

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U00117

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хуан Тао --

2. tao huang

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-0972-043X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 131

Назва наукової спеціальності: Прикладна механіка

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна механіка

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Прикладна механіка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 13044

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 67.09.55, 30.19.29, 30.19.57

**Тема дисертації:**

1. Пошкоджуваність та руйнування армованих композиційних матеріалів
2. Damage and Failure of Reinforced Composites

**Реферат:**

1. У дисертаційному дослідженні розв'язується актуальна науково-прикладна проблема моделювання та експериментального вивчення накопичення розсіяних пошкоджень в армованих композитах. Такі матеріали широко застосовуються в аерокосмічній техніці, енергетиці та високонавантажених конструкціях завдяки високій питомій міцності, питомому модулю та конструктивній адаптивності. Водночас у процесі експлуатації в них неминуче виникають мікротріщини матриці, руйнування волокон, зсувні пошкодження та міжшарове розшарування, що спричиняє поступову деградацію жорсткості й міцності та зрештою призводить до руйнування конструкції. Більшість наявних моделей недостатньо враховують кумулятивний ефект розсіяних пошкоджень, особливо на ранніх стадіях руйнування, що знижує точність прогнозування напружено-деформованого стану та моменту появи макротріщин. У роботі виконано системний теоретичний аналіз механічної поведінки армованих композитів з урахуванням їх анізотропії, структури

ламінату, об'ємної частки волокон і міжфазних властивостей. Як теоретичну основу використано механіку суцільного пошкодження та положення незворотної термодинаміки. На базі функції вільної енергії побудовано термодинамічно узгоджену феноменологічну модель еволюції пошкоджень, у якій введено чотири змінні для опису основних механізмів деградації: пошкодження волокон, пошкодження матриці, зсувні пошкодження в площині шару та пошкодження міжшарового інтерфейсу. Модель описує стадії зародження, стабільного розвитку та прискореної еволюції пошкоджень. Додатково запропоновано критерій міцності армованих композитів, сформульований на основі граничного стану та вдосконаленого правила змішування. Експериментальна частина роботи спрямована на забезпечення ідентифікованості параметрів моделі та перевірку її придатності для практичного застосування. Розроблено систематичну програму статичних одноосових випробувань на розтяг і циклів навантаження-розвантаження для зразків з різними схемами укладання. На основі експериментальних кривих напруження-деформації та методу нахилу гілки розвантаження визначено еквівалентні модулі пружності на різних етапах навантаження, що дало змогу кількісно описати деградацію жорсткості. Також отримано базові механічні характеристики матеріалу, необхідні для ідентифікації параметрів моделі. На основі експериментальних даних проведено ідентифікацію параметрів для різних механізмів пошкодження та виконано валідацію моделі шляхом зіставлення розрахункових і експериментальних результатів. Запропоновано вдосконалений гібридний підхід до визначення граничної міцності та ключових механічних параметрів армованих композитів з урахуванням об'ємної частки волокон, структури укладання та міжфазних ефектів. Це дало змогу підвищити обґрунтованість оцінювання несучої здатності та анізотропних граничних характеристик композитних матеріалів. Результати дослідження показали, що товщина шару  $90^\circ$  істотно впливає на швидкість накопичення матричних пошкоджень і момент виникнення макроскопічного руйнування. У ламінатах із шарами  $\pm 45^\circ$  домінують зсувні пошкодження, які значною мірою визначають нелінійну деформаційну відповідь і зниження жорсткості на проміжних стадіях навантаження. Побудована модель продемонструвала добру узгодженість з експериментальними даними та дала змогу встановити взаємозв'язок і послідовність розвитку основних механізмів пошкодження – від початкової деградації жорсткості до остаточного руйнування ламінованих панелей. Отримані результати мають важливе теоретичне та практичне значення для прогнозування пошкоджуваності, оцінювання несучої здатності й забезпечення безпечного проектування композитних конструкцій.

2. This dissertation research addresses the topical scientific and applied problem of modelling and experimentally investigating the accumulation of distributed damage in reinforced composites. Such materials are widely used in aerospace engineering, the energy sector and high-load structures due to their high specific strength, specific modulus and structural adaptability. At the same time, during service, microcracks in the matrix, fibre breakage, shear damage and interlaminar delamination inevitably occur, causing a gradual degradation of stiffness and strength and ultimately leading to structural failure. Most existing models do not sufficiently account for the cumulative effect of scattered damage, particularly in the early stages of failure, which reduces the accuracy of predicting the stress-strain state and the timing of macrocrack initiation. This work presents a systematic theoretical analysis of the mechanical behaviour of reinforced composites, taking into account their anisotropy, laminate structure, fibre volume fraction and interfacial properties. The theoretical framework is based on continuous damage mechanics and the principles of irreversible thermodynamics. Based on the free energy function, a thermodynamically consistent phenomenological model of damage evolution has been developed, in which four variables are introduced to describe the main degradation mechanisms: fibre damage, matrix damage, shear damage within the layer plane, and interlayer interface damage. The model describes the stages of initiation, stable development and accelerated evolution of damage. Additionally, a strength criterion for reinforced composites is proposed, formulated on the basis of the limit state and an improved mixing rule. The experimental part of the work is aimed at verifying the identifiability of the model parameters and testing its suitability for practical application. A systematic programme of static uniaxial tensile tests and loading-unloading cycles has been developed for specimens with different lay-up configurations. Based on experimental stress-strain curves and the unloading branch slope method, equivalent elastic moduli were determined at different loading stages,

which made it possible to quantitatively describe the degradation of stiffness. The basic mechanical properties of the material required for model parameter identification were also obtained. Based on the experimental data, the parameters for various damage mechanisms were identified, and the model was validated by comparing the calculated and experimental results. An improved hybrid approach is proposed for determining the ultimate strength and key mechanical parameters of reinforced composites, taking into account the fibre volume fraction, lay-up structure and interphase effects. This has made it possible to improve the reliability of the assessment of the load-bearing capacity and anisotropic limit characteristics of composite materials. The results of the study showed that the thickness of the 90° layer significantly influences the rate of matrix damage accumulation and the onset of macroscopic failure. In laminates with  $\pm 45^\circ$  layers, shear damage dominates, which largely determines the non-linear deformation response and the reduction in stiffness during the intermediate stages of loading. The developed model demonstrated good agreement with experimental data and made it possible to establish the interrelationship and sequence of development of the main damage mechanisms – from the initial degradation of stiffness to the final failure of laminated panels. The results obtained are of significant theoretical and practical importance for predicting damage susceptibility, assessing load-bearing capacity and ensuring the safe design of composite structures.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Huang T. A review of delamination damage of composite materials / T. Huang, M. Bobyr // Journal of Composites Science. – 2023. – Vol. 7, No. 11. – P. 468.(Scopus та Web of Science database , Q2)
- Huang T. Prediction ability analysis of phenomenological strength criteria for composites / T. Huang // Journal of Engineering Sciences (Ukraine). – 2024. – Vol. 11, No. 1. – P. D54–D65.
- Tao X. Модель безперервного пошкодження ламінатів, армованих вуглецевим волокном (CFRP) під навантаженням на розтяг / Tao X. // Інновації молоді в машинобудуванні 2024 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – 2024.
- Tao X. In-plane shear damage modelling of T300/epoxy composites / Tao X. // Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates : Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Internet Conference. – 2024. – P. 302.
- Tao X. Чисельно-аналітичний метод розвитку пошкоджень анізотропних пластин / Tao X. // Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта : матеріали наук.-техн. конф. – 2024. – № XXIV. – С. 27–30.
- Tao X. Анізотропна модель пошкодження з урахуванням ефекту закриття тріщин / Tao X. // Інновації молоді в машинобудуванні 2025 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – 2025.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** технології

**Соціально-економічна спрямованість:** зменшення зносу обладнання

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впровадження не планується

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бобир Микола Іванович

2. Mykola I. Bobyr

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.02.09

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4680-9465

**Додаткова інформація:** <https://scholar.google.com.ua/citations?user=tj1l9IAAAAJ&hl=ru&authuser=1>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Мікосянчик Оксана Олександрівна

2. Oksana O. Mikosianchuk

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2438-1333

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державне некомерційне підприємство "Державний університет "Київський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 45853942

**Місцезнаходження:** просп. Гузара Любомира, Київ, 03058, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Тарасовська Світлана Олександрівна

2. Svitlana O. Tarasovska

**Кваліфікація:** к.т.н., с.д., 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8509-1578

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417319

**Місцезнаходження:** вул. Садово-Ботанічна, Київ, 01014, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Селіванов Михайло Федорович

2. Mikhailo Selivanov

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1266-4042

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417070

**Місцезнаходження:** вул. П. Нестерова, Київ, 03057, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гондляр Олександр Володимирович

2. Oleksandr V. Gondlyah

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 01.02.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2490-2829

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Шукаєв Сергій Миколайович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Шукаєв Сергій Миколайович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Хуан Тао

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна