

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Північно-Східний науковий центр  
Транспортної академії України

# **АВТОМОБІЛЬНИЙ транспорт**

---

**Збірник наукових праць**

# **Automobile transport**

---

**Collection of scientific works**

Випуск 53

Issue 53

Харків  
ХНАДУ  
2023

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Головний редактор:**

Гнатів Андрій Вікторович  
 Заступник головного редактора:  
 Леонтьєв Дмитро Миколайович  
 Відповідальний секретар:  
 Рагулін Віталій Миколайович

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ)

докт. техн. наук, декан автомобільного факультету, професор кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ХНАДУ

канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних і дорожніх машин ім. А.М. Холодова, доцент кафедри комп'ютерної графіки, ХНАДУ

**Члени редколегії:**

Абрамчук Федір Іванович  
 Алексєєв Олег Павлович  
 Аргун Шасяна Валіковна  
 Бажинів Олексій Васильович  
 Батигін Юрій Вікторович  
 Батракова Анжеліка Геннадіївна  
 Богомолов Віктор Олександрович  
 Вдовиченко Володимир Олексійович  
 Волков Володимир Петрович  
 Волосок Марина Андріївна  
 Воронков Олександр Іванович  
 Гурко Олександр Геннадійович  
 Горбачов Петро Федорович  
 Дзюбенко Олександр Андрійович  
 Дмитрієв Ілля Андрійович  
 Клец Дмитро Михайлович  
 Клименко Валерій Іванович  
 Левченко Ярослава Сергіївна  
 Михалевич Микола Григорович  
 Наглюк Іван Сергійович  
 Нагорний Саген Васильович  
 Подригалю Михайло Абович  
 Полянський Олександр Сергійович  
 Чаплигін Євгеній Олександрович  
 Шевченко Іна Юрїївна  
 Шуклінов Сергій Миколайович  
 Янютін Саген І. Григорович  
 Грицьук Ігор Сергійович  
 Роговий Андрій Сергійович  
 Каспський Денис Васильович  
 Golovashchenko Sergey Fedorovich  
 Hartmut Beckedahl  
 Tīpans Igors  
 Ireneusz Zbicinski  
 Laurinavicius Alfredas  
 Naumov Vitalii  
 Mikhailenko Vladimir S.  
 Prentkovskis Olegas  
 Puodziukas Virgaudas  
 Roland Lachmayer  
 Sergiyenko Oleg Yu.  
 Sidi Mochammed Senouci  
 Tropina Albina Albertovna  
 Vrublevsky Aleksandr Nikolaevich

докт. техн. наук, професор, кафедри двигунів внутрішнього згорання, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій і мехатроніки, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М. Я., ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, ректор, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри транспортних технологій, ХНАДУ

канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри природничих і гуманітарних дисциплін, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри двигунів внутрішнього згорання, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, ХНАДУ

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ

докт. екон. наук, професор, проректор з наукової роботи, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, провідний наук. співроб., ХНАДУ, старший менеджер проекту у Групі підтримки реформ Міністерства інфраструктури України

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ХНАДУ

докт. наук з галузі управління та адміністрування, професор, декан ФПІГ, професор кафедри економіки і підприємництва, ХНАДУ

докт. техн. наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи, професор кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин, ХНАДУ

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики, ХНАДУ

докт. екон. наук, професор, декан факультету управління та бізнесу, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор-консультант кафедри деталей машин та теорії механізмів і машин, ХНАДУ

докт. техн. наук, професор, професор кафедри суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія;

докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри гідравлічних машин, Національний технічний університет «ХПІ»

докт. техн. наук, доцент, декан автотранспортного факультету, Білоруський національний технічний університет

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

Dr., prof., Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology, Cracow, Poland

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

Ph.D., Dr.-Ing, Leibniz Universität, Hannover, Institute of product development, Germany

Ph.D., Dr., Head of Applied Physics department of Engineering Institute of 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

D. Sc., prof., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

## EDITORIAL BOARD

**Editor-in-Chief:**

Hnatov Andrii

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of Vehicle Electronics Department, Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU)

**Vice Editor-in-Chief:**

Leontiev Dmytro

Doctor of Engineering (DSci), Deputy Head of the Department, Prof., Professor of the Department of Motor Vehicles A. B. Hredeskul, KhNAHU

**Executive Secretary:**

Raguin Vitaliy

Candidate of Science in Engineering (PhD), Assoc. Prof. of the Department of Construction and Road-Building Machinery, Department computer graphics, KhNAHU

**Editorial Board Members:**

Abramchuk F. I.  
 Aleksiyev Oleg  
 Arhun Shchasiana  
 Bazhinov Olexsij  
 Batygin Yu.V.  
 Batrakova Angelika G.  
 Bogomolov V. A.  
 Vdovychenko Volodymyr O.  
 Volkov V. P.  
 Volosyuk M. A.  
 Voronkov Alex  
 Gurko Alexander G.  
 Horbachov Petro  
 Dzyubenko Olexsandr  
 Dmytriv Illia  
 Kleis Dmytro  
 Klimeiko V. I.  
 Levchenko Yaroslava  
 Mykhalevych Mykola  
 Naglyuk Ivan  
 Nagornyuy Yevgen  
 Podrigalo Mikhail A.  
 Polyansky Alexandr  
 Scharlygin Evgen  
 Shevchenko Inna  
 Shuklinov Serhij  
 Yanyutin Evgen G.  
 Gritsuk Igor V.  
 Rogovyi Andrii  
 Kapski Denis  
 Garbincius Giedrius  
 Golovashchenko Sergey F.  
 Hartmut Beckedahl  
 Tīpans Igors  
 Ireneusz Zbicinski  
 Laurinavicius Alfredas  
 Naumov Vitalii  
 Mikhailenko Vladimir S.  
 Prentkovskis Olegas  
 Puodziukas Virgaudas  
 Roland Lachmayer  
 Sergiyenko Oleg Yu.  
 Sidi Mochammed Senouci  
 Tropina Albina A.  
 Vrublevsky Aleksandr N.

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Internal Combustion Engines, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Department of Information Technology and Mechatronics, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Vehicle Electronics Department, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Department of Motor Vehicle Repair and Maintenance Hovorushchenko M. Ya., KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of Physics Department, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Highway Design, Geodesy and Land Management, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Rector, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Transport Technologies Department, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Motor Vehicle Repair and Maintenance Hovorushchenko M. Ya., KhNAHU

Candidate of Science in Physics and Mathematics (PhD), Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of Natural Sciences and Humanities, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Internal Combustion Engines, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Transport Systems and Logistics, KhNAHU

Candidate of Science in Engineering (PhD), Assoc. Prof., Associate Professor of Vehicle Electronics Department, KhNAHU

Doctor of Economics (DSci), Prof., Vice-Rector for Scientific work, KhNAHU;

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Leading Researcher, KhNAHU, Senior Project manager in the Reform Support Team at the Ministry of Infrastructure of Ukraine

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Motor Vehicles A. B. Hredeskul, KhNAHU

Doctor of Sciences in Management and Administration, Prof., Dean of the FTFC, Professor of Economics and Business Department, KhNAHU;

Doctor of Engineering (DSci), Assoc. Prof., Deputy Rector (Vice-Rector) for Research and Education, Professor of the Department of Motor Vehicles A. B. Hredeskul, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Road Safety Management, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of Transport Technologies Department, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Motor Vehicle Repair, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Motor Vehicle Repair, KhNAHU

Candidate of Science in Engineering (PhD), Assoc. Prof., Associate Professor of Physics Department, KhNAHU

Doctor of Economics (DSci), Dean of Business and Administration Faculty, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Department of Motor Vehicles A. B. Hredeskul, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor Consultant of the Department of Machine Components and Theory of Machines and Mechanisms, KhNAHU

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Professor of the Department of Ship Power Plants Operation, Kherson State Maritime Academy

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Head of the Department of Hydraulic Machines, NTU KhPI

Doctor of Engineering (DSci), Prof., Dean of the Automotive and Tractor Faculty, Belarusian National Technical University

Dr., assoc. prof., Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

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, International Academic Cooperation and Studies, Riga Technical University, Institute of Mechanics, Latvia

Ph.D., Prof., Technical University of Lodz, Poland

Dr., Prof., vice-rector, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Dr., prof., Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology, Cracow, Poland

Dr., Prof., Pusan National University, Plasma Research Center, Busan, South Korea

Dr., Assoc. prof., Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Dr., Prof., Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Ph.D., Dr.-Ing, Leibniz Universität Hannover, Institute of product development, Germany

Ph.D., Dr., Head of Applied Physics department of Engineering Institute of 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, College Station, United States

D. Sc., Prof., University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

**«Автомобільний транспорт»:**

- входить до затвердженого ДАК Переліку наукових професійних видань України (Категорія Б), в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (доктора філософії) за спеціальностями 132, 133, 141, 142, 192, 274, 275;
- реферується українським реферативним журналом «Джерело» і входить до загальнодержавної реферативної бази даних «Україніка наукова» (Україна);
- включений до міжнародних наукометричних баз даних: Directory of Open Access Journals DOAJ (Швеція); Index Copernicus (Польща); Ulrichsweb (США); Академія Google (Google Scholar)