

**М.М. Дмитрієв**, д-р техн. наук, проф.  
**О.Б. Деркачов**, канд. техн. наук, страш. наук. співроб.  
**І.А. Рутковська**, канд. техн. наук, доц.

## ТЕПЛОВИЙ КОНТРОЛЬ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

*Подано стислий огляд досліджень з теплового неруйнівного контролю стану аеродромних покриттів.*

*There is given in this report a short overview of explorations of non-destructive heat test of airfield.*

### Постановка проблеми

Основою експлуатації аеродромних покриттів, що забезпечує регулярність та безпечність авіаційних перевезень, є система планово-попереджувального ремонту, яка передбачає їх комплексне діагностування.

Незаперечна перевага пасивного теплового контролю аеродромних покриттів над іншими відомими способами полягає в спроможності за його допомогою перевіряти великі площі покриттів за короткий час.

Це дозволяє провадити його частіше, ніж за інших способів, що конче важливо за сучасних інтенсивних навантажень злітно-посадкових смуг великих аеропортів [1].

Тепловий контроль аеродромних покриттів ґрунтується на вивченні змін їх природних теплових полів унаслідок прихованих дефектів.

Тепловому контролю дорожніх та аеродромних покриттів почали приділяти увагу дослідники ще з вісімдесятих років минулого століття, але єдиної узагальненої теорії теплового контролю аеродромних покриттів не існувало. Останніми роками у зв'язку з появою повітряних кораблів великої маси та інтенсифікацією повітряного руху потреба в засобах оперативного контролю стану злітно-посадкових смуг суттєво зросла, і тому значна увага приділяється дослідженням цього напрямку.

Систематичні дослідження теплового контролю аеродромних покриттів провадяться в Національному транспортному університеті України тривалий час, упродовж якого було розроблено теоретичну базу для вирішення практичних завдань контролю та діагностики.

### Аналіз досліджень

Співробітниками Національного транспортного університету України було присвячено чимало наукових праць розробленню теоретичних основ теплового контролю, зокрема:

– теорії формування теплових полів у покриттях [1–5];

– застосуванню відповідної діагностичної апаратури [1; 6–10].

У цих працях узагальнено й удосконалено математичні методи моделювання теплових полів в аеродромних покриттях і на цьому базисі розроблено методологію безконтактного неруйнівного контролю та діагностування аеродромних покриттів, яку успішно випробовували на практиці в польових умовах.

Нині практичне впровадження апаратури теплового контролю гальмується, оскільки теоретичні питання контролю аеродромних покриттів не вирішуються.

Наприклад, щодо сучасних покриттів злітно-посадкових смуг товщиною 80–100 см немає повних відомостей про прояви на поверхні дефектів, розміщених на такій глибині (понад 40 см), де добові теплові потоки змінюються на сезонні, не досліджено залежність коефіцієнта тепловіддачі від висоти Сонця над горизонтом, поглинання випромінювання атмосферою, ступеня чорноти поверхні та ін. Не для всіх різновидів дефектів досліджено їх прояви.

### Результати досліджень

Головні результати попередніх досліджень такі:

– досліджено сукупність математичних моделей розподілу температурних полів в аеродромних покриттях унаслідок механічних і теплових дій, які становлять наукову основу для розроблення методології їх контролю та діагностики в реальних умовах експлуатації;

– сформульовано в загальному вигляді крайову задачу визначення тривимірного просторово-часового поля покриття та ґрунту під ним за дії зовнішніх і внутрішніх чинників;

– розроблено систему рівнянь теплопередачі та їх числових значень, прийнятих для моделювання за допомогою комп'ютера;

– виконано комп'ютерне моделювання перебігів теплового поля для великої кількості співвідношень глибини залягання дефекту, його розмірів і теплофізичних характеристик, пори року, географічної широти розташування аеродрому, погодних умов;

– установлено, що за певних умов приховані пошкодження типу порожнин та розкришень у покритті товщиною до 40 см та під ним можна виявляти через спостереження температурних аномалій на візуалізованій тепловій карті його поверхні;

– розроблено методику виявлення таких пошкоджень і успішно перевірено в натурних умовах;

– показано, що в загальному випадку добові зміни температури по всій товщині покриття можна виразити періодичною функцією, до якої додається повільна зміна середньої температури внаслідок сезонних теплових потоків;

– виявлено, що дефекти на глибині, більшій за зону добових коливань температури, що відповідають умові  $h < 2l$  ( $h$  – глибина залягання дефекту,  $l$  – його поперечний перетин), проявляються до глибин 60–80 см, але лише в ті місяці (травні, липні, листопаді, грудні), коли сезонні теплові потоки мають різко виражений характер, теплові прояви цих дефектів не маскуються коливаннями температури поверхні, а додаються до її теплового поля, зазвичай ці обмеження стосуються високих широт: у тропіках та субтропіках за межею сезонних коливань потік завжди напрямлено в глибину;

– установлено, що в умовах ясної сухої погоди добові коливання температури відбуваються в усі пори року і відповідно дефекти, розміщені в зоні таких потоків, можуть бути виявлені на рівні, вищому від рівня зовнішніх перешкод;

– показано, що за добових змін температури перебіг температур на кожній глибині має періодичний характер;

– виміряно температурні поля за допомогою тепловізорів на льотному полі аеродрому Київ (Жуляни) у місцях, де відомо про наявність прихованих дефектів, зі стовідсотковим позитивним результатом;

– розроблено комплекс тепловізійної апаратури для теплової дефектоскопії й методику користування ним, алгоритм комп'ютерної корекції зображення теплового поля для усунення спотворень [1; 7–9].

Наведені результати дозволяють вирішувати завдання теплового контролю, обмежені виявленням дефектів типу порожнин та кришіння, ясною та сухою погодою, поперечним перетином дефектних ділянок, що відповідають умові  $h < 2l$ ,

а для глибин залягання дефектів, більших за 35 см, ще й певними місяцями.

Отримані на цей час результати досліджень не задовольняють усі потреби комплексного діагностування, але й не вичерпують можливостей теплової діагностики аеродромних покриттів.

Цими прогнозованими можливостями слід вважати такі:

– виявлення різного роду інших (крім досліджених) пошкоджень, характерних для аеродромних покриттів, наприклад, відколів кутів плит, бетону в поперечних та поздовжніх швах, зсувів, тріщин, хвиль, вибоїв, розм'якшень, угинів;

– урахування особливостей проявів дефектів для різних типів покриттів: цементобетонних (жорстких), асфальтобетонних (нежорстких), комбінованих (асфальтобетон із бетонним нижнім шаром);

– оцінка впливу на розподіл температур на поверхні покриття короточасних дій зовнішніх природних та штучних чинників: дощу, роси, вітру, морозу, потоків гарячих газів від турбін літаків, протиобліднювальних реагентів, ґрунтових вод;

– виявлення залежності характеру глибини залягання та розмірів дефекту по його просторово-часових теплових проявах на поверхні покриття (вирішення зворотного завдання теплового контролю);

– визначення можливостей теплового контролю за несприятливих погодних умов.

Окрім того, важливо на базі виявлених особливостей проявів пошкоджень сформулювати всебічні науково обґрунтовані вимоги до конструкції діагностичного пристрою для контролю покриттів льотних полів аеродромів та розробити завдання технічного проектування пристрою.

## Висновки

1. Теорія теплового контролю аеродромних покриттів досягла вже такого рівня, за якого можна створювати діагностичну апаратуру для розв'язання першочергових завдань контролю.

2. Подальші дослідження значно розширять коло завдань, розв'язуваних засобами теплової діагностики аеродромних покриттів.

3. Для тих діагностичних завдань, які не можна розв'язати винятково засобами теплової діагностики, варто комбінувати їх з іншими способами технічної діагностики.

**Література**

1. *Дмитриев Н.Н.* Основы контроля и диагностики аэродромных покрытий. – К.: УТУ, 1998. – 240 с.
2. *Канарчук В.Е., Дмитриев Н.Н., Деркачев О.Б., Левковец П.Р.* Термометрическая диагностика материалов. – К.: УТУ, 2001. – 247 с.
3. *Канарчук В.Е., Дмитриев М.М., Левковец П.Р., Деркачев О.Б.* До питання про використання тепловізорів для оцінки стану аеродромних покриттів // Вісн. Трансп. акад. України та Укр. трансп. ун-ту. – К., 1999. – № 3. – С. 42–45.
4. *Дмитрієв М.М.* Неруйнуючий контроль стану аеродромних покриттів тепловими методами // Вісн. НТУ України. – 2002. – № 6. – С. 171–181.
5. *Дмитриев Н.Н., Деркачев О.Б.* Аппаратура неразрушающего теплового контроля материалов и покрытий // Вклад науки в повышение надёжности и долговечности машин и сооружений: информ. сб. – К.: Наук. думка, 1989. – С. 38–40.
6. *Деркачев О.Б., Дмитриев Н.Н., Канарчук В.Е., Сидоров В.М.* Комплекс аппаратуры для определения дефектов в аэродромных покрытиях: докл. // V Симпоз. "Sakon-94", RZESZOW (Польша), 1994. – С. 99–105.
7. *Дмитрієв М.М., Деркачев О.Б., Папченко О.М., Дорошенко Ю.В.* Застосування тепловізорів для неруйнуючого контролю аеродромних покриттів // Вісн. НТУ України. – 2004. – № 9. – С. 67–70.
8. *Деркачев О.Б., Папченко О.М., Сушевська О.М.* Алгоритм усунення викривлень при відтворенні теплової карти поверхні // Вісн. НТУ України. – 2006. – № 11. – С. 377–380.
9. *Дмитрієв М.М., Деркачев О.Б.* Усунення викривлень при тепловому контролі льотного поля // тези 62-ї Наук. конф. проф.-викл. складу, асп., студ. та структурних підрозділів НТУ України. – К., –2006, березень. – С. 118.

Стаття надійшла до редакції 21.12.07.