# Облікова картка НДДКР

**Державний обліковий номер:** 0223U000485

**Державний реєстраційний номер:** 0121U109742

**Відкрита**

**Дата реєстрації:** 09-01-2023

## 1. Етапи виконання

**Номер етапу:** 2

**Назва етапу:** Розробка методів розв'язання статичних задач для елементів конструкцій з функціонально неоднорідних композиційних матеріалів.

**Початок етапу:** 01-2022

**Закінчення етапу:** 12-2022

**Вид звітного документа:** Проміжний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 02071180

**Підпорядкованість:** Міністерство освіти і науки України

**Адреса:** вул. Кирпичова, буд. 2, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61002, Україна

**Телефон:** 380577076634

**E-mail:** omsroot@kpi.kharkov.ua

**WWW:** https://www.kpi.kharkov.ua/

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Міністерство освіти і науки України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 38621185

**Адреса:** проспект Перемоги, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

**Підпорядкованість:** Кабінет Міністрів України

**Телефон:** 380444813221

**Телефон:** +380444813221

**Телефон:** mon@mon.gov.ua

**E-mail:** mon@mon.gov.ua

**WWW:** https://mon.gov.ua/ua

## 4. Джерела та напрями фінансування

**Підстава для проведення робіт:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**КПКВК:** 220 1040

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**Джерело фінансування:** 7713 - кошти держбюджету

**Фактичний обсяг фінансування за звітний етап:** 1400.000 тис. грн.

## 5. Науково-технічна робота

### Назва роботи (укр)

Розробка теорії і методів розв'язання задач нелінійного деформування елементів конструкцій з сучасних композиційних матеріалів

### Назва роботи (англ)

Development of theory and methods for solving problems of nonlinear deformation of structural elements made of modern composite materials

### Реферат (укр)

Об'єкти дослідження – компоненти тензора теплового розширення односпрямоване та ортогональне армованих волокнистих композитів, опір розшаруванню зразків з композитного тришарового матеріалу: швидкість вивільнення енергії деформації, коефіцієнти інтенсивності напружень та фазовий кут змішування режимів руйнування. Мета роботи – розв'язання задач чисельного визначення ефективних термомеханічних характеристик анізотропних композиційних матеріалів, розробка нових підходів, моделей і методів дослідження новітніх матеріалів у вигляді сендвіч-композитів. Методи дослідження – теоретичні методи гомогенізації термофізичних властивостей композиційних матеріалів, комп'ютерні методи дослідження параметрів композитів, аналітичні методи, засновані на теоріях балок, напіваналітичні та чисельні методи, що використовуються для випробовувань сендвіч-панелей на руйнування. Представлено комплексну чисельну методику, що дозволяє визначати компоненти тензору температурного розширення волокнистих композитів. Мікромеханічний аналіз виконується на періодично повторюваному представницькому об'ємі на базі метода скінченних елементів. Представлено три різні експериментальні методи, що використовуються для випробовування сендвіч-панелей на руйнування. Ці аналітичні, напіваналітичні та чисельні моделі можуть слугувати високоточними оцінками параметрів руйнування.

### Реферат (англ)

The objects of research are the components of the thermal expansion tensor of unidirectional and orthogonally oriented fibrous composites, the resistance to delamination of samples made of a three-layer composite material: the rate of strain energy release, stress intensity coefficients, and the phase angle of mode mixing. The purpose of the work is to solve the problems of numerical determination of effective thermomechanical characteristics of anisotropic composite materials, development of new approaches, models and methods of research of the latest materials in the form of sandwich composites. Research methods – theoretical methods of homogenization of thermophysical properties of composite materials, computer methods of studying composite parameters, analytical methods based on beam theories, semi-analytical and numerical methods used for fracture tests of sandwich panels. A complex numerical technique is presented that allows determining the components of the temperature expansion tensor of fiber composites. Micromechanical analysis is performed on a periodically repeated representative volume based on the finite element method. Three different experimental methods used for fracture testing of sandwich panels are presented. These analytical, semi-analytical and numerical models can serve as highly accurate estimates of fracture parameters.

**Індекс УДК:** 539.3

**Коди тематичних рубрик НТІ:** 30.19

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

**НТП 1**

**Назва продукції (укр):** Теоретичні методи гомогенізації термофізичних властивостей композиційних матеріалів, нові підходи, моделі і методи дослідження новітніх матеріалів у вигляді сендвіч-композитів.

**Назва продукції (англ):** Theoretical methods of homogenization of thermophysical properties of composite materials, new approaches, models and methods of research of the latest materials in the form of sandwich composites.

**Очікувані результати:** Методи, теорії

**Галузь застосування:** 72.10 - Дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук

**Опис продукції (укр):** Розроблено єдиний підхід до чисельної гомогенізації теплофізичних властивостей волокнистих композитів. Розглянуто три типи композитів регулярної структури, в яких можна виділити елементарний об'єм, що періодично повторюється. Передбачення ефективних властивостей теплопровідності та коефіцієнтів лінійного розширення композиту виконується на основі заданої структури армування, а також відомих фізичних характеристик матриці та волокон. Для розглянутих симетричних структур еквівалентні гомогенні матеріали є ортотропними або трансверсально ізотропними. Перевагою розробленої методики є можливість визначення температурного мікронапруження. Досліджено три різні методи, що використовуються для випробовування сендвіч-панелей на руйнування. Обчислюються швидкість вивільнення енергії деформації, коефіцієнти інтенсивності напружень та фазовий кут змішування режимів. Аналітичні моделі використовують як лінійну механіку пружних руйнувань у поєднанні з аналітичними міркуваннями та чисельними розрахунками, так і одновимірні теорій балок, тоді як скінчено-елементні передбачення проводяться у пакеті ABAQUS та у середовищі Matlab. Зроблено висновки щодо точності прогнозування аналізу руйнування для кожного з трьох різних зразків.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Стадія завершеності НТП:** Звіт по НДДКР

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Строки впровадження:** 01.202312.2024

**Виробник продукції:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Споживачі продукції:** Підприємства машинобудування

**Перспективні ринки:** Ринки України

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис


1. Altenbach H., Lvov G., Lvov I., Morachkovsky O. The Use of the Homogenization Method in the Analysis of Anisotropic Creep in Metal-matrix Composites. Material Modeling and Structural Mechanics. Advanced Structured Materials. - 2022. - Vol.161. - P. 1-18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97675-0_1

2. G. I. Lvov. NUMERICAL HOMOGENIZATION OF THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF FIBROUS COMPOSITES. MECHANICS OF COMPOSITE MATERIALS. — 2022. — Vol. 58, No. 5. — P. 1—22 https://doi.org/10.22364/mkm.58.5.0x

3. Mikhlin Y.V., Rega G., Kovaleva M.A. Special Issue dedicated to the memory of Professor Leonid I. Manevitch. International Journal of Non-Linear Mechanics. 2022. Vol. 147. 104211 https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104211

4. Surganova Y.E., Mikhlin Y.V. Localized and non-localized nonlinear normal modes in a system of two coupled pendulums under a magnetic field. International Journal of Non-Linear Mechanics. 2022. Vol. 147. 104182 https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104182

5. Lebedenko Y.O., Mikhlin Y.V., Pinsky M.A. Resonance Dynamics of the Non-ideal System Having the Pendulum as Absorber of Elastic Vibrations. Mechanisms and Machine Science. 2022. Vol. 116. pp. 139–149. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-96603-4_9

6. Pinchuk, N., Tkachuk M., Zhadko, M., Kniazieva, H., Meilekhov, A. The Effect of Deposition Conditions and Irradiation on the Structure, Substructure, Stress-Strain State, and Mechanical Properties of TiN Coatings. Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022. Pp. 475-484 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-06025-0_47

7. Tkachuk M., Grabovskiy, A., Tkachuk A., Hrechka, I., Sierykov, V. Contact Interaction of a Ball Piston and a Running Track in a Hydrovolumetric Transmission with Intermediate Deformable Surface Layers. Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022. Pp.509-520. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91327-4_50

8. Tkachuk M., Grabovskiy, A., Tkachuk A. Numerical and Analytical Analysis Methods for Radial Response of Flexible Ring Dampers. Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering. 2022. Pp 499–506. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-88465-9_49

9. Shapovalova M., Vodka O. Computer Method of Determining the Yield Surface of Variable Structure of Heterogeneous Materials Based on the Statistical Evaluation of Their Elastic Characteristics. Applied Condition Monitoring. 2022. Vol. 18. Pp. 378-392. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-82110-4_21

10. Zuev, A., Vodka, O. Development of a Distributed Wireless Vibration Measurement and Monitoring System. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 - Conference Proceedings. https://ieeexplore.ieee.org/document/9916375

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 52

**Мова звіту:** Українська

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Бурлаєнко Вячеслав Миколайович (к. т. н., доц.)

Водка Олексій Олександрович (к. т. н., доцент)

Львов Сергій Геннадійович (к.т.н., доц.)

Міхлін Юрій Володимирович (д.ф.-м.н., професор)

Ткачук Микола Миколайович (д.т.н.)

**Керівник організації:**

Марченко Андрій Петрович

**Керівники роботи:**

Львов Геннадій Іванович (д.т.н., професор)

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності УкрІНТЕІ**

Юрченко Т.А.