Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002982

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-06-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Красій Данило Максимович
2. Danylo M. Krasii

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1599-2295

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: F1

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 18-08-2026

Спеціальність за освітою: F1 Прикладна математика

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15029

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23, 28.27.27, 27.43.15

Тема дисертації:

1. Прогнозування залишкового ресурсу елементів конструкції методами машинного навчання
2. Remaining useful life prognosis of structural elements using machine learning methods

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі розроблено єдину методологічну основу ймовірнісного прогнозування залишкової надійності, яка поєднує методи машинного навчання для діагностики поточного стану за вимірювальними даними з фізично узгодженим моделюванням деградації за стохастичних навантажень у межах парадигми фізично-інформованого машинного навчання. За допомогою розроблених моделей та обробки експериментальних даних досліджено вплив фізичних обмежень на точність прогнозування ресурсу для механічних та біомеханічних систем. У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження. Зазначено використані методи, мету і завдання дослідження відповідно до предмета та об’єкта дослідження. Подано загальну інформацію щодо наукової новизни отриманих результатів. Наведено дані про особистий внесок здобувача та про апробацію матеріалів дисертації. У першому розділі надано огляд класичних і сучасних методів оцінки надійності, діагностики технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу складних

систем за стохастичного навантаження. Завдяки проведеному аналізу обґрунтовано доцільність об'єднання діагностики та ймовірнісного прогнозування в єдину обчислювальну схему. У другому розділі сформульовано математичну постановку задачі ймовірнісного прогнозування залишкової надійності та запропоновано загальну схему об'єднання діагностики поточного стану з прогнозуванням еволюції пошкоджень. Запропонована постановка є інваріантною щодо фізичної природи об'єкта. У третьому розділі викладено підходи до діагностики поточного стану. Розроблено методику експериментального вимірювання вібраційних сигналів підшипників кочення та архітектуру згорткової нейронної мережі зі змінними за глибиною коефіцієнтами дилатації для класифікації технічного стану. Запропоновано алгоритми сегментації сканів оптично-когерентної томографії внутрішньосудинного русла для морфометричного аналізу атеросклеротичних бляшок. У четвертому розділі викладено результати прогнозування ресурсу механічних систем. Розрахунок напружено-деформованого стану виконано методом скінченних елементів, оцінювання втомної міцності та довговічності здійснено на основі кривих втоми Велера. Виконано прогнозування ресурсу несучої конструкції вертикального вітрового енергетичного агрегату з побудовою стохастичної моделі аеродинамічних навантажень та лопатки газової турбіни на основі теорії марківських процесів. Удосконалено метод регресії гаусівських процесів на основі ланцюгової побудови через введення фізичних обмежень у структуру ймовірнісної моделі з обґрунтованим вибором ядрових методів для опису коваріаційної структури (метод PG-CGPR). У п'ятому розділі подано результати застосування розроблених моделей до прогнозування прогресії атеросклеротичних бляшок за даними оптично-когерентної томографії. Виконано порівняльний аналіз точності класичної та удосконаленої регресії гаусівських процесів, який підтвердив істотне зниження похибки екстраполяції та коректну поведінку моделі PG-CGPR за межами діапазону навчальних даних. За результатами дослідження отримано такі наукові результати: - Вперше розроблено єдину методологічну основу ймовірнісного прогнозування залишкової надійності для механічних і біомеханічних систем, що формалізує перехід від результатів діагностики поточного стану до розподілу залишкового ресурсу через інтегральне співвідношення. Останнє поєднує невизначеність оцінки поточного пошкодження та умовний розподіл ресурсу, отриманий розв'язанням рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова. - Удосконалено метод розпізнавання технічного стану підшипників кочення за необробленими вібраційними сигналами шляхом розроблення архітектури згорткової нейронної мережі зі змінними за глибиною коефіцієнтами дилатації. На відміну від відомих архітектур з фіксованою дилатацією, запропонована архітектура узгоджує розмір рецептивного поля кожного шару з характерними часовими масштабами періодичних дефектів підшипників і забезпечує розпізнавання стану без збільшення кількості параметрів мережі та обчислювальної складності. - Удосконалено метод ймовірнісного прогнозування деградації шляхом уведення фізичних обмежень (монотонності накопичення пошкоджуваності, граничної умови нульового пошкодження, обмеженості параметра стану та зростання невизначеності) у структуру ланцюгових гаусівських процесів. Це забезпечує фізично коректне прогнозування за межами діапазону навчальних даних та адаптивну зміну ширини довірчого інтервалу залежно від поточного рівня пошкодження. Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні алгоритмів та програмних засобів діагностики і прогнозування залишкової надійності для систем підтримки прийняття рішень з предиктивного технічного обслуговування механічних систем та клінічного спостереження. Сформований експериментальний набір даних вібраційних сигналів підшипників кочення опубліковано у відкритому доступі.

2. The dissertation develops a unified methodological framework for probabilistic prediction of residual reliability that integrates machine learning methods for current-state diagnostics from measurement data with physically consistent degradation modelling under stochastic loads within the paradigm of physics-informed machine learning. Using the developed models and the processing of experimental data, the influence of physical constraints on the accuracy of residual life prediction is investigated for both mechanical and biomechanical systems. The first chapter provides an overview of classical and contemporary methods for reliability assessment, technical-condition diagnostics, and residual-life prediction of complex systems under stochastic loading. The conducted analysis substantiates the expediency of integrating diagnostics and probabilistic prediction into a

single computational scheme. The second chapter formulates the mathematical statement of the problem of probabilistic residual-reliability prediction and proposes a general scheme that combines current-state diagnostics with the prediction of damage evolution. The proposed formulation is invariant with respect to the physical nature of the object. The third chapter presents approaches to current-state diagnostics. A methodology for experimental measurement of vibration signals from rolling bearings and an architecture of a convolutional neural network with depth-varying dilation coefficients are developed for technical-state classification. Algorithms are proposed for the segmentation of intravascular optical coherence tomography scans for the morphometric analysis of atherosclerotic plaques (plaque burden estimation). The fourth chapter presents the results of the remaining useful life prediction for mechanical systems. The stress-strain state is computed by the finite element method, with subsequent estimation of fatigue strength and durability based on S-N curves. Residual-life prediction is performed for the load-bearing structure of a vertical-axis wind turbine, with the construction of a stochastic model of aerodynamic loads, and for a gas turbine blade based on the theory of Markov processes. The chained Gaussian process regression method is improved through the integration of physical constraints into the structure of the probabilistic model, with a justified choice of kernel methods for the covariance structure (PG-CGPR). The fifth chapter presents the results of applying the developed models to the prediction of atherosclerotic plaque progression from optical coherence tomography data. A comparative analysis of the accuracy of the classical and the improved Gaussian process regression is performed; it confirms a substantial reduction of the extrapolation error and the physically correct behaviour of the PG-CGPR model beyond the range of the training data. The research has yielded the following scientific results: 1. For the first time, a unified methodological framework has been developed for probabilistic prediction of residual reliability of mechanical and biomechanical systems. The framework formalises the transition from the results of current-state diagnostics to the distribution of residual life through an integral relation that combines the uncertainty of the current-damage estimate with the conditional life distribution obtained by solving the Fokker-Planck-Kolmogorov equation. 2. The method of recognising the technical condition of rolling bearings from raw vibration signals has been improved through the development of a convolutional neural network architecture with depth-varying dilation coefficients. In contrast to known architectures with fixed dilation, the proposed architecture matches the receptive-field size of each layer with the characteristic time scales of periodic bearing defects and ensures state recognition without increasing the number of network parameters or the computational complexity. 3. The method of probabilistic degradation prediction has been improved through the introduction of physical constraints (monotonicity of damageability accumulation, the boundary condition of zero initial damage, boundedness of the state parameter, and growth of uncertainty) into the structure of chained Gaussian processes. This ensures physically correct prediction beyond the range of the training data and an adaptive variation of the confidence interval width depending on the current damage level. The practical significance of the obtained results consists in the creation of algorithms and software tools for diagnostics and prediction of residual reliability that are suitable for decision-support systems in predictive maintenance of mechanical systems and in clinical monitoring. The compiled experimental dataset of rolling-bearing vibration signals has been published in open access.

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: Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Бабуджан Р., Ісаєнков К., Красій Д., Водка О., Задорожний І., Ющук М. Використання методів машинного навчання для бінарної класифікації робочого стану підшипників за сигналами їх віброприскорення. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 2021. № 2 (6). С. 15–22. DOI: https://doi.org/10.20998/2079-0023.2021.02.03.
- Бабуджан Р. А., Ісаєнков К. О., Водка О. О., Красій Д. М., Задорожний І., Ющук М. Класифікація робочого стану підшипників кочення за допомогою згорткової нейронної мережі зі змінними факторами дилатації. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. 2021. № 2. С. 104–109. DOI: https://doi.org/10.20998/2078-9130.2021.2.249274.
- Красій Д. М., Ларін О. О. Фізично-керована регресія на основі гаусівських процесів для моделювання накопичення втомного пошкодження. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. 2025. № 2. С. 64–72. DOI: https://doi.org/10.20998/2078-9130.2025.2.345722.
- Krasii D. M., Larin O. O. Physics-guided chained Gaussian process regression for atherosclerotic plaque progression prediction. Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics. 2026. Vol 48, № 1. P. 153–161. DOI: https://doi.org/10.24144/2616-7700.2026.48(1).153-161.
- Krasii D., Larin O. Computational modelling of wind turbine lifetime. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). Kharkiv, 13–17 September 2021. IEEE, 2021. P. 374–379. https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570028.
- Krasii D., Larin O. Application of Markov Processes Theory for Computational Prediction of Turbine Blade Reliability. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering — 2022. Cham : Springer Nature Switzerland, 2023. P. 335–345. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_29.
- Krasii D., Larin O. ML-surrogate modeling for the estimation of random system performance parameter progress by the Chained Gaussian Process Regression method. 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). Kharkiv, 2–6 October 2023. IEEE, 2023. P. 1–5. https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312806.
- Krasii D., Larin O., Gorovyi I. Analysis of Optical Coherence Tomography Images of Human Arteriosclerotic Vessels Using Computer Vision and Deep Learning Algorithms. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering — 2024 / O. Lytvynov, V. Pavlikov, D. Krytskyi (eds.). Cham : Springer Nature Switzerland, 2025. P. 107–117. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-94845 9_9.
- Babudzhan R., Isaienkov K., Krasii D., Vodka O., Zadorozhny I., Yushchuk M. Collection and processing of bearing vibration data for their technical condition classification by machine learning methods. Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Modeling, Control and Information Technologies. 2021. No. 5. P. 10–15. DOI: https://doi.org/10.31713/MCIT.2021.02.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U000450

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ларін Олексій Олександрович

2. Oleksiy O. Larin

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5721-4400

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сметанкіна Наталя Володимирівна

2. Natalia V. Smetankina

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9528-3741

Додаткова інформація:
;;;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7801574244;https://orcid.org/0000-0001-9528-3741;https://www.webofscience.com/wos/author/record/1206404;https://scholar.google.com.ua/citations?user=BUakBqUAAAAJ&hl=uk

Повне найменування юридичної особи: Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534570

Місцезнаходження: вул. Комунальників, Харків, Харківський р-н., 61046, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Верес Зеновій Євгенович

2. Zenoviy Y. Veres

Кваліфікація: к. т. н., 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2312-2575

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шаповалова Марія Ігорівна
2. Mariia I. Shapovalova

Кваліфікація: д.філософ, доц., 113

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4771-7485

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Потопальська Ксенія Євгенівна
2. Kseniia Y. Potopalska

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.02.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8184-4229

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Любчик Леонід Михайлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Любчик Леонід Михайлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Красій Данило Максимович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна