони немагнітного матеріалу безпосередньо у нерівномірно розподілених феромагнітних мас; ультразвуковий конт-

роль поверхневими хвилями - непридатний, якщо у перевірених зоні є різкі переходи від одного перерізу до іншого, метод просвічування іонізуючими випромінюваннями вимагає доступу з двох сторін деталі. Крім того, у зоні, що підлягає ультразвуковому контролю, як правило, не повинно бути отворів, заклепок, болтів та інших відбивачів ультразвукової енергії.

На підставі аналізу проведеного дослідження у табл. 2 наведені рекомендації щодо вибору методу НК від матеріалу (виробу) та умов контролю для виявлення різних видів дефектів у металі [3].

Таблиця 2

**Рекомендації щодо вибору методу НК від матеріалу (виробу)  
та умов контролю**

Характеристика матеріалу та умови контролю		Методи НК		Пористість	Втомні тріщини	Корозія: поверхнева між кристалічна	Матеріал: магнітний метал немагнітний метал неметали	Форма: проста складна	Шорсткість Rz мкм: 80 і нижче 40 і вище	Розташування дефекту: на поверхні в підповерхневому шарі на глибині наскрізний	Умови: виробництво експлуатація ремонт	
		Пористість	Втомні тріщини									
Акустичний	Проникаючого випромінювання	+	±	± ±	+	+	+	+	+	+	+	-
	Відбитого випромінювання	±	±	± +	+	+	+	+	+	+	+	+
Вихро-струмовий	Трансформаторний	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
	Параметричний	-	+	++	+	+	-	+	+	+	+	+
Магнітний	Ферозондовий	-	+	--	+	-	+	+	+	+	+	+
	Індукційний	-	-	--	+	-	+	+	+	+	+	+
Оптичний	Візуально-оптичний	-	±	++	+	+	+	+	-	+	-	+
Радіаційний	Радіографічний	+	±	--	+	+	+	+	+	+	+	+
	Радіоскопічний	+	-	--	+	+	+	+	+	+	+	-
Радіохвильової	Розсіяного випромінювання	-	-	--	+	+	+	+	-	+	-	+
Тепловий	Контактний	-	-	--	-	-	+	+	+	+	+	+
Електричний	Електричний	-	+	- ±	+	+	+	+	-	+	-	+
	Трибоелектричний	-	±	--	+	+	+	-	-	+	-	+
	Термоелектричний	-	±	--	+	+	-	-	-	+	-	+
Проникаючими речовинами	Капілярний	-	+	± ±	+	+	+	+	-	+	-	+
	Течопошук	+	-	--	+	+	+	+	+	-	-	+

Примітка: знак «+» означає застосовність методу, «-» незастосовність

Стан і ступінь шорсткості поверхні. Чутливість методів НК, особливо магнітопорошкового, ультразвукового, капілярного залежить від ступеня шорсткості поверхні, наявності на ній різних захисних покриттів. Капілярні методи не можуть бути задіяні по лакофарбовим покриттям. Вихрострумний контроль можливий за наявності покриттів товщиною від 0,2 до 0,5 мм. Ультразвуковий контроль зварних з'єднань проводять при шорсткості менше 40 мкм [4].

Методи НК обирають з урахуванням перерахованих чинників. Часто застосування одного методу недостатньо для перевірки якості виробу за необхідними параметрами. У таких випадках використовують комплекс методів НК.

**Висновки.** Проведений аналіз основних вимог до методів НК дозволив сформулювати такі рекомендації щодо вибору методів контролю якості деталей вузлів тертя машин та механізмів:

– вибір методів контролю якості повинний ґрунтуватися на їх класифікаційних ознаках, основними з яких є: характер взаємодії фізичних полів або речовин з контрольованим об'єктом, первинна інформаційна характеристика, індикація первинної інформації, остаточна інформація. Кожен метод має свою область найбільш ефективного застосування;

– при виборі методу або комплексу методів для контролю показників якості конкретних деталей або вузлів необхідно враховувати, крім специфічних особливостей і технічних можливостей кожного методу, такі основні фактори: характер (вид) дефекту і його розташування, умови роботи деталей (характер зовнішніх навантажень - статичні, динамічні, вібраційні, можливі перевантаження, зовнішнє середовище, в якій працює деталь, можливість ерозійно-корозійного ураження, температурні умови та ін.) і ТУ на відбракування, матеріал деталі, стан і чистоту обробки поверхні, форму і розмір деталі, зони контролю, доступність деталі і зони контролю, умови контролю;

– за рівної чутливості методів перевага повинна віддаватися тому методу, який простіше і доступніше в конкретних умовах застосування, у якого вище достовірність результатів контролю і продуктивність;

– збільшення кількості використовуваних методів поряд із підвищенням чутливості, достовірності та інформативності контролю може призвести до підвищення його вартості і зниження продуктивності.

#### Список літератури:

1. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення: ДСТУ 2865-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 52 с. – (Національний стандарт України).
2. Алешин Н. П., Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие /Н. П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с.
3. Білокур І. П. Основи дефектоскопії / І. П. Білокур. – К: "Азимут Україна". – 2004. – 496 с.
4. Каневский К.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб.пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

---

*N. A. MIEDVIEDIEVA, O. V. RADKO, I. P. BILOKUR*

### **CHOICE OF QUALITY CONTROL METHODS OF FRICTION UNITS ELEMENTS**

The article analyzes the characteristics and application requirements for non-destructive testing methods and provide recommendations on the choice of methods for determining quality of elements of friction units of machines and mechanisms. It is shown that the choice of control method should be considered, in addition to specific features and technical capabilities of each method, factors such as the nature of the defect and its location, working conditions and material of details, conditions and surface finish, shape and size of details and areas of control, accessibility of details and control zone, conditions of control.

**Keywords:** quality control, non-destructive testing method, friction units, requirements, selection.

**Медведєва Наталя Анатоліївна** – канд. техн. наук, доцент кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: medvedeva-natali@ukr.net.

**Радько Олег Віталійович** – канд. техн. наук, с.н.с., доцент кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: radlviv@ukr.net.

**Білокур Іван Павлович** – д-р техн. наук, професор кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 14, E-mail: belokur\_ip@ukr.net.