

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Північно-Східний науковий центр
Транспортної академії України

ВІСНИК

ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНЬОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць
Випуск 111

BULLETIN
of
KHARKIV NATIONAL
AUTOMOBILE AND HIGHWAY UNIVERSITY

Collection of Scientific Works

Issue 111

Харків
ХНАДУ
2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор Заст. гол. редактора Помічник гол. редактора Відповідальний секретар	Батракова Анжеліка Геннадіївна Гурко Олександр Геннадійович Бережна Катерина Вікторівна Захарова Єліна Володимирівна	докт. техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, ХНАДУ канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського, ХНАДУ асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою, ХНАДУ.
Члени редколегії:	Богомолов Віктор Олександрович Клец Дмитро Михайлович Батюгін Юрій Вікторович Бугаєвський Сергій Олександрович Бондаренко Володимир Васильович Вдовиченко Володимир Олексійович Волков Володимир Петрович Воронков Олександр Іванович Внукова Наталія Володимирівна Глушкова Діана Борисівна Горбачов Петро Федорович Золотарьов Віктор Олександрович Жданюк Валерій Кузьмович Кириченко Ігор Георгійович Клименко Валерій Іванович Кожушко Віталій Петрович Колодяжний Володимир Максимович Леонтеров Андрій Іванович Подригало Михайло Абович Поліарус Олександр Васильович Прылуцька Людмила Анатоліївна Нікітіна Тетяна Борисівна Сасенко Наталія Віталіївна Солодов Валерій Григорович Толмачов Сергій Миколайович Величко Геннадій Вікторович Golovashchenko Sergey Fedorovich Hartmut Beckedahl Igors Tīpans Ireneusz Zbiciński Laurinavicius Alfredas Mikhailenko Vladimir Prentkovskis Olegas Puodziukas Virgaudas Radovskiy Boris S. Roland Lachmayer Teltayev Bagdat Burkhanbauly Tyrsa Vira, Sidi Mohammed Senouci, Tropina Albina Albertovna Vrublevsky Aleksandr Nikolaevich	докт. техн. наук, професор, ректор, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, ХНАДУ канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики, ХНАДУ канд. техн. наук, доцент, декан дорожньо-будівельного факультету, ХНАДУ канд. пед. наук, доцент, професор кафедри філософії та педагогіки професійної підготовки, ХНАДУ докт. техн. наук, доцент, професор кафедри транспортних технологій, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенка, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри екології, ХНАДУ докт. техн. наук, доцент, завідувач кафедри технології металів і матеріалознавства ім. О.М. Петриченка, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ім. М.І. Волкова, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри будівництва і експлуатації автомобільних доріг ім. О.К. Бірulia, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, декан механічного факультету, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри мостів, ХНАДУ докт. ф-м. наук, професор, професор кафедри інформатики і прикладної математики, ХНАДУ канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри інформатики і прикладної математики, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування і ремонту машин, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри метрології і безпеки життєдіяльності, ХНАДУ канд. іст. наук, доцент, вчений секретар, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри природничих і гуманітарних дисциплін, ХНАДУ докт. пед. наук, професор, завідувач кафедри іноземних мов, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки і гідравліки, ХНАДУ докт. техн. наук, професор, професор технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ім. М.І. Волкова, ХНАДУ канд. техн. наук, головний конструктор СП «Кредо-Діалог», Мінськ Ph.D., Technical Leader Manufacturing Research Department, Ford Research & Advanced Engineering Research and Innovation Center, USA; Dr.-Ing, Bergische Universität Wuppertal, Institute of Pavement Construction and Pavement Design, Germany Dr., Deputy Rector for International Academic Cooperation and Studies, Riga Technical University, Institute of Mechanics, Latvia Ph.D., prof., Department of heat and mass transfer, Technical University of Lodz, Poland Dr., prof., vice-rector, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania S. Dr., prof., Pusan National University, Plasma Research Center, Busan, South Korea Dr., prof., Dean of faculty of Transport engineering, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania Dr., assos. prof., head of department of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania prof. consultant, Radnat Consulting, Irvine, United States Ph.D., Dr.-Ing, Leibniz Universität Hannover, Institute of product development, Germany Dr., prof., Kazakh Academy of Transport and Communicationa, Kazakhstan Dr., prof., Baja California Autonomous University, Mexico Ph.D., prof., Institut Supérieur Automobile et Transport, France Dr., prof., Texas A and M University, Department of Aerospace Engineering, United States prof. D. Sc., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief Vice Editor-in-Chief Assistant of Editor-in-Chief Executive Secretary:	Batrakova Angelika Gennadiivna Gurko Alexander Gennadiyovich Berezhna Kateryna Zakharova Elina Volodymyrivna	DSci, Prof., Vice-rector for Research and Education, KhNAHU DSci, Assoc. Prof., Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, KhNAHU PhD, Assoc. Prof. of Department of Bridges, Constructions and Building Mechanics, KhNAHU assistant of the department of road design, geodesy and land management, KhNAHU.
Editorial Board Members:	Bogomolov Viktor Oleksandrovych Klets Dmytro Mykhailovych Batygin Yuriy Viktorovich Bondarenko Volodymyr Vasylovych Bugayevskiy Segey Oleksandrovych Golovashchenko Sergey Fedorovich Hartmut Beckedahl Hlushkova Diana Borysivna Horbachov Petro Fedorovich Igors Tīpans Ireneusz Zbiciński Klimenko Valerii Ivanovych, Kozhushko Vitalii Petrovich, Kolodyazhny Volodymyr Maksymovych Kirichenko Igor Heorhiiovych Laurinavicius Alfredas Levtarov Andrii Ivanovich Mikhailenko Vladimir S. Nikitina Tatyana Borysivna Podrigalo Mykhailo Abovych Poliarus Oleksandr Vasylovych Prentkovskis Olegas Prylutska Liudmyla Puodziukas Virgaudas Radovskiy Boris S. Roland Lachmayer Saienko Natalia Vitaliivna Sidi Mohammed Senouci Solodov Valery Gryhorovich Teltayev Bagdat Burkhanbauly Tolmachov Serhii Mykolaiovych Tropina Albina Albertovna Tyrsa Vira Vdovychenko Volodymyr Oleksiiovych Velychko Hennadii Viktorovich Vnuкова Nataliai Volodymyrivna Volkov Volodymyr Petrovych Voronkov Oleksandr Ivanovych Vrublevsky Aleksandr Nikolaevich Zhdanyuk Valerii Kuzmiovych Zolotarev Viktor Oleksandrovych	DSci, Prof., Rector of the KhNAHU; DSci, Prof., KhNAHU; DSci, Prof., Head of Physics Department, KhNAHU; PhD, Assoc. Prof., Professor of the Department of Philosophy and Pedagogy of Professional Training, KhNAHU; PhD, Assoc. Prof., Dean of Road-Construction Faculty, KhNAHU; PhD, Technical Leader of Manufacturing Research Department, Ford Research & Advanced Engineering Research and Innovation Center, USA; Dr.-Ing, Prof., Bergische Universität Wuppertal, Institute of Pavement Construction and Pavement Design, Germany; DSci, Assoc. Prof., Head of the Department of Metal Technology and Materials Science named after O. M. Petrychenko, KhNAHU; DSci, Prof., Head of the Department of Transport Systems and Logistics, KhNAHU; Dr., Deputy Rector for International Academic Cooperation and Studies, Riga Technical University, Institute of Mechanics, Latvia; PhD, Prof., Department of Heat and Mass Transfer, Technical University of Lodz, Poland; PhD, Prof., Head of the Department of Motor Vehicles named after A. B. Hredeskul, KhNAHU; DSci, Prof., Head of Bridges, Constructions, Construction mechanisms Department, KhNAHU; DSci, Prof., Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, KhNAHU; DSci, Prof., Dean of Mechanical Faculty, KhNAHU; Dr., Prof., Vice-Rector, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania; PhD, Prof., Head of the Department of Informatics and Applied Mathematics, KhNAHU; Dr., Prof., Pusan National University, Plasma Research Center, Busan, South Korea; DSci, Prof., Head of the Department of Natural Sciences and Humanities, KhNAHU; DSci, Prof., Head of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Motor Vehicle Repair, KhNAHU; Dr., Prof., Head of the Department of Metrology and Safety of Human Vital Activities, KhNAHU; Dr., Prof., Dean of Faculty of Transport Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania; Ph.D., Assoc. Prof., Academic Secretary, KhNAHU; Dr., Assoc. Prof., Head of the Department of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania; Prof. Consultant, Radnat Consulting, Irvine, United States; PhD, Dr.-Ing, Leibniz Universität, Hannover, Institute of Product Development, Germany; DSci, Prof., Head of the Department of Foreign Languages, KhNAHU; PhD, Prof., Institut Supérieur Automobile et Transport, France; DSci, Prof., Head of the Department of Theoretical Mechanics and Hydraulics, KhNAHU; Dr., Prof., Kazakh Academy of Transport and Communicationa, Kazakhstan; DSci, Prof., Professor of the Department of Technology of Road-Construction Materials and Chemistry named after M. I. Volkov, KhNAHU; Dr., Prof., Texas A and M University, Department of Aerospace Engineering, United States; PhD., Prof., Baja California Autonomous University, Mexico PhD, Assoc. Prof., Prof. of Transport Technologies Department, KhNAHU; PhD, Chief designer of «Credo-Dialogue», Minsk; Dsci, Prof., Professor of the Department of Ecology, KhNAHU; DSci, Prof., Head of the Department of Motor Vehicle Repair and Maintenance named after M. Ya. Hovorushchenko, KhNAHU; DSci, Prof., Professor of the Department of Internal Combustion Engines, KhNAHU; Prof., DSci, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; DSci, Prof., Head of the Department of Road Construction and Maintenance named after O. K. Birulia, KhNAHU; DSci, Prof., Head of the Department of Technology of Road-Construction Materials and Chemistry named after M. I. Volkov, KhNAHU.

«Вісник ХНАДУ»

- Входить до затвердженого ДАК Переліку наукових професійних видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.
- Реферується українським реферативним журналом «Джерело» і входить до загальнодержавної реферативної бази даних «Україніка наукова» (Україна).
- Включений до міжнародних наукометричних баз даних:
 - Index Copernicus (Польща);
 - Scholar Google.