# Облікова картка ДіР

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0224U001963

**Державний реєстраційний номер:** 0122U201064

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 02-02-2024

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Створення математичного апарату для розв’язання прикладних задач

**Початок етапу:** 01.2021

**Закінчення етапу:** 12.2023

**Вид звітного документа:** Остаточний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61070, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380573151131, 380573151056

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61070, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380573151131

## VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

**Підстава для проведення ДіР:** 43 - власна ініціатива (якщо робота виконується з власної ініціативи за кошти виконавця НДР або безкоштовно)

**Напрям фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

**7706 - безплатно (договір про науково-технічне співробітництво, тощо)**

# VII. Відомості про ДіР

## Назва роботи українською:

Розвиток та застосування математичних методів дослідження прикладних задач

## Назва роботи англійською:

Development and application of mathematical methods for the study of applied problems

## Реферат українською:

Досліджено побудову функцій Гріна першої та другої крайових задач для рівняння Лапласа в просторі зі сферичним сегментом в аналітичній формі, а також числовий аналіз цих функцій. Проведено дослідження напруженного стану у трансверсально-ізотропному просторі з двома паралельними круговими тріщинами. Виконано подальший розвиток узагальненого методу Фурье на стиснуті сфероїдальні системи координат з початками. Побудовано локальну стаціонарну модель термопружного стану пористого матеріалу. Побудовано новий набір осесиметричних базисних розв'язків рівняння Ламе для кулі та доведено теореми додавання для нього і для розв'язків векторного бігармонічного рівняння в уведених системах координат. Розв’язано задачу топологічної оптимізації симетричного двозрізного з'єднання. Запропонована математична модель з'єднання змінної товщини є узагальненням класичної моделі Голанда-Рейсснера. Проведено порівняння результатів із результатами скінченно-елементного моделювання. Отримано конструктивний математичний апарат tomic-function для розв’язання задач обробки сигналів та зображень, а також для розв’язання крайових задач для рівнянь з частинними похідними математичної фізики. Також розроблено апарат Біркгоффової інтерполяції за допомогою tomic-function. Запропоновано комплекс модифікацій, що забезпечують зменшення просторової складності алгоритму DAC. Також запропоновано процедуру розбиття блоків для зменшення розміру буферних матриць та прогресивну схему кодування квантованих DAT-коефіцієнтів. Розглянуто стохастичний підхід до аналізу дискретних лінійних моделей обміну. Ці моделі описуються ланцюгами Маркова за допомогою Z – перетворення, що дозволяє отримати аналітичний вид розв'язання завдань. Отримано та проаналізовано умови стійкості для рівноваги подвійного маятника з недосконалою (недотичною) слідковою силою для невизначених значень коефіцієнтів маси, демпфування та жорсткості. Розглянуто випадки незатухаючої та слабко затухаючої систем.

## Реферат англійською:

The construction of the Green's functions of the first and second boundary value problems for Laplace's equation in space with a spherical segment in analytical form, as well as the numerical analysis of these functions, were studied. The study of the stress state in a transversely isotropic space with two parallel circular cracks was carried out. Further development of the generalized Fourier method for compressed spheroidal coordinate systems with origins was carried out. A local stationary model of the thermoelastic state of the porous material was constructed. The problem of topological optimization of a symmetric two-piece connection has been solved. The proposed mathematical model of a joint of variable thickness is a generalization of the classic Holland-Reissner model. The results were compared with the results of finite element modeling. A constructive mathematical tomic-function apparatus was obtained for solving problems of signal and image processing, as well as for solving boundary value problems for equations with partial derivatives of mathematical physics. The Birkhoff interpolation apparatus using tomic-function has also been developed. A set of modifications is proposed to reduce the spatial complexity of the DAC algorithm. Also proposed is a procedure for partitioning blocks to reduce the size of buffer matrices and a progressive coding scheme for quantized DAT coefficients. A stochastic approach to the analysis of discrete linear exchange models is considered. These models are described by Markov chains using the Z-transformation, which allows to obtain an analytical form of problem solving. The stability conditions for the equilibrium of a double pendulum with an imperfect (non-tangent) trailing force for undetermined values of mass, damping and stiffness coefficients are obtained and analyzed. The cases of undamped and weakly damped systems are considered.

**Індекс УДК:**517, 005;519.7;303.732, 517.958:52/59

**Коди тематичних рубрик:** 27.23, 28.29.01, 27.35

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Ніколаєв Олексій Георгійович

**Науковий ступінь:** д. ф.-м. н.

**Вчене звання:** професор

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

## VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

**Назва НТП українською:** Методи і алгоритми

**Назва НТП англійською:** Methods and algorythms

**НТП, яку передбачалося створити:**

**Причини, через які НТП не було створено:**

**Отримані результати:** Програмні продукти, Аналітичні матеріали

**Галузь застосування:** Навчальний процес у вищій школі, розрахунки стаціонарних полів, проектування композитних матеріалів, обробка даних.

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** Методи дослідження прикладних задач на основі крайових задач математичної фізики, теорії атомарних функцій, математичного моделювання і системного аналізу.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:** Економія матеріалів, Підвищення продуктивності праці

**Вплив НТП на довкілля:**

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

- **Початок етапу:**
- **Закінчення етапу:**

**Споживачі продукції:**

**Перспективні ринки:**

**Характер співробітництва з інвестором**

- **Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:**
- **Права, що надаються інвестору після завершення роботи:**
- **Наявність бізнес-плану:**
- **Техніко-економічне обгрунтування:**
- **Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:**
- **Очікуваний термін окупності (років):**
- **Додаткова інформація:**

## IX. Бібліографічний опис

1. Makarichev V., Lukin V., Brysina I. (2021) On the Applications of the Special Class of Atomic Functions: Practical Aspects and Perspectives. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2020. ICTM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 188. Springer, Cham. pp 42-54. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66717-7_4

2. V. Makarichev, V. Lukin, I. Brysina. Lossless Discrete Atomic Compression of Full Color Digital Images // 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), Lviv,

Ukraine, 2021, pp. 43-46. doi: https://doi.org/10.1109/CADSM52681.2021.9385239

3. Viktor O. Makarichev, Vladimir V. Lukin, Iryna V. Brysina, Benoit Vozel, Kacem Chehdi, "Discrete atomic compression of satellite images: a comprehensive efficiency research," Proc. SPIE 11862, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXVII, 118620Q (12 September 2021); doi: https://doi.org/10.1117/12.2599895

4. Makarichev, V.; Vasilyeva, I.; Lukin, V.; Vozel, B.; Shelestov, A.; Kussul, N. Discrete Atomic Transform-Based Lossy Compression of Three-Channel Remote Sensing Images with Quality Control. Remote Sens. 2022, 14, 125. DOI: https://doi.org/10.3390/rs14010125 (КВАРТІЛЬ Q1)

5. Makarichev V., Vasilyeva I., Lukin V., Kussul N., Shelestov A. (2022) Classification Accuracy of Three-Channel Images Compressed by Discrete Atomic Transform. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 367. Springer, Cham. P. 246-258. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_22

6. Makarichev V., Lukin V., Brysina I. Progressive DCT-based coder and its comparison to atomic function based image lossy compression. Proceedings of 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, February 22 – 26, 2022. - P. 75-80. DOI: 10.1109/TCSET55632.2022.9766871.

7. Makarichev, V.; Lukin, V.; Illiashenko, O.; Kharchenko, V. Digital Image Representation by Atomic Functions: The Compression and Protection of Data for Edge Computing in IoT Systems. Sensors 2022, 22, 3751. https://doi.org/10.3390/s22103751 (КВАРТІЛЬ Q2)

8. V. O. Makarichev, V. V. Lukin, I. V. Brysina and B. Vozel, "Spatial Complexity Reduction in Remote Sensing Image Compression by Atomic Functions," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 19, pp. 1-5, 2022, Art no. 6517305, doi: 10.1109/LGRS.2022.3213406. (КВАРТІЛЬ Q1)

9. V. Makarichev, V. Lukin and I. Brysina, "Comparison of DAT with DCT in a Viewpoint of Current Image Processing and Analysis Trends," 2022 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/DESSERT58054.2022.10018647.

10. V. Makarichev, V. Kharchenko. Application of dynamic programming approach to computation of atomic functions // Radioelectronic and Computer Systems. – 2021. – No. 4 (100). – P. 36 - 45. DOI: 10.32620/reks.2021.4.03

11. N. Ukrayinets, O. Murahovska, O. Prohorova. Solving a one mixed problem in elasticity theory for half-space with a cylindrical cavity by the generalized fourier method // Eastern-European jornal of enter-prise thechnologies. — Вип. 2/7 (110) 2021. С. 48-57. (Scopus)

12. Volodymyr Puzyrov, Leonardo Acho Zuppa, Gisela Pujol Vazquez, Nina Savchenko and Nelya Kyrylenko. Neutralization of the Destabilization Effect Caused by Small Damping Force in Non-conservative System. Advanced Manufacturing Processes III. Springer, 2021. P.546-556 https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_53 (Scopus)

13. Kurennov S. S., Polyakov, O.G. Barakhov, K.P. Mathematical Model of the Stress State of the Antenna Radome Joint with the Load-Bearing Edging of the Skin Cutout // International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) - 2021. ICoRSE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 305. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_28 (Scopus Q3)

14. Kurennov S. S., Smetankina N. Stressed State of an Infinite Plate with a Circular Opening and a Concentric Cover Plate // Lecture Notes in Networks and System , 2021, 188, pp. 344–354 DOI:10.1007/978-3-030-66717-7_29 (Scopus Q3)

15. Савченко Н.В., Муртазієв Е.Г. Реалізація гуманітарної складової математичних дисциплін // Scientific Community: Interdisci-plinary Research. Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference (Ham-burg, Germany 26-28.08.2021), 2021. Вип. 72. С. 168-172.

16. O. Nikolaev, O. Holovchenko, N. Savchenko. Green's functions of the first and second boundary value problems for the Laplace equation in the nonclassical domain // Radioelectronic and computer systems, 2022, no. 4, pp. 81-100.

17. Volodymyr Puzyrov, Jan Awrejcewicz, Nataliya Losyeva and Nina Savchenko. On the stability of the equilibrium of the double pendulum with follower force: Some new results. Journal of Sound and Vibration 523, Elsevier, 2022. P. 116699. https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116699 (Scopus)

18. Volodymyr Puzyrov, Nataliya Losyeva, Oksana Nikolaieva, Olga Chashechnikova. Lyapunov Function-Based Approach to Estimate Attractors for a Dynamical System with the Polynomial Right Side. Advanced Manufacturing Processes IV. Springer, 2022. pp 482–494.https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_46 (Scopus)

19. О.Г. Ніколаєв, А.С. Крайниченко. Пружний трансверсально-ізотропний простір з двома одновісними паралельними круговими тріщинами і супутні проблеми базисності // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, 2022, № 1. С. 92 – 105. DOI: 10.20998/2222-0631.2022.01.11

20. Puzyrov V., Losyeva N., Savchenko N. On mitigation of oscillations of a mechanical system with two degrees of freedom in the vicinity of external resonances // Journal of Theoretical and Applied Mechanics 61, 3, pp. 613-624, Warsaw 2023. https://doi.org/10.15632/jtam-pl/168601 (Scopus)

21. Volodymyr Puzyrov, Nataliya Losyeva, Nina Savchenko. Parametric Analysis of the Dynamics of a Nonlinear Vibration Isolator// Advances in Transdisciplinary Engineering, pp. 391-396, 2023. doi: 10.3233/ATDE230485 (Scopus)

22. S. Kurennov, D.Dvoretska. Axisymmetric Stress State of an Adhesive Joint of Two Coaxial Pipes. An Improved Theory // Mechanics of Composite Materi-als 59, 495–506 (2023). https://doi.org/10.1007/s11029-023-10111-z

23. О.Г. Ніколаєв, М.В. Скіцка. Локальна модель термопружного стану пористого матеріалу // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, 2023, № 1. С. 161 – 168. DOI: 10.20998/2222-0631.2023.01.24

24. Brysina I. V., Makarichev V. O. Application of asymptotic methods to computation of atomic functions: expansions, errors estimation and practical implementation // Тези доповідей дев'ятої міжнародної Науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ», 18 – 19 листопада 2021 року, Т. 1, 2021. – С. 79.

25. Puzyrov V. Estimation the Domain of Attraction for a System of Two Coupled Oscillators with Weak Damping / Volodymyr Puzyrov, Jan Awrejcewicz, Nataliya Losyeva, Nina Savchenko, Oksana Nikolaieva// Dynamical Systems - Theory and Applications, 2021, Lodz, Poland – P.704-705. doi.org/10.34658/9788366741201

26. Брисіна І.В., Макарічев В.О. Автоматизація підтримки прийняття рішень щодо управління проектами та системами на основі результатів моделювання батофазних систем масового обслуговування // Тези доповідей дев'ятої міжнародної Науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ», 18 – 19 листопада 2021 року, Т. 2, 2021. – С. 42.

27. S. Kurennov, D. Dvoretskaya, O. Poliakov, K. Barakhov. Stress Distribution in the Eccentrically Loaded Lapped Adhesive Joint. An Analytical Model // "Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - Synergetic Engineering" (ICTM 2021), National Aerospace University Kharkiv Aviation Institute October 28-29, https://easychair.org/cfp/ictm2021

28. Makarichev V., Lukin V., Brysina I. Spatial complexity reduction in discrete atomic compression of digital images //Тези доповідей дванадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління", 27 – 28 квітня 2022 р., Баку – Харків – Жиліна, Т. 1. - С. 107

29. S. Kurennov, K. Barakhov, Poliakov O. Modification of the Goland-Reissner Overlapped Adhesive Joint Model to Describe Stress Values in Circular Joints // In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022. ICTM 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol 657, pp.

291–301. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_25 (Scopus, Q4)

30. S. Kurennov, K. Barakhov, Poliakov O. Stress State of the Adhesive Joint with Longitudinal Defect. Analytical and Finite Element Models // In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022. ICTM 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol 657, pp. 302–312. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_25 (Scopus, Q4)

31. S. Kurennov, K. Barakhov, O. Poliakov. Development of a genetic algorithm for beam design under constraints of several types // AIP Conf. Proc. 2840, 030003 (2023) https://doi.org/10.1063/5.0168436 (Scopus)

32. S. Kurennov, K. Barakhov, O. Poliakov. An improved analytical model for interfacial stresses in double-lap bonded joints // AIP Conf. Proc. 2840, 030004 (2023) https://doi.org/10.1063/5.0168435(Scopus)

33. О.Г. Ніколаєв, О.В. Головченко. Стаціонарний розподіл температури в нескінченному тілі від точкового джерела за наявності теплоізолюючого екрана у вигляді сферичного сегмента // Збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «Наука, освіта, бізнес: сучасні виклики та сталий розвиток», Мукачево, 30.03.2023 р. С. 42 – 43.

34. Н. А. Українець. Розв'язання задач теорії потенціалу для напівпростору з нескінченною циліндричною порожниною узагальненим методом Фур'є // «Світ наук. досліджень. Випуск 19»: матеріали Міжн. мультидисц. наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 23 – 24 травня 2023 р. – С. 222 – 223.

35. Н. А. Українець. Розв'язання деяких мішаних задач теорії пружності для напівпростору з нескінченою циліндричною порожниною узагальненим методом Фур'є // «Світ наук. досліджень. Вип. 20»: матеріали Міжн. мультидисц. наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 20 – 21 червня 2023 р. – С. 217 – 218.

36. Savchenko N. Organization of independent work in mathematics in the modern conditions of the information and educational environment / Nina Savchenko, Volodymyr Puzyrov// Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Diversity and Inclusion in Scientific Area» (January 26-28, 2023). Warsaw, Poland. – P. 159-162.

37. О.Г. Ніколаєв, А.С. Крайниченко. Модель напруженого стану в трансверсально-ізотропному матеріалі з двома концентраторами напружень // Збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «Наука, освіта, бізнес: сучасні виклики та сталий розвиток», Мукачево, 30.03.2023 р. С. 81 – 82.

38. «Atomic functions and parameters of discrete atomic transform: computation and verification» (Свідоцтво № 109513, дата реєстрації: 16 листопада 2021 р.)

39. «DCT-based compressor of grayscale digital images: research kit» (Свідоцтво № 109642, дата реєстрації: 22 листопада 2021 р.)

40. «Progressive DCT-based compressor of digital images: software development kit» (Свідоцтво № 109644, дата реєстрації: 22 листопада 2021 р.)

41. «DCT-based compressor of full color digital images: research kit» (Свідоцтво № 109643, дата реєстрації: 22 листопада 2021 р.)

42. «Application for processing results of ESA remote sensing digital images compression» (Свідоцтво № 113205, дата реєстрації: 06 червня 2022 р.)

## X. Заключні відомості

**Керівник юридичної особи** Литвинов Олексій Миколайович
д. ю. н.

**Перелік осіб-виконавців**

Барахов Костянтин Петрович
(к.т.н., 01.02.04)

Брисіна Ірина Вікторівна
(к. ф.-м. н.)

Головченко Олександр Васильович
(к. ф.-м. н.)

Кузніченко Володимир Михайлович
(к. ф.-м. н., 01.01.01)

Куреннов Сергій Сергійович
(д.т.н., 01.02.04)

Макарічев Віктор Олександрович
(к. ф.-м. н., 01.01.01)

Ніколаєв Олексій Георгієвич
(д.ф.-м.н., 01.02.04)

Поляков Олександр Григорович

Рвачов Володимир Олексійович
(д. ф.-м. н.)

Рвачова Тетяна Володимирівна
(к. ф.-м. н.)

Савченко Ніна Валеріївна
(к. ф.-м. н., 01.02.01)

Томілова Євгенія Павлівна

Українець Наталія Анатоліївна

**Відповідальний за підготовку облікових документів** Макарічев В. О.

**Телефон** +38 (063) 316-13-51

**Реєстратор**

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