

# ВЕСТНИК

Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова

2025. Т.23, №2

Журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. По результатам экспертной оценки ВАК журнал отнесен к категории К1. Журнал индексируется в международных и российских базах данных: Ulrich's Periodicals Directory, Crossref, Google Scholar, RSCI, ядро РИНЦ, ВИНТИ и др. Электронные версии журнала размещаются на сетевом ресурсе Научной Электронной Библиотеки в сети Интернет.

Издается с марта 2003 года

Председатель редакционной коллегии  
В.М. Колокольцев (Россия)

Т.Н. Александрова (Россия), Ж.-Б. Вогт (Франция),  
С.Е. Гавришев (Россия), О.Е. Горлова (Россия),  
В.Е. Громов (Россия), Я. Грум (Словения),  
И.Г. Гун (Россия), М. Дабала (Италия),  
Х. Дыя (Польша), Р.О. Дюссан (Индия),  
Р. Кавалла (Германия), В.Н. Калмыков (Россия),  
Д.Р. Каплунов (Россия), А.Г. Корчунов (Россия),  
О.С. Логунова (Россия), Д. Милованович (Сербия),  
К. Мори (Япония), И. Мусирин (Малайзия),  
А.Б. Найзабеков (Казахстан), Н.Н. Орехова (Россия),  
М. Пьетшик (Польша), В.Ф. Рашников (Россия),  
Г.А. Роджерсон (Великобритания), О.Н. Тулупов (Россия),  
Ю Фенг (Китай), В.Р. Храмшин (Россия), Р. Цин (Великобритания)

## РЕДАКЦИЯ

Главный редактор О.Н. Тулупов  
Первый заместитель главного редактора  
М.А. Полякова  
Заместители главного редактора:  
А.Г. Корчунов, О.С. Логунова,  
Н.Н. Орехова, В.Р. Храмшин  
Редактор Н.П. Боярова  
Технический редактор Т.В. Леонтьева  
Перевод на английский А.Р. Карагузина  
Дизайн обложки: А.Д. Григорьев

© ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2025

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС 77-59632 от 10.10.2014 г.

Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.  
(455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38).

16+, в соответствии с Федеральным законом №436-ФЗ от 29.12.2010.

## Адрес редакции:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
пр. К. Маркса, 45/2, оф. 402  
Тел.: (3519) 22-14-93.  
URL: <http://www.vestnik.mgtu.ru>  
Email: [vestnik@mgtu.ru](mailto:vestnik@mgtu.ru); [rio\\_mgtu@mail.ru](mailto:rio_mgtu@mail.ru)

## Адрес издателя:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. К. Маркса, 45/2,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», издательский центр

## Адрес типографии:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», участок оперативной полиграфии  
Выход в свет 30.06.2025. Заказ 188. Тираж 500 экз. Цена свободная.

# VESTNIK

of Nosov Magnitogorsk State Technical University

---

2025. Vol.23, no.2

---

The journal is included in the List of Russian Peer-Reviewed Scientific Journals, which are supposed to publish the major results of doctoral and PhD theses. Following an expert assessment of the Higher Attestation Commission, the journal is classified as category K1. The journal is indexed in international and Russian databases: Ulrich's Periodicals Directory, Crossref, Google Scholar, RSCI, the core of RSCI, VINITI (the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences), and others. Digital versions of the journal are available at the network resource of the Scientific Electronic Library on the Internet.

PUBLISHED SINCE MARCH, 2003

## EDITORIAL BOARD MEMBERS

Head of the Editorial Board V.M. Kolokoltsev (Russia)

T.N. Aleksandrova (Russia), M. Dabala' (Italy),  
R.O. Dusane (India), H. Dyja (Poland), Ye Feng (China),  
S.E. Gavrishev (Russia), O.E. Gorlova (Russia),  
V.E. Gromov (Russia), J. Grum (Slovenia), I.G. Gun (Russia),  
V.N. Kalmykov (Russia), D.R. Kaplunov (Russia),  
R. Kawalla (Germany), V.R. Khamshin (Russia),  
A.G. Korchunov (Russia), O.S. Logunova (Russia),  
D. Milovanovic (Serbia), K. Mori (Japan),  
I. Musirin (Malaysia), A.B. Naizabekov (Kazakhstan),  
N.N. Orekhova, M. Pietrzyk (Poland), R. Qin (UK),  
V.F. Rashnikov (Russia), G.A. Rogerson (UK),  
O.N. Tulupov (Russia), J.-B. Vogt (France)

## EDITORIAL STAFF

Editor-in-Chief O.N. Tulupov

First Deputy Chief Editor M.A. Polyakova

Deputy Chief Editors:  
A.G. Korchunov, O.S. Logunova,  
V.R. Khamshin, N.N. Orekhova

Editor N.P. Boyarova

Technical Editor T.V. Leontyeva

Translated into English A.R. Karaguzhina

The cover is designed by A.D. Grigorev

© Federal State Budgetary Institution of Higher Education  
Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2025

Registration certificate PI # FS 77-59632 dated October 10, 2014 is issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media.

Founder – Nosov Magnitogorsk State Technical University  
(38, pr. Lenina, Magnitogorsk, Chelyabinsk Region, 455000)

16+ in accordance with Federal Law №436-FZ dated 29.12.2010

## Editorial office:

402, 45/2 Karl Marks prospekt,  
Magnitogorsk, Chelyabinsk region, 455000, Russia  
Nosov Magnitogorsk State Technical University  
Phone: +7 (3519) 221 493.  
URL: <http://www.vestnik.mgtu.ru>  
Email: [vestnik@mgtu.ru](mailto:vestnik@mgtu.ru); [rio\\_mgtu@mail.ru](mailto:rio_mgtu@mail.ru)

## Publisher office:

45/2 Karl Marks prospekt, Magnitogorsk, Chelyabinsk region, 455000, Russia  
Nosov Magnitogorsk State Technical University

## Printing office:

38 Lenin prospekt, Magnitogorsk, Chelyabinsk region, 455000, Russia  
Nosov Magnitogorsk State Technical University

Publication date: 30.06.2025. Order 188. Circulation: 500. Open price.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<i>Мишкuroв П.Н., Рахмангулов А.Н.</i>	
Способ цифровизации железнодорожных перевозок на путях необщего пользования горнодобывающих предприятий.....	5
<i>Арабаджи Я.Н., Орехова Н.Н., Тюленев А.Ю., Баранова Л.П.</i>	
Снижение механического выноса кремнийсодержащих минералов вмещающих пород в концентрат путем оптимизации режимных параметров технологического процесса.....	18
<i>Чебан А.Ю.</i>	
Повышение эффективности открытых горных работ за счет совершенствования грохотильно-дробильных перегрузочных пунктов .....	28
<i>Кисляков В.Е., Федотов А.С., Снетков Д.С., Шварцкопф А.В.</i>	
Исследование взаимосвязи различных показателей качества для угольных месторождений.....	35
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>41</b>
<i>Харченко А.С., Павлов А.В., Юдина С.В., Сибгатуллин С.К., Свечникова Н.Ю., Юдин Д.В.</i>	
Математическое моделирование влияния эквивалентной крупности кокса на изменение температурного режима по радиальным зонам доменной печи для различных параметров загрузки и дутья .....	41
<i>Кирич Ю.П.</i>	
Тенденции развития магниетермических технологий получения губчатых титана и циркония .....	50
<i>Герасев С.А., Глазова К.Д., Курочкин И.О., Кузнецов В.В., Литвинова Т.Е.</i>	
Попутное извлечение редкоземельных элементов из фосфогипса карбонатно-щелочным методом.....	61
<i>Шарипзянова Г.Х.</i>	
Сложнооксидная керамика редкоземельных элементов для ядерных реакторов .....	71
<b>ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....</b>	<b>78</b>
<i>Ерохин Ю.В., Козлов П.С., Захаров А.В., Ширяев П.Б., Леонова Л.В.</i>	
Вещественный состав шлаков Среднеуральского медеплавильного завода .....	78
<b>ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ..</b>	<b>88</b>
<i>Мальков О.В., Карельский А.С.</i>	
Обеспечение точности резьбы при фрезеровании на основе расчета перемещения инструментальной наладки .....	88
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>97</b>
<i>Сычков А.Б., Завалишин А.Н., Атангулова Г.Я., Малашкин С.О., Шекшеев М.А., Касимов Д.Т.</i>	
Особенности структурообразования и временные изменения механических свойств горячекатаного арматурного проката из стали 25Г2С .....	97

## CONTENTS

<b>SUBSOIL USE .....</b>	<b>5</b>
<i>Mishkurov P.N., Rakhmangulov A.N.</i>	
Digitization Method of Railway Transportation for Mining Enterprises .....	5
<i>Arabadzhi Ya.N., Orekhova N.N., Tyulenev A.Yu., Baranova L.P.</i>	
Reduction of Mechanical Entrainment of Silica-Bearing Gangue Minerals to Concentrate by Optimizing the Operating Parameters of the Technological Process .....	18
<i>Cheban A.Yu.</i>	
Increasing the Efficiency of Open Mining Through Improving Screening and Crushing Transfer Points.....	28
<i>Kislyakov V.E., Fedotov A.S., Snetkov D.S., Shwartskopf A.V.</i>	
Investigation of the Interconnection Between Various Quality Indicators for Coal Deposits .....	35
<b>METALLURGY OF FERROUS, NON-FERROUS AND RARE METALS.....</b>	<b>41</b>
<i>Kharchenko A.S., Pavlov A.V., Yudina S.V., Sibagatullin S.K., Svechnikova N.Yu., Yudin D.V.</i>	
Mathematical Modeling of the Influence of Equivalent Coke Size on the Change in Temperature Conditions in Radial Zones of a Blast Furnace for Various Loading and Blasting Parameters.....	41
<i>Kirin Yu.P.</i>	
Trends in the Development of Magnesiothermal Technologies for Producing Titanium and Zirconium Sponge.....	50
<i>Gerasev S.A., Glazova K.D., Kurochkin I.O., Kuznetsov V.V., Litvinova T.E.</i>	
Associated Rare Earth Elements Extraction from Phosphogypsum by Carbonate-Alkaline Method.....	62
<i>Sharipzyanova G.Kh.</i>	
Complex Oxide Ceramics of Rare Earth Elements for Nuclear Reactors .....	71
<b>FOUNDRY ENGINEERING.....</b>	<b>78</b>
<i>Erokhin Yu.V., Kozlov P.S., Zakharov A.V., Shiryaev P.B., Leonova L.V.</i>	
Material Composition of Slag from the Sredneuralsk Copper Smelter .....	78
<b>MATERIAL PROCESS ENGINEERING.....</b>	<b>88</b>
<i>Malkov O.V., Karelskiy A.S.</i>	
Providing the Accuracy of the Thread During Milling Based on the Calculation of the Movement of the Tool Setup.....	88
<b>MATERIALS SCIENCE AND HEAT TREATMENT OF METALS.....</b>	<b>97</b>
<i>Sychkov A.B., Zavalitshin A.N., Atangulova G.Ya., Malashkin S.O., Sheksheev M.A., Kasimov D.T.</i>	
Features of Structure Formation and Temporary Changes of Mechanical Properties of Hot-Rolled Reinforcing Bars Made of Steel 25G2S .....	97

<b>Бодров Е.Г., Шабалина Д.А., Самодурова М.Н., Киселев М.В., Зайцева О.В., Трофимов Е.А.</b> Моделирование фазового состава и кристаллизации сплавов М(Сr30W5С1.5).....	111
<b>Арышенский Е.В., Рагазин А.А., Распосиенко Д.Ю., Коновалов С.В., Арышенский В.Ю., Лапишов М.А.</b> Исследование влияния режима гомогенизации на механические свойства и микроструктуру листа из алюминиевого высокомагниевого сплава с добавками скандия, циркония, гафния и эрбия.....	119
<b>Некрасов Р.Ю., Овсянников В.Е., Губенко А.С.</b> Повышение качества втулок цилиндров буровых насосов на основе использования серого чугуна с упрочненным слоем .....	128
<b>Чаугарова Л.З., Неупокоева А.А., Ковенский И.М.</b> Влияние внутренних напряжений, возникающих при воздействии химико-термической обработки, на свойства электроосажденных хромовых покрытий.....	134
<b>УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>140</b>
<b>Антипов Д.В., Губанова О.Г.</b> Оценка устойчивости и адаптивности системы менеджмента качества с позиции закономерности целостности (эмерджентности).....	140
<b>Дыбулина Н.С., Царева С.А.</b> Модель оценки результативности процессов системы менеджмента качества на основе применения алгоритма Мамдани в среде MATLAB.....	148
<b>Запорожцев А.В., Хазова Вер.И., Хазова Вик.И.</b> Улучшение производственных процессов системы менеджмента качества на основе моделирования ...	158
<b>Мазунова Л.Н., Беляков В.В., Ерофеева Л.Н., Бушуева М.Е., Лазаревич С.В., Шетулова Т.Г.</b> Применение методики вычисления интегрального показателя подвижности с целью повышения качества наземных транспортно-технологических средств на этапе проектирования .....	166
<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....</b>	<b>176</b>
<b>Кузьменко В.П.</b> Разработка модели управления подогревом батарей малого беспилотного летательного аппарата с применением светодиодных систем для обеспечения заданного качества полета.....	176
<b>ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ .....</b>	<b>188</b>
<b>Щеглов Д.К., Щеглов К.Н.</b> Экспресс-методика оценки сложности новых разработок на основе проектов-аналогов.....	188

<b>Bodrov E.G., Shabalina D.A., Samodurova M.N., Kiselev M.V., Zaitseva O.V., Trofimov E.A.</b> Modeling of Phase Composition and Crystallization of M(Cr30W5C1.5) Alloys.....	111
<b>Aryshenskiy E.V., Ragazin A.A., Rasposienko D.Yu., Kononov S.V., Aryshenskiy V.Yu., Lapshov M.A.</b> Study of the Influence of the Homogenization Treatment on the Mechanical Properties and Microstructure of a Sheet of High-Magnesium Aluminum Alloy Doped with Scandium, Zirconium, Hafnium and Erbium .....	119
<b>Nekrasov R.Yu., Ovsyannikov V.Ye., Gubenko A.S.</b> Improving the Quality of Drilling Pump Cylinder Liners Based on the Use Of Gray Iron With a Hardened Layer.....	128
<b>Chaugarova L.Z., Neupokoeva A.A., Kovenskiy I.M.</b> The Influence of Internal Stresses Arising when Exposed to Chemical and Thermal Treatment, on the Properties of Electrodeposited Chromium Coatings.....	134
<b>PRODUCT QUALITY MANAGEMENT. STANDARDIZATION. INDUSTRIAL MANAGEMENT .....</b>	<b>140</b>
<b>Antipov D.V., Gubanov O.G.</b> Evaluation of the Sustainability and Adaptability of the Quality Management System from the Perspective of Integrity (Emergency) .....	140
<b>Dybulina N.S., Tsareva S.A.</b> Model for Assessing of the Quality Management System Processes Performance Based on the Application of the Mamdani Algorithm in Matlab Environment.....	148
<b>Zaporozhtsev A.V., Khazova Ver.I., Khazova Vik.I.</b> Modelling Based Improvement of QMS Manufacturing Processes.....	158
<b>Mazunova L.N., Belyakov V.V., Erofeeva L.N., Bushueva M. E., Lazarevich S.V., Shetulova T.G.</b> Application of the Methodology for Calculating the Integral Mobility Index in Order to Improve the Quality of Ground Transportation and Technological Facilities and Complexes at the Development Stage ....	166
<b>NEW TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT .....</b>	<b>176</b>
<b>Kuzmenko V.P.</b> Development of a Battery Heating Control Model for a Small Unmanned Aerial Vehicle Using Led Systems to Ensure the Specified Flight Quality.....	176
<b>ECONOMICS, MANAGEMENT AND PRODUCT MARKET .....</b>	<b>188</b>
<b>Shcheglov D.K., Shcheglov K.N.</b> Express Method for Assessing the Complexity of New Developments Based on Analog Projects .....	188