

# ВЕСТНИК

Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова

2024. Т.22, №1

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии  
В.М. Колокольников (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), В.М. Счастливцев (Россия),  
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 А.А. Нерода

Перевод на английский О.Е. Сухих

Дизайн обложки: А.Д. Григорьев

© ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2024

Подписной индекс издания 48603 в объединенном каталоге «Пресса России», том 1.

Также подписку в оперативном режиме можно оформить и оплатить в удобной для Вас форме на подписной страничке сайта Агентства «Книга-Сервис» по ссылке:

код html: <http://www.akc.ru/itm/vestnik-magnitogorskogo-gosudarstvennogo-tehnicheskogo-universiteta-im-gi-nosova/>

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 28.03.2024. Заказ 60. Тираж 500 экз. Цена свободная.

# VESTNIK

of Nosov Magnitogorsk State Technical University

---

2024. Vol.22, no.1

---

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),  
V.M. Schastlivtsev (Russia), 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 A.A. Neroda

Translated into English O.E. Sukhikh

The cover is designed by A.D. Grigorev

© Federal State Budgetary Institution of Higher Education  
Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2024

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: 28.03.2024. Order 60. Circulation: 500. Open price.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<i>Неугомонов С.С., Зубков А.А., Самигулин В.А., Кутлубаев И.М.</i>	
Исследование силового взаимодействия усиленного фрикционного анкера со шпуром .....	5
<i>Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г.</i>	
Механизм квазистатического разрушения объемов горной породы путем распорного воздействия на стенки шпура .....	13
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>20</b>
<i>Зароченцев В.М., Рутковский А.Л., Кондратенко Т.В., Макоева А.К.</i>	
Блочное-модульное моделирование и исследование бимолекулярного гетерогенного взаимодействия при обжиге сульфида металла .....	20
<i>Якорнов С.А., Мальцев Г.И., Воинков Р.С., Гребнева А.А.</i>	
Кинетический режим выщелачивания цинка щелочью .....	29
<b>ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....</b>	<b>39</b>
<i>Гутько Ю.И., Войтенко В.В.</i>	
Исследование температурных зависимостей физико-технических характеристик песчано-жидкостеклолитых литейных стержней .....	39
<b>ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ .....</b>	<b>49</b>
<i>Сидельников С.Б., Лопатина Е.С., Лопатин В.А., Беляев С.В., Арнаутков А.Д., Дитковская Ю.Д.</i>	
Исследование технологии получения проволоки технического назначения из нового сплава палладия .....	49
<b>ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ....</b>	<b>61</b>
<i>Генералова А.А., Никулин А.А., Бычков Д.С.</i>	
Аналитическое исследование характеристик стойкости инструмента и автоколебаний при токарной обработке шкивов .....	61
<i>Носенко В.А., Кременецкий Л.Л., Коряжкин А.А.</i>	
Влияние условий глубинного шлифования на морфологию обработанной поверхности титанового сплава .....	76
<i>Ефремов А.Н.</i>	
Применение статистических методов для анализа дефектов анодно-окисных покрытий на деформируемых алюминиевых сплавах .....	88
<i>Кленько С.В., Астащенко В.И., Сафаров Д.Т., Харисов И.Ж., Орлянский В.Е.</i>	
Повышение циклической долговечности длинномерных стальных деталей машин .....	98
<b>УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>107</b>
<i>Побединский В.В., Полякова М.А., Казанцева Т.В., Казанцева Н.К., Иовлев Г.А.</i>	
Интеллектуальная система поиска нормативных документов с использованием основных подходов нечеткой логики .....	107

## CONTENTS

<b>SUBSOIL USE .....</b>	<b>5</b>
<i>Neugomonov S.S., Zubkov A.A., Samigulin V.A., Kutlubaev I.M.</i>	
Study on Force Interaction between a Reinforced Friction Stabilizer and a Borehole .....	5
<i>Pershin G.D., Pshenichnaya E.G.</i>	
Mechanism of Quasi-Static Fracture of Rock Volumes by a Spreading Action on the Borehole Walls .....	13
<b>METALLURGY OF FERROUS, NON-FERROUS AND RARE METALS .....</b>	<b>20</b>
<i>Zarochentsev V.M., Rutkovsky A.L., Kondratenko T.V., Makoeva A.K.</i>	
Block-Modular Simulation and Study on a Bimolecular Heterogeneous Interaction During Roasting of Metal Sulfide .....	20
<i>Yakornov S.A., Maltsev G.I., Voinkov R.S., Grebneva A.A.</i>	
A Kinetic Mode of Zinc Leaching with Alkali .....	29
<b>FOUNDRY ENGINEERING .....</b>	<b>39</b>
<i>Gutko Yu.I., Voytenko V.V.</i>	
Study on Temperature Dependences for Physical and Technical Characteristics of Foundry Sodium Silicate Sand Cores .....	39
<b>METAL FORMING .....</b>	<b>49</b>
<i>Sidelnikov S.B., Lopatina E.S., Lopatin V.A., Belyaev S.V., Arnautov A.D., Ditkovskaya Yu.D.</i>	
Research on the Production Technology for Technical Wire from a New Palladium Alloy .....	49
<b>MATERIAL PROCESS ENGINEERING .....</b>	<b>61</b>
<i>Generalova A.A., Nikulin A.A., Bychkov D.S.</i>	
Analytical Study on the Characteristics of Tool Durability and Self-Oscillations During Pulley Turning .....	61
<i>Nosenko V.A., Kremenetskii L.L., Koryazhkin A.A.</i>	
The Influence of Creep-Feed Grinding Conditions on the Morphology of the Machined Surface of a Titanium Alloy .....	76
<i>Efremov A.N.</i>	
Using Statistical Methods for Analyzing Defects of Anodic Oxide Coatings on Deformable Aluminium Alloys .....	88
<i>Klenko S.V., Astashchenko V.I., Safarov D.T., Kharisov I.Zh., Orlyansky V.E.</i>	
Increasing Cyclic Durability of Long-Length Steel Machine Parts .....	98
<b>PRODUCT QUALITY MANAGEMENT. STANDARDIZATION. INDUSTRIAL MANAGEMENT .....</b>	<b>107</b>
<i>Pobedinskiy V.V., Polyakova M.A., Kazantseva T.V., Kazantseva N.K., Iovlev G.A.</i>	
An Intelligent System Based on Main Approaches of Fuzzy Logic for Searching for Regulatory Documents .....	107

**Назаревич С.А., Свириденко А.В.**  
 Модель принятия решений на основе  
 эмпирических данных ..... 114

**Третьякова В.А., Горлачева Е.Н.**  
 Разработка методического подхода к оценке  
 вероятности выигрыша конкурса  
 с целью планирования загрузки  
 производственных мощностей ..... 122

**Пантюхина Е.В., Васин С.А., Пантюхин О.В.**  
 Обеспечение надежного ориентирования  
 асимметричных деталей формы тел вращения  
 в дисковых бункерных грузочно-ориентирующих  
 устройствах ..... 132

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..... 143**

**Сергеев Ю.С., Платов С.И., Гузеев В.И.,  
Сергеев С.В., Пузанков М.С.**  
 Компьютерное моделирование нового способа  
 управляемого трещинообразования при размерном  
 дроблении хрупких сред ..... 143

**Константинов Д.В., Пивоварова К.Г., Песин А.М.**  
 Исследование напряженного состояния  
 многослойных самозаклинивающихся структур  
 из кубических элементов на основе  
 конечно-элементного моделирования ..... 156

#### **ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ..... 166**

**Tsareva S.A., Belov A.V., Tsarev Yu.V.**  
 Development and Implementation of the Environmental  
 Management System Given the Adaptation  
 of Resource-Saving Technologies, Using the Example  
 of the Kogalymenergoneft Service Center ..... 166

#### **ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ..... 174**

**Кузнецова М.В., Зиновьева Е.Г., Селиванов А.С.**  
 Маркетинговый анализ внешней среды  
 сервисной компании металлургического  
 предприятия ..... 174

#### **СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ, ПОДГОТОВКА И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ..... 185**

**Дерябин А.В., Фрейкина И.А., Андреева О.В.,  
Налимова М.Н., Грибовский А.В., Шевцова А.Д.**  
 Стратегические подходы к подготовке  
 специалистов горно-металлургического комплекса  
 на основе методик специализированной  
 двигательной активности..... 185

**Nazarevich S.A., Sviridenko A.V.**  
 A Decision-Making Model Based  
 on Empirical Data ..... 114

**Tretyakova V.A., Gorlacheva E.N.**  
 The Elaboration of a Methodological Approach  
 to Estimating the Probability of Winning  
 a Competition to Plan Production  
 Capacity Utilization ..... 122

**Pantyukhina E.V., Vasin S.A., Pantyukhin O.V.**  
 Ensuring a Reliable Orientation  
 of Asymmetric Parts of the Form  
 of Rotation Bodies in Disk Hopper Feeding  
 and Orienting Devices ..... 132

#### **MODELLING OF METALLURGICAL PROCESSES..... 143**

**Sergeev Yu.S., Platov S.I., Guzeev V.I.,  
Sergeev S.V., Puzankov M.S.**  
 Computer Modeling of a New Method  
 of Controlled Cracking During  
 Dimensional Crushing of Brittle Materials ..... 143

**Konstantinov D.V., Pivovarova K.G., Pesin A.M.**  
 Fem Study on the Stress  
 State of Multilayer Self-Interlocking  
 Structures Made  
 of Cubic Elements..... 156

#### **INDUSTRIAL ECOLOGY IN METALLURGY..... 166**

**Царева С.А., Белов А.В., Царев Ю.В.**  
 Разработка и внедрение системы экологического  
 менеджмента в условиях адаптации  
 ресурсосберегающих технологий на примере  
 сервисного центра «Когалымэнергонефть»..... 166

#### **ECONOMICS, MANAGEMENT AND PRODUCT MARKET ..... 174**

**Kuznetsova M.V., Zinovyeva E.G., Selivanov A.S.**  
 A Marketing Analysis of the External  
 Environment of a Service Company  
 of a Metallurgical Enterprise ..... 174

#### **DEVELOPMENT STRATEGY, SPECIALIST EDUCATION AND PROFESSIONAL TRAINING.... 185**

**Deryabin A.V., Freinkina I.A., Andreeva O.V.,  
Nalimova M.N., Gribovsky A.V., Shevtsova A.D.**  
 Strategic Approaches to Training Specialists  
 of the Mining and Metallurgical  
 Complex Based on Methods of Specialized  
 Motor Activity ..... 185