

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 105

BULLETIN

of
KHARKIV NATIONAL
AUTOMOBILE AND HIGHWAY UNIVERSITY

Collection of Scientific Works

Issue 105

Харків
ХНАДУ
2024

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
Заст. гол. редактора
Помічник гол. редактора
Відповідальний секретар

Батракова Анжеліка Геннадіївна
Гурко Олександр Геннадійович
Бережна Катерина Вікторівна
Датенко Віта Василівна

докт. техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, ХНАДУ
докт. техн. наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, ХНАДУ
докт. техн. наук, доцент, доцент кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського, ХНАДУ
канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ім. проф. М.І. Волкова, ХНАДУ

Члени редколегії:

Богомолов Віктор Олександрович
Клец Дмитро Михайлович
Батшвін Юрій Вікторович
Бузавський Сергій Олександрович
Бондаренко Володимир Васильович
Вдовиченко Володимир Олексійович
Волков Володимир Петрович
Воронков Олександр Іванович
Внукова Наталія Володимирівна
Глушкова Діана Борисівна
Горбачов Петро Феофанович
Золотарьов Віктор Олександрович
Жданок Валерій Кузьмич
Кириченко Ігор Георгійович
Клименко Валерій Іванович
Кожушко Віталій Петрович
Колодязний Володимир Максимович
Левтеров Андрій Іванович
Побригато Михайло Абоєвич
Поларук Олександр Васильович
Прилуцька Людмила Анатоліївна
Нікітіна Тетяна Борисівна
Саєнко Наталія Віталіївна
Солодов Валерій Григорович
Толмачов Сергій Михайлович
Вельчко Геннадій Вікторович
Golovashchenko Sergey Fedorovich
Hartmut Beckedahl
Igoris Tiras
Ireneusz Zbiciński
Laurinavičius Alfredas
Mikhailenko Vladimir
Prentkovskis Olegas
Pruodziūkas Virgaidas
Radovskiy Boris S.
Roland Lachmayer
Telatyev Bagdat Burkhanbaliuly
Tyrsa Vira
Sidi Mochammed Senouci
Tropina Albina Albertovna
Vnublevsky Aleksandr Nikolaevich

докт. техн. наук, професор, ректор, ХНАДУ
докт. техн. наук, професор, ХНАДУ
докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики, ХНАДУ
докт. 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. Гворущенка, 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. Бірюля, 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 гідраліки, 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, Prof., 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., assoc. prof., head of department of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania
prof. consultant, Radnat Consulting, Ivrye, United States
Ph.D., Dr.-Ing, Leibniz Universität Hannover, Institute of product development, Germany
Dr., prof., Kazakh Academy of Transport and Communications, 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
Berezina Kateryna
Datsenko Vita

DSci, Prof., Vice-rector for Research and Education, KNAHU
DSci, Assoc. Prof., Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, KNAHU
PhD, Assoc. Prof. of Department of Bridges, Constructions and Building Mechanics, KNAHU
PhD, Assoc. Prof. of the Department of Technologies of Road-Building Materials and Chemistry, KNAHU

Editorial Board Members:

Bogomolov Viktor Oлександрович
Kllec Dmytro Mykhailovich
Batshvin Yuriy Viktorovich
Buzavskiy Sergey Oлександрович
Bondarenko Volodymyr Vasylovych
Вдовиченко Володимир Олексійович
Волков Володимир Петрович
Воронков Олександр Іванович
Внукова Наталія Володимирівна
Глушкова Діана Борисівна
Горбачов Петро Феофанович
Igoris Tiras
Ireneusz Zbiciński
Klimenko Valerii Ivanovich,
Kozhushko Vitalii Petrovich,
Kolodiaznyy Volodymyr Maksymovich
Kirichenko Igor Heorhiyovych
Laurinavičius Alfredas
Levterov Andrii Ivanovich
Mikhailenko Vladimir S.
Nikitina Tatyana Borisivna
Podrigalo Mykhailo Abovych
Poliaruk Oлександр Vasylovych
Prentkovskis Olegas
Pruodziūkas Virgaidas
Radovskiy Boris S.
Roland Lachmayer
Saenko Nataliya Vitaliivna
Sidi Mochammed Senouci
Solodov Valery Grygorovich
Telatyev Bagdat Burkhanbaliuly
Tolmachov Serhii Mykhailovich
Tropina Albina Albertovna
Tyrsa Vira
Vdovychenko Volodymyr Oлександрович
Velychko Hennadii Viktorovich
Vnuukova Nataliya Volodymyrivna
Volkov Volodymyr Petrovych
Voronkov Oлександр Ivanovich
Vnublevsky Aleksandr Nikolaevich
Zhdanyuk Valerii Kuzmiovych
Zolotarev Viktor Oлександрович

DSci, Prof., Rector of the KNAHU;
DSci, Prof., KNAHU;
DSci, Prof., Head of Physics Department, KNAHU;
PhD, Assoc. Prof., Professor of the Department of Philosophy and Pedagogy of Professional Training, KNAHU;
PhD, Assoc. Prof., Dean of Road-Construction Faculty, KNAHU;
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, KNAHU;
DSci, Prof., Head of the Department of Transport Systems and Logistics, KNAHU;
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, KNAHU;
DSci, Prof., Head of Bridges, Constructions, Construction mechanisms Department, KNAHU;
DSci, Prof., Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, KNAHU;
DSci, Prof., Dean of Mechanical Faculty, KNAHU;
Dr., Prof., Vice-Rector, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania;
PhD, Prof., Head of the Department of Informatics and Applied Mathematics, KNAHU;
Dr., Prof., Pusan National University, Plasma Research Center, Busan, South Korea;
DSci, Prof., Head of the Department of Natural Sciences and Humanities, KNAHU;
DSci, Prof., Head of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Motor Vehicle Repair, KNAHU;
DSci, Prof., Head of the Department of Metrology and Safety of Human Vital Activities, KNAHU;
Dr., Prof., Dean of Faculty of Transport Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania;
Ph.D., Assoc. Prof., Academic Secretary, KNAHU;
Dr., Assoc. Prof., Head of the Department of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania;
Prof. Consultant, Radnat Consulting, Ivrye, United States;
PhD, Dr.-Ing, Leibniz Universität Hannover, Institute of Product Development, Germany;
DSci, Prof., Head of the Department of Foreign Languages, KNAHU;
PhD, Prof., Institut Supérieur Automobile et Transport, France;
DSci, Prof., Head of the Department of Theoretical Mechanics and Hydraulics, KNAHU;
Dr., Prof., Kazakh Academy of Transport and Communications, Kazakhstan;
DSci, Prof., Professor of the Department of Technology of Road-Construction Materials and Chemistry named after M. I. Volkov, KNAHU;
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, KNAHU;
PhD, Chief designer of «Credo-Dialogue», Minsk;
Dsci, Prof., Professor of the Department of Ecology, KNAHU;
DSci, Prof., Head of the Department of Motor Vehicle Repair and Maintenance named after M. Ya. Vorovushchenko, KNAHU;
DSci, Prof., Professor of the Department of Internal Combustion Engines, KNAHU;
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. Binulia, KNAHU;
DSci, Prof., Head of the Department of Technology of Road-Construction Materials and Chemistry named after M. I. Volkov, KNAHU.

«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.