

В.В. Герасимов

СПЕКТРАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДУЛЯЦІЙНИХ ІМПУЛЬСІВ РІЗНИХ АМПЛІТУД В ДЕФЕКТОСКОПІЇ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено розрізняваність сигналів поверхневих тріщин композитних матеріалів різних амплітуд і сигналів відводу/перекосу вихорострумове-го датчика фіксованої амплітуди. Виявлено зміну знака різниці між ідентифікаційними параметрами цих сигналів при зміні співвідношення між їх амплітудами, що ускладнює їх ідентифікацію.

Ключові слова: спектр Фур'є, віконна функція Гауса, вихорострумівий датчик, поверхнева тріщина, параметр ідентифікації.

Постановка проблеми. Композиційні матеріали з вуглецевими армуючими волокнами знайшли широке застосування в багатьох галузях сучасного виробництва завдяки їх унікальним фізико-механічним властивостям. Та саме ці властивості обмежують вибір фізичних методів їх неруйнівного контролю і найперспективнішою в цьому плані є вихорострумова дефектоскопія. Сигнали дефектоскопії, що формуються при скануванні виробів з композитних матеріалів, зазнають впливу значних випадкових компонент, обумовлених значною шорсткістю поверхні таких матеріалів, обумовленою технологією їх виробництва. В умовах наявності заважаючого фактору відводу/перекосу вихорострумове датчика на фоні високоінтенсивного шуму, обумовленого геометрією поверхні композитів, задача своєчасного виявлення поверхневих дефектів різних геометричних розмірів стає більш складною.

Метою даної роботи є дослідження розрізняваності сигналів поверхневих тріщин різної амплітуди та сигналів відводу/перекосу датчика вихорострумове перетворювача на фоні значного шуму, обумовленого шорсткістю поверхні композитних матеріалів.

Аналіз останніх публікацій. Ґрунтуючись на результатах досліджень сигналу відхилення накладного вихорострумове датчика від нормалі до поверхні композитного матеріалу [4] і моделі модуля-

ційного сигналу поверхневої тріщини [5], проводиться спектральний аналіз наступних сигналів: різниці експонент

$$s_1(t) = e^{-b^2 t^2} - ke^{-2b^2 t^2}, \quad (1)$$

який описує сигнал від поверхневої тріщини, і параболоїди

$$s_2(t) = ct^2 + d, \quad (2)$$

що відповідає сигналу перекосу/відводу вихорострумовевого датчика відносно поверхні композита. В якості параметру ідентифікації використовувалась відносна частка суми амплітуд спектральних компонент, які належать визначеному діапазону, до суми всіх спектральних компонент, що є значущими для даного типу дефекту [3]. Спектральні компоненти розраховувались за допомогою дискретного перетворення Фур'є.

Ця робота є подальшим розвитком роботи [3], в якій запропоновано використання спектру сигналів (1) і (2) для їхньої ідентифікації, тобто поділу сигналів від тріщини і сигналів відводу/перекосу датчика на фоні шуму. В роботі [4] для покращення розрізнюваності цих сигналів на фоні значного шуму запропоновано застосування віконної функції Гауса. В даній роботі проводиться дослідження розрізнюваності сигналів (1) і (2) за зміни амплітуди сигналу (1) в значних межах із застосуванням віконної функції Гауса при виконанні перетворення Фур'є.

Основна частина. Вихідні дані та алгоритми обробки сигналів в основному були такі ж, як і в роботах [3, 4]. До цього проводилися дослідження, результатом яких була здатність відрізнити сигнал дефекту від сигналу псевдодефекту з однаковими амплітудами при накладанні шуму. У даному випадку необхідно провести дослідження із вирізнення цих сигналів, але вже із різними амплітудами сигналу s_1 .

Амплітуду сигналу відводу/перекосу s_2 було зафіксовано на рівні 1. Амплітуда сигналу від поверхневої тріщини (модуляційного імпульсу) s_1 змінювалась у діапазоні 0,0.1, ..., 2. Параметр k , який відповідає за форму модуляційного імпульсу, брали з ряду дискретних значень 1, 0.9 і 0.8. Тобто досліджувались відносно короткі (в порівнянні з діаметром датчика) тріщини. Кожний експеримент повторювався 10000 разів. Спектр сигналу обчислювався з використанням вікна Гауса. Залежність параметру ідентифікації K_h від амплітуди сигналу s_1 поверхневої тріщини A при фіксованих значеннях шуму

та певній формі модуляційного імпульсу наведено на рис. 1.

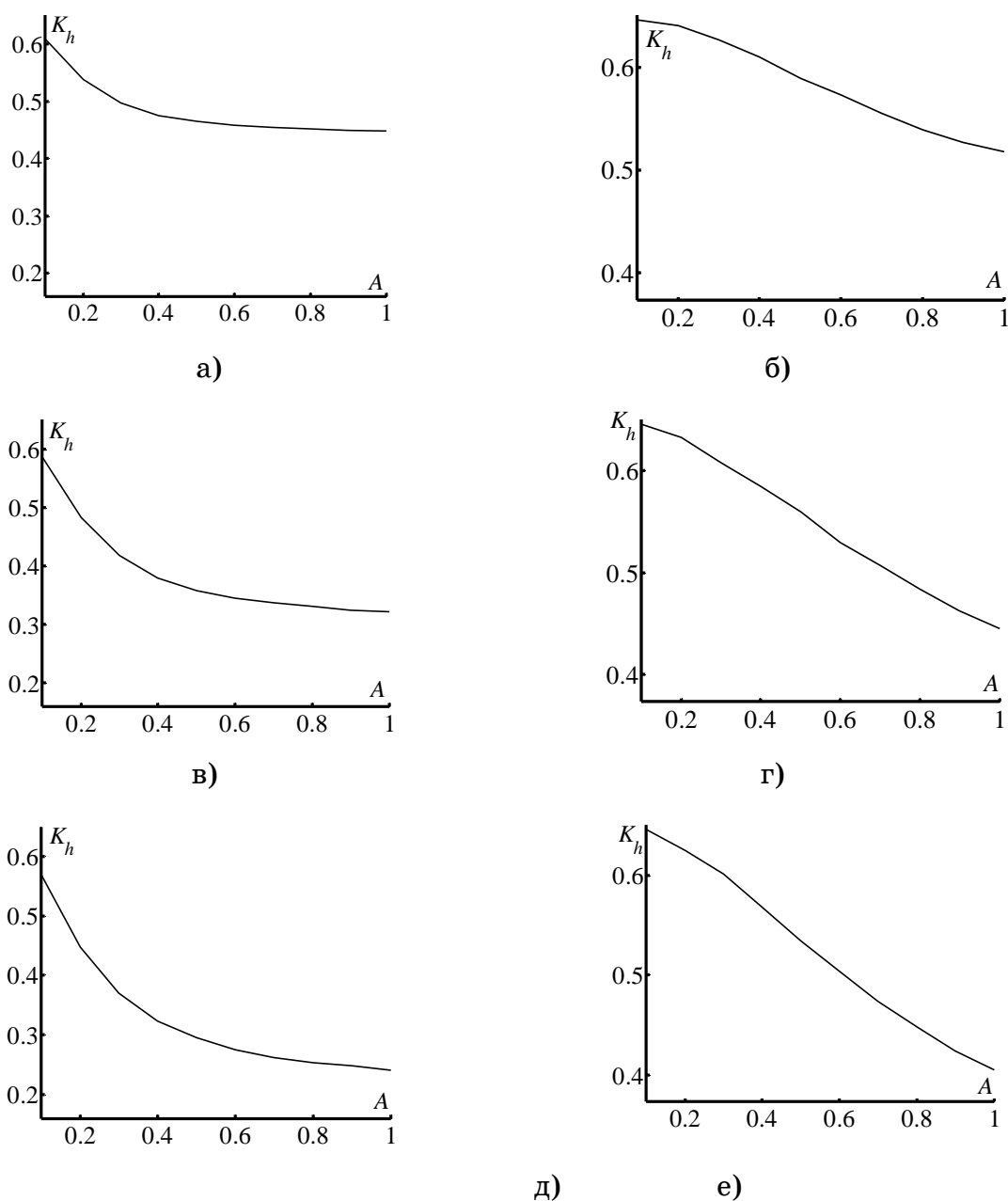


Рисунок 1 – Залежність інформаційного параметру ідентифікації K_h від амплітуди модуляційного імпульсу A : $k = 1$ — а), б); $k = 0.9$ — в), г); $k = 0.8$ — д), е); $\sigma = 0.25$ — а), в), д); $\sigma = 1$ — б), г), е)

Слід зауважити, що максимально можливе значення по осі y на рисунках дорівнює критичному значенню параметру ідентифікації $K_{h_{\text{crit}}} = 0.6475$, що відповідає чистому шуму без будь-якого сигналу [4]. Вісь x на рис. 1 співпадає з лінією, що відповідає параметру ідентифікації K_h для сигналу відводу/перекоосу датчика s_2 .

Зміна форми модуляційного імпульсу має значний вплив на розрізняюваність сигналів поверхневої тріщини s_1 і відводу/перекоосу датчика s_2 . Зі зменшенням параметру k (зі зменшенням провалу між боковими максимумами) параметр ідентифікації K_h для сигналу s_1 починає наближатись до відповідного параметру для сигналу s_2 . В свою чергу параметр ідентифікації K_h для сигналу s_2 зі збільшенням потужності шуму починає збільшуватись (наближатись до критичного значення) значно швидше, ніж відповідний параметр для сигналу s_1 . Так, наприклад, при $k = 0.8$ збільшення стандартного відхилення шуму з $\sigma = 0.25$ до $\sigma = 1$ для сигналу s_1 з амплітудою $A = 2$ приводить до незначного збільшення відповідного параметру ідентифікації K_h з 0.2263 до 0.2935. А для сигналу s_2 таке збільшення шуму приводить до збільшення відповідного параметру ідентифікації K_h з 0.16 до 0.3729. А тому спостерігається дещо парадоксальне явище — збільшення амплітуди сигналу поверхневої тріщини s_1 при фіксованій амплітуді сигналу відводу/перекоосу датчика s_2 при значному шумі погіршує розрізняюваність цих сигналів.

На рис. 2 представлено результати дослідження залежності параметру ідентифікації K_h від стандартного відхилення шуму σ при фіксованих значеннях амплітуди модуляційного імпульсу A при різних значеннях форми цього імпульсу (параметр k).

З наведених рисунків видно, що при відношенні амплітуди сигналу s_1 до амплітуди сигналу s_2 на рівні 0.5 збільшення потужності шуму мало впливає на розрізняюваність цих сигналів. З цих же рисунків видно, що зі збільшенням амплітуди сигналу s_1 зменшується залежність параметру ідентифікації K_h цього сигналу від стандартного відхилення шуму — чим більша амплітуда сигналу, тим менше залежність. Для сигналу s_2 , амплітуда якого зафіксована, спостерігається майже лінійна залежність відповідного параметру ідентифікації K_h від стандартного відхилення шуму σ .

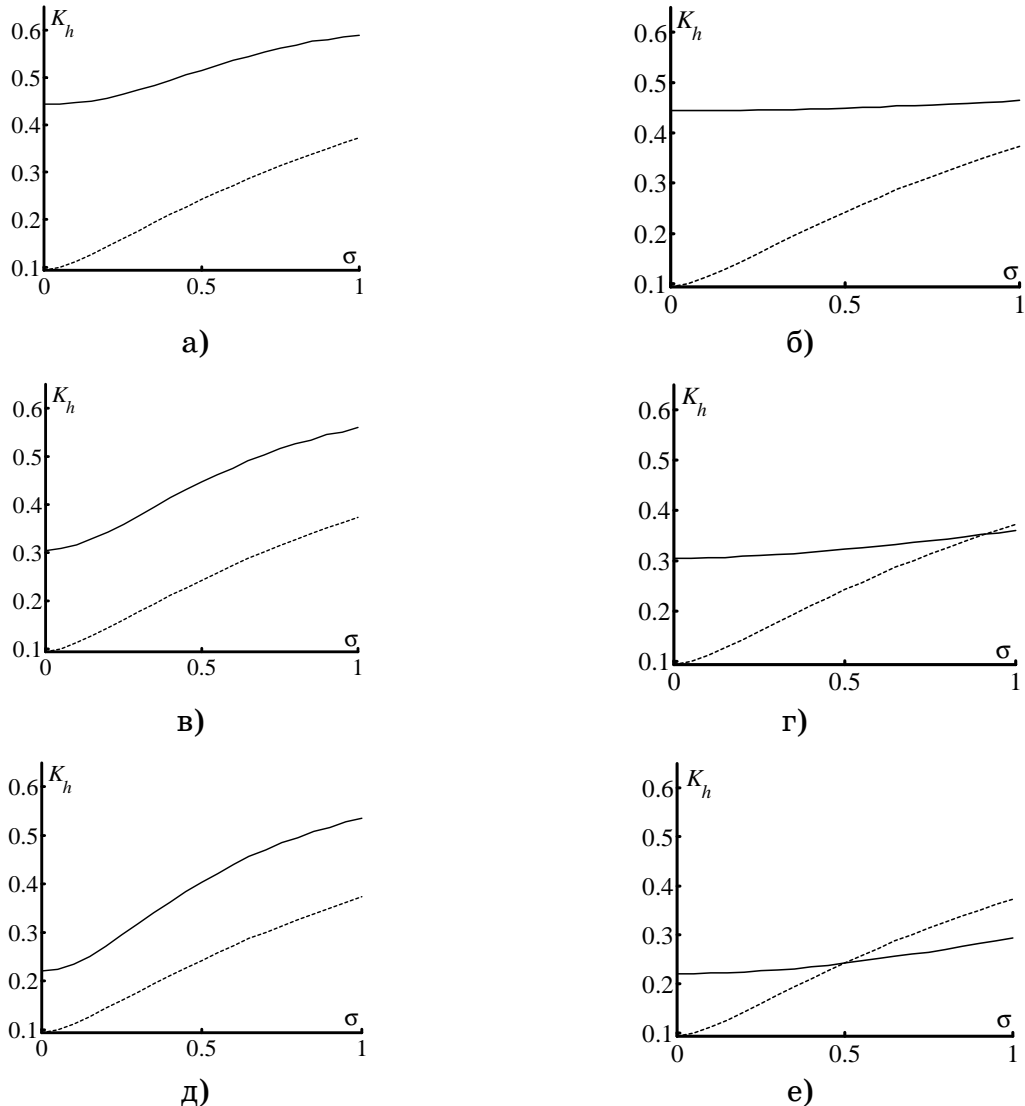


Рисунок 2 – Залежність інформаційного параметру ідентифікації K_h від стандартного відхилення шуму σ : $k = 1$ – а), б); $k = 0.9$ – в), г);

$k = 0.8$ – д), е); $A = 0.5$ – а), в), д); $A = 2$ – б), г), е);

— рівень сигналу s_1 ; - - рівень сигналу s_2

Висновки. Було досліджено розрізняваність сигналів поверхневих дефектів s_1 та сигналів відводу/перекоосу датчика s_2 від поверхні композитного матеріалу на фоні шуму, обумовленого шорсткістю цієї поверхні. В результаті проведених досліджень виявлено, що на фоні значного шуму збільшення амплітуди сигналу s_1 не завжди покращує розрізняваність цього сигналу від сигналу s_2 . Пояснюється це тим, що ідентифікаційний параметр чистого шуму K_{hu} (критичне значення) за своїм значенням більше відповідних ідентифікаційних параметрів для сигналів s_1 та s_2 . Причому ідентифікаційний параметр для останнього сигналу має найменше значення. Зі збільшенням рівня шуму ідентифікаційні параметри для обох типів сигналів почина-

ють наближатись до критичного значення, тобто починають збільшуватись їхні значення. Якщо співвідношення амплітуд цих сигналів не змінюється, то не змінюється і їх співвідношення – найбільше значення має ідентифікаційний параметр чистого шуму, потім сигналу поверхневої тріщини s_1 і сигналу відводу/перекоосу датчика s_2 . Якщо амплітуда сигналу s_1 стає більшою амплітуди сигналу s_2 — відповідні ідентифікаційні параметри міняють своє співвідношення, що ускладнює їх ідентифікацію. Так, наприклад, залежність параметру ідентифікації K_h від стандартного відхилення шуму для сигналу s_2 має приблизно такий же нахил до осі абсцис, як і параметр ідентифікації для поверхневої тріщини, амплітуда сигналу s_1 якого в 2 рази менша за амплітуду вказаного заважаючого сигналу s_2 (для $k = 0.9$). Тобто за таких умов співвідношення між ідентифікаційними параметрами цих сигналів не залежить від рівня шуму. Зі збільшенням амплітуди сигналу s_1 параметр ідентифікації K_h цього сигналу стає все менше залежати від шуму і при амплітуді цього сигналу, вдвічі більшій за амплітуду сигналу s_2 за умови стандартного відхилення шуму $\sigma \approx 1$ ідентифікаційні параметри обох сигналів зрівнюються, тобто розрізнити сигнали стає практично неможливо. При подальшому зростанні амплітуди сигналу s_1 співвідношення між ідентифікаційними параметрами міняється – K_h для сигналу s_1 стає меншим за значенням K_h для сигналу s_2 . Якщо амплітуда сигналу s_1 не перевищує амплітуди сигналу s_2 , то такого явища не спостерігається — співвідношення між відповідними ідентифікаційними параметрами залишається сталим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов В. В., Герасимова О. Л. Исследование сигнала перекоса вихре-токового датчика // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць: Дніпропетровськ, 2001.– Вип. 5 (16).– С. 39-41.
2. Беда П. И. Исследование сигналов накладного датчика в зависимости от изменения размеров и расположения дефектов типа трещин. // Дефектоскопия. – 1970. – № 1. – С. 62-67.
3. Хандецкий В. С., Герасимов В. В. Спектральная идентификация сигналов в дефектоскопии композитов с использованием теории статистических испытаний. // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Фізика. Радіоелектроніка. – 2003. – Вип. 10. – С. 128-132.
4. Хандецкий В. С., Герасимов В. В. Вплив віконних функцій на розпізнавання сигналів в дефектоскопії композитних матеріалів // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць: Дніпропетровськ. – 2013. – Вип. 5 (88).