

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
117-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)*

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

*22-23 лютого 2024 року  
м. Київ*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. 505 с.

Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 117th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 22–23, 2024, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2024. 505 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

УДК 614.82

**ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ЗРАЗКІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ЗА  
ПАРАМЕТРАМИ НАКОПИЧЕНОГО ЗА БАГАТОЦИКЛОВОЇ ВТОМИ  
ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕЛЬЄФУ**

**О. В. ВОЙНАЛОВИЧ**, к.т.н., доц.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,*

**Г. Г. ПИСАРЕНКО**, д.т.н., проф.,

**А. М. МАЙЛО**, к.т.н.,

**С. Г. ПИСАРЕНКО**, асп.

*Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України*

*E-mail: voynalovich@nubip.edu.ua, georgiy.pysarenko@gmail.com*

У науковій літературі розсіяне пошкодження конструкційних матеріалів розглядають як стадійне змінення їх структури на різних рівнях до вичерпання здатності опиратися втомі. Оцінення інтенсивності та стадійності накопичування втомного пошкодження є важливим для прогнозування довговічності (залишкового ресурсу) конструкційних елементів металоконструкцій, адже тривалість стадії розсіяного пошкодження до критичної (виникнення магістральної тріщини) здебільшого суттєво переважає половину відносної довговічності металоконструкції до зруйнування [1].

За втоми конструкційних матеріалів визначальним є кінетика деформування поверхні, тобто як змінюються характеристики розподілу zdeформованих елементів поверхні матеріалу. Мікропластичне деформування у формі піків і впадин рельєфу поверхні металоконструкції проявляється в обмеженій кількості локальних об'ємів матеріалу, кількість яких зростає внаслідок тривалості циклічного навантажування, формуючи зміни деформаційного рельєфу [2].

Оскільки встановлено взаємозв'язок інтенсивності потоку світла, розсіяного поверхнею матеріалу, і статистичними характеристиками площини, від якої відбивається світловий потік, то для дослідження накопичення втомних непружних деформацій на поверхні конструкційного матеріалу можна застосувати оптико-комп'ютерні засоби [3], що дозволяють дистанційно сканувати поверхню металоконструкції з належною вибірковістю виявлення дефектів. Висока чутливість оптико-комп'ютерних методів оцінення

інтенсивності накопичення поверхневого деформаційного пошкодження базується на багатопроменевій інтерференції хвиль когерентного джерела світла з локалізацією малорозмірних об'єктів змін елементів рельєфу поверхні розміром 1-100 мкм [4].

Метою даної роботи є визначення взаємозв'язку статистичних характеристик деформаційних дефектів та еволюції дискретних деформацій поверхні конструкційних металевих матеріалів на стадіях багатоциклової втоми.

У роботі досліджували на втому зразки, виготовлені з листа сталі Ст. 45 товщиною 1,5 мм, за циклічного навантажування (розтяг-стиск; м'який режим; асиметрія циклів  $R = 0,1$ ). Металографічні дослідження мікрошліфів зразків виконали на стереоскопічному мікроскопі МБС-10 з цифровим фотофіксуванням та на оптичному інвертованому мікроскопі «AXIOVERT 40 MAT» з отриманням мікроструктур цифровими фотокамерами AXIOSAM 305 за збільшення у діапазоні  $\times 50-1000$ .

Щоб аналізувати зміни деформаційного рельєфу поверхні зразків внаслідок накопичування втомного пошкодження використовували метод спекл-інтерферометрії, коли поверхню зразка опромінювали на лазерній оптичній системі когерентним джерелом світла з довжиною хвилі 0,45 мкм [5]. Накопичена пошкодженість зразка проявляється як змінення параметрів дискретних характеристик дефектів поверхні та змінення відповідно кількості пікселів певної градації сірого у спеклструктурі рельєфу поверхні.

Систему кореляційних діаграм, які характеризують вплив циклічного навантажування на зміни яскравості спеклограм, як прояв накопичення амплітуди деформаційного мікрорельєфу поверхні досліджуваних зразків Ст 45, а також їх лінії тренду приведено на рис. 1.

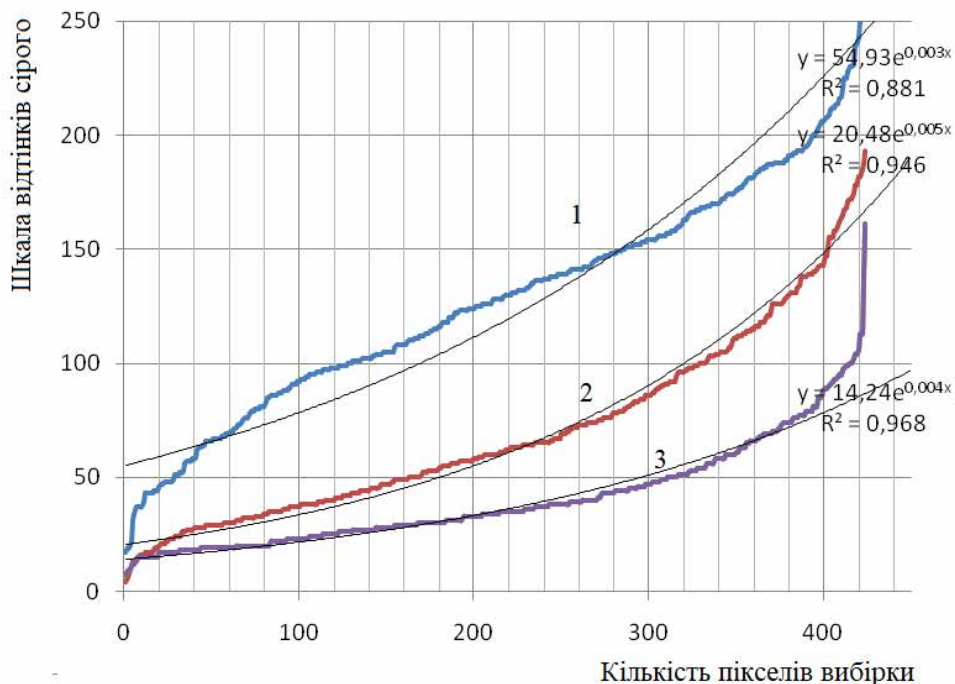


Рис. 1. Кореляційні діаграми змін ступеню яскравості спеклограм від врахованої кількості пікселів вибірки, як прояв накопичення деформацій поверхні за втоми зразків Ст 45 для різних етапів циклічного навантажування: 1 – початковий стан; 2 –  $N = 5 \cdot 10^5$ ; 3 –  $N = 5 \cdot 10^7$  циклів (тонкими лініями зображено лінії тренду з відповідними експоненційними рівняннями та ступенем достовірності  $R^2$ )

Побудовані за принципом діаграм Парето, діаграми на рис. 1 показують монотонність їх розташування із збільшенням тривалості циклічного навантажування та суттєве зростання поточного стану миттєвого значення кута нахилу графіка у координатах діаграми, як ознаки динаміки процесу нелокалізованого руйнування за багатоциклового навантажування.

Отримані дані узгоджуються з результатами дослідження накопичення втомного пошкодження металів, в яких представлено стадійність процесу та суттєве зростання параметрів пошкодження на стадії перед формуванням локального макропошкодження. Виявлені у даній роботі особливості результатів кількісного аналізу кореляційних діаграм вказують на доцільність визначати стан втомного пошкодження металоконструкції за критерієм граничного накопичення параметра, який характеризує зміни яскравості певних (світлих і темних) елементів спеклограм, що відповідає змінам деформаційного рельєфу зразків металоконструкції за циклічного навантажування.

### Список використаних джерел

1. Pysarenko G., Voynalovich O., Maylo A., Pysarenko S. Deformation defects of the structural material as a factor of life aging. *Procedia Structural Integrity. 1st Virtual International Conference "In service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction"*. 2022. Vol. 36. pp. 30-35.
2. Georgy Pysarenko, Oleksandr Voinalovych, Andriy Mailo, Stepan Pysarenko. A methodical approach to determining the damage characteristics of cyclically loaded samples of metal structures. *Machinery & Energetics*. 2022. Vol. 13, No. 4. pp. 28-37.
3. Бялонович А.В., Писаренко Г.Г., Писаренко С.Г., Войналович О.В. Аналіз зображень спекл-структур поверхні матеріалу в процесі накопичення пошкоджень за циклічного навантаження із застосуванням нейронних мереж. *Матеріали XXIII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка, технологія та професійна освіта»*. № XXIII (2023). С. 97-100.
4. Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Майло А.М., Писаренко С.Г. Метод безконтактного визначення амплітуди деформації накопиченого експлуатаційного пошкодження металоконструкції. *Machinery & Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine*. 2021. 12(3). С. 25-32.
5. Войналович О.В., Писаренко Г.Г., Майло А.М. Спосіб вимірювання ступеню мікрордеформованості поверхні металоконструкцій із застосуванням когерентного випромінювання. Патент України на корисну модель № 134268. Бюл. № 9 від 10.05.2019 р.