

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛОКАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НА ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ КОМПОЗИТНИХ СТЕРЖНІВ

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України

### Анотація

В роботі розглянуто результати експериментального дослідження впливу локального пошкодження типу паз, а також пошкодження від локального удару на характеристики вимушених коливань консольного стержня із багатошарового вуглепластика та приведено аналіз амплітудно-залежного розсіювання енергії.

**Ключові слова:** вимушені коливання, багатошаровий композитний стержень, пошкодження, демпфування.

### Вступ

Полімерні композитні матеріали завдяки високому співвідношенню міцності та жорсткості до ваги широко використовуються у конструктивних елементах сучасної авіаційної та ракетокосмічної техніки. Водночас, при експлуатації таких конструктивних елементів, внаслідок дії зовнішніх чинників можуть виникати локальні пошкодження, які суттєво знижують їх міцність та надійність. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки методів діагностики таких пошкоджень при виготовленні та експлуатації композитних конструктивних елементів.

Метою роботи є дослідження впливу пошкодження типу паз різної глибини та пошкодження від локального удару на характеристики вимушених резонансних коливань консольного стержня із багатошарового вуглепластика та аналіз амплітудно-залежного розсіювання енергії.

### Результати дослідження

З використанням розробленого експериментального стану (рис. 1), було проведено дослідження резонансних коливань та розсіювання енергії для консольного зразка призматичної форми  $L \times b \times h = 195 \times 20 \times 4$  мм, виготовленого з плетеного вуглепластику Т300 зі структурою типу саржі. Досліджувані зразки, що складаються з 12 шарів вуглепластику та були вирізані із пластини у напрямку утоку.

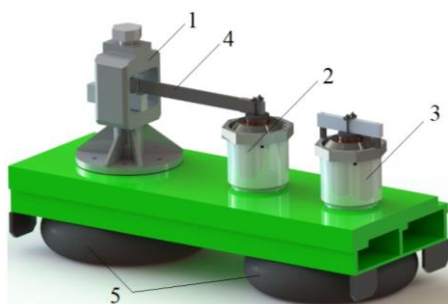


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки для визначення дисипативних характеристик коливань стержневих зразків: 1 – затискач; 2, 3 – електродинамічні вібратори; 4 – зразок; 5 – гумові віброізоляційні камери.

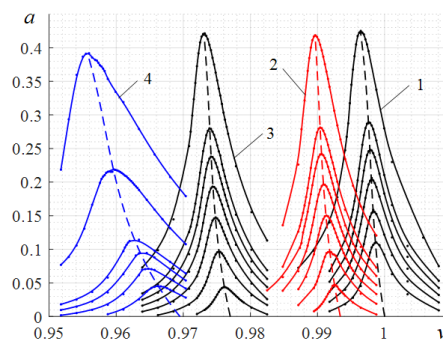


Рис. 2. Резонансні криві для непошкодженого зразка (1) та за наявності поперечного пазу з відносною глибиною 0,16 (2), 0,25 (3) і пошкодженням від удару (4).

Розглядалися пошкодження типу прямокутний паз шириною 1 мм і відносною глибиною 0,16 та 0,25 та локальне пошкодження від удару енергією 10 Дж напівсферичним пуансоном діаметром 5 мм. Пошкодження розташовувалися на відстані, що становила  $0,1 \cdot L$  від закріплення.

Експериментальні залежності відносної амплітуди ( $a = a_0/h$ ) переміщення вільного кінця композитного стержня при його консольному закріпленні від відносної частоти ( $\nu = p/\omega$ ) збудження коливань показані на рис. 2. На ньому представлено залежності для непошкодженого зразка, для зразків з прямокутним пазом різної глибини, а також з пошкодженням від удару. Резонансні криві для кожного випадку отримані при збудженні гармонічних коливань з частотою  $p$  змусувальної сили, що задавалася генератором частот з амплітудою в діапазоні від 0,002 до 0,02 В.

Отримані амплітудні резонансні криві досліджуваних стержнів свідчать про неідеально пружні властивості їх матеріалу. Як можна побачити з характеру скелетних кривих (шрихові лінії), отриманих як для непошкоджених зразків (крива 1), так і з пошкодженням (2-4), композитний стержень має м'яку характеристику відновлювальної сили, що вказує на непружний опір його матеріалу. Зазначимо, що залежність власної частоти  $\omega$  від амплітуди  $a$  коливань для стержнів з різною глибиною пазу не збільшилась у порівнянні з непошкодженим. Водночас, за наявності пазу скелетні криві зміщуються у бік нижчих частот, що пов'язано зі зменшенням жорсткості стержня. Однак для пошкодження, обумовленого ударним навантаженням, таке зниження власної частоти коливань також супроводжується значним збільшенням її амплітудної залежності, що свідчить про чітко виражену наявність дефекта ефективного модуля пружності, і, відповідно, неідеально пружних втрат енергії коливань, які характеризуються амплітудною залежністю логарифмічного декременту коливань.

## Висновки

Представлені результати можуть бути використані для обчислення дефекта модуля, а відтак і емпіричного визначення ступеня пошкодженості композитного конструктивного елемента. Водночас збільшення градієнта амплітудної залежності логарифмічного декременту коливань для вуглепластиків може бути ефективним показником наявності пошкоджень, які обумовлюють зростання гістерезисних втрат.

**Кабанник Сергій Миколайович** — канд. техн. наук, с.н.с. відділу коливань і вібраційної надійності, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ, e-mail: kabannyk@ipp.kiev.ua

**Деркач Олег Леонідович** — канд. техн. наук, завідувач відділу коливань і вібраційної надійності, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ, e-mail: derkach@ipp.kiev.ua

**Савченко Кирило Валентинович** — канд. техн. наук, с.н.с. відділу коливань і вібраційної надійності, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ

**Круц Вадим Олексійович** — канд. техн. наук, с.н.с. відділу коливань і вібраційної надійності, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ

### *An influence of a damage on the forced vibrations of a laminated composite beam*

#### **Abstract**

*The work presents the result of the experimental study of the influence of the local notch-type and impact damages on the characteristics of forced harmonic vibrations of a multilayer cantilever beam made of woven carbon fibre reinforced plastic and its amplitude-dependent energy dissipation.*

**Keywords:** forced vibrations, composite beam, damage, damping.

**Kabannyk Serhii M.** — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Oscillations and Vibration Reliability Department, G.S. Pisarenko IPS NAS of Ukraine, Kyiv, email : kabannyk@ipp.kiev.ua

**Derkach Oleh L.** — Candidate of Technical Sciences, Head of Oscillations and Vibration Reliability Department, G.S. Pisarenko IPS NAS of Ukraine, Kyiv

**Savchenko Kyrylo V.** — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Oscillations and Vibration Reliability Department, G.S. Pisarenko IPS NAS of Ukraine, Kyiv

**Kruts Vadym O.** — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Oscillations and Vibration Reliability Department, G.S. Pisarenko IPS NAS of Ukraine, Kyiv