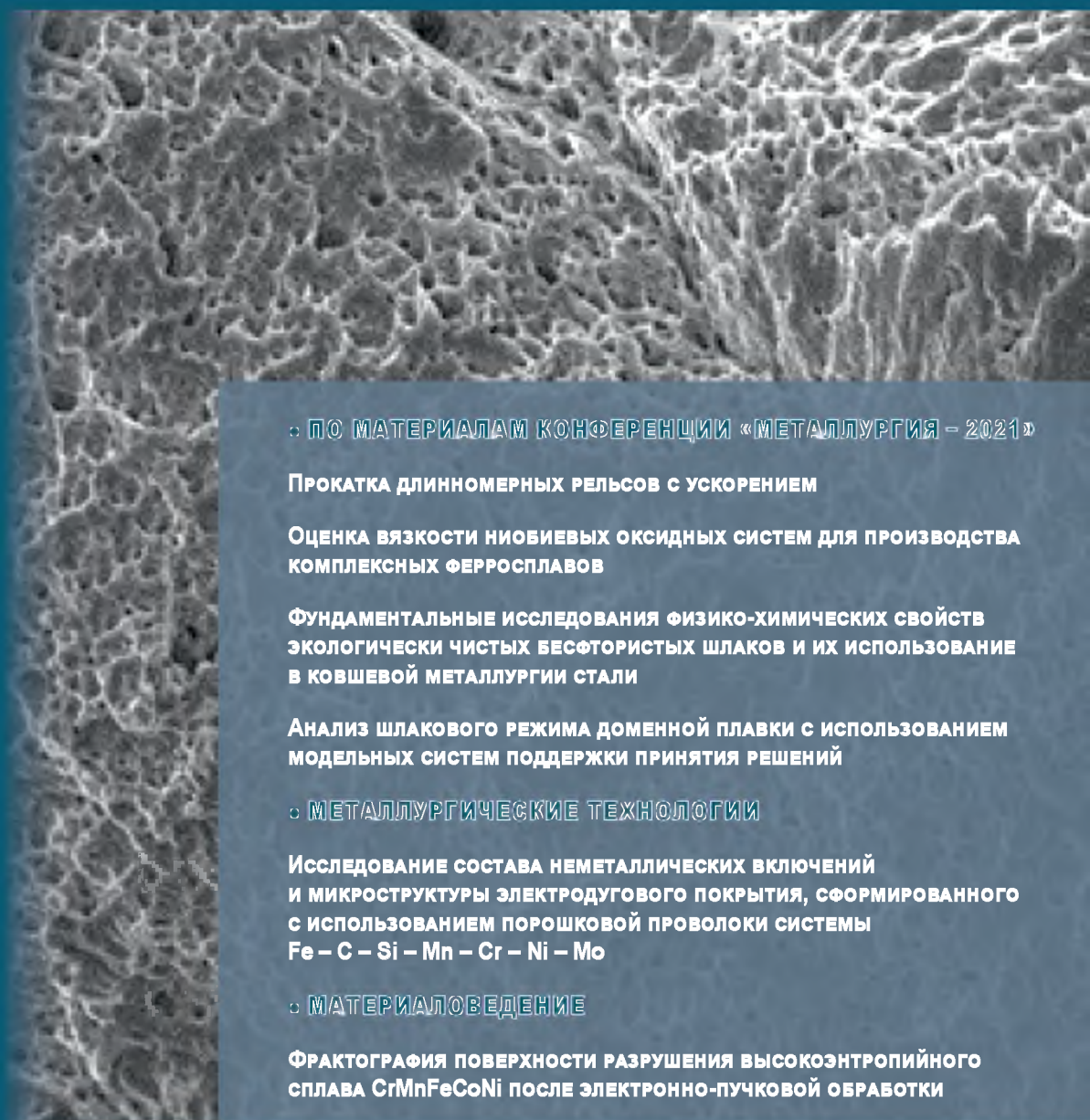


ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 65 Номер 6 2022



• ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ «МЕТАЛЛУРГИЯ – 2021»

Прокатка длинномерных рельсов с ускорением

Оценка вязкости ниобиевых оксидных систем для производства комплексных ферросплавов

Фундаментальные исследования физико-химических свойств экологически чистых бесфтористых шлаков и их использование в ковшевой металлургии стали

Анализ шлакового режима доменной плавки с использованием модельных систем поддержки принятия решений

• МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Исследование состава неметаллических включений и микроструктуры электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo

• МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Фрактография поверхности разрушения высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi после электронно-пучковой обработки



ISSN 0368-0797 (Print)
ISSN 2410-2091 (Online)

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 65, Номер 6, 2022

Научно-технический журнал
Издается с января 1958 г. ежемесячно

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

Volume 65, Number 6, 2022

Scientific and Technical Journal
Published since January 1958. Issued monthly

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

www.fermet.misis.ru

ISSN 0368-0797 (Print) ISSN 2410-2091 (Online)

Варианты названия:

Известия вузов. Черная металлургия
Izvestiya. Ferrous Metallurgy

Учредители:



Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС» (НИТУ МИСиС)



Сибирский государственный индустриальный университет

Главный редактор:

Леопольд Игоревич Леонтьев, академик РАН, советник,
Президиум РАН; д.т.н., профессор, Национальный иссле-
довательский технологический университет «МИСиС»;
главный научный сотрудник, Институт металлургии УрО РАН,
г. Москва

Заместитель главного редактора:

Евгений Валентинович Протопопов, д.т.н., профессор,
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк

Адреса редакций:

Россия, 119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»,
Тел.: +7 (495) 638-44-11
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sis.ru

Россия, 654007, Новокузнецк,
Кемеровская обл. – Кузбасс, ул. Кирова, зд. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizv@sibsiu.ru

Редакционная коллегия:

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва

Ашихмин Г.В., д.т.н., профессор, ОАО «Ин-т Цветметобработка»,
г. Москва

Байсанов С.О., д.т.н., профессор, ХМИ им. Ж.Абишева, г. Караганда,
Республика Казахстан

Белов В.Д., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Бродов А.А., к.экон.н., ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»,
г. Москва

Волынкина Е.П., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Глезер А.М., д.ф.-м.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Горбатько С.М., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Григорович К.В., академик РАН, д.т.н., ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва

Громов В.Е., д.ф.-м.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Дмитриев А.Н., д.т.н., академик, профессор, ИМЕТ УрО РАН,
г. Екатеринбург

Дуб А.В., д.т.н., профессор, ЗАО «Наука и инновации», г. Москва

Жучков В.И., д.т.н., профессор, ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

Зингер Р.Ф., д.т.н., профессор, Институт Фридриха-Александра,
Германия

Зиниград М., д.т.н., профессор, Институт Ариэля, Израиль

Золотухин В.И., д.т.н., профессор, ТулГУ, г. Тула

Колмаков А.Г., д.т.н., чл.-корр. РАН, ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва

Колокольцев В.М., д.т.н., профессор, МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск

Костина М.В., д.т.н., ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва

Косырев К.Л., д.т.н., профессор, АО «НПО «ЦНИИТМаш», г. Москва

Курганова Ю.А., д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Куernos В.В., к.ф.-м.н., доцент, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Линн Х., ООО «Линн Хай Терм», Германия

Лысак В.И., академик РАН, д.т.н., профессор, ВолгГТУ, г. Волгоград

Мешалкин В.П., академик РАН, д.т.н., профессор, РХТУ
им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Мулюков Р.Р., д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. ФГБУН ИПСМ РАН,
г. Уфа

Мышляев Л.П., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Никулин С.А., д.т.н., профессор, чл.-корр. РАЕН, НИТУ «МИСиС»,
г. Москва

Нурумгалиев А.Х., д.т.н., профессор, КГИУ, г. Караганда, Республика
Казахстан

Островский О.И., д.т.н., профессор, Университет Нового Южного
Уэльса, Сидней, Австралия

Пиетрелли Лорис, д.т.н., Итальянское национальное агентство по
новым технологиям, энергетике и устойчивому экономическому
развитию, Рим, Италия

Пышминцев И.Ю., д.т.н., РосНИТИ, г. Челябинск

Рудской А.И., академик РАН, д.т.н., профессор, СПбПУ Петра
Великого, г. Санкт-Петербург

Сивак Б.А., к.т.н., профессор, АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», г. Москва

Симонов Л.М., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Смирнов Л.А., академик РАН, д.т.н., профессор, ОАО «Уральский
институт металлов», г. Екатеринбург

Солодов С.В., к.т.н., НИТУ «МИСиС», г. Москва

Спирин Н.А., д.т.н., профессор, УрФУ, г. Екатеринбург

Танг Гуоци, Институт перспективных материалов университета
Циньхуа, г. Шеньжень, Китай

Темлянецов М.В., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Филонов М.Р., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Чуманов И.В., д.т.н., профессор, ЮУрГУ, г. Челябинск

Шешуков О.Ю., д.т.н., профессор, УрФУ, г. Екатеринбург

Шпайдель М.О., д.т.н., профессор, Швейцарская академия
материаловедения, Швейцария

Юрьев А.Б., д.т.н., доцент, СибГИУ, г. Новокузнецк

Юсупов В.С., д.т.н., профессор, ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва

По решению ВАК журнал «Известия вузов. Черная
металлургия» входит в «Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени доктора и кандидата наук».

Индексирование: Scopus, Russian Science Citation Index
на платформе Web of Science, Research Bible, OCLC и Google Scholar

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-35456.



Статьи доступны под лицензией Creative Commons
Attribution 4.0 License.

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

www.fermet.misis.ru

ISSN 0368-0797 (Print) ISSN 2410-2091 (Online)

Alternative title:

Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya
Izvestiya. Ferrous Metallurgy

Founders:



National University of Science
and Technology "MISIS"



Siberian State Industrial University

Editor-in-Chief:

Leopold I. Leont'ev, Academician, Adviser of the Russian Academy of Sciences; Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology "MISIS"; Chief Researcher, Institute of Metallurgy UB RAS, Moscow

Deputy Editor-in-Chief:

Evgenii V. Protopopov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Editorial Addresses:

4 Leninskii Ave., Moscow 119991, Russian Federation
National University of Science and Technology "MISIS"
Tel.: +7 (495) 638-44-11

E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sisu.ru

42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass
654007, Russian Federation
Siberian State Industrial University
Tel.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Editorial Board:

Nikolai P. Aleshin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician of RAS, Bauman STU, Moscow
German V. Ashikhmin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "Institute Tsvetmetobrabotka", Moscow

Sailaubai O. Baisanov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda, Republic of Kazakhstan

Vladimir D. Belov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Anatoli A. Brodov, Cand. Sci. (Econ.), Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow

Il'ya V. Chumanov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State Research University, Chelyabinsk

Andrei N. Dmitriev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician, Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, Ural Federal University, Yekaterinburg

Aleksei V. Dub, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "Science and Innovations", Moscow

Mikhail R. Filonov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Aleksandr M. Glezer, Dr. Sci. (Phys.-math.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Sergei M. Gorbatyuk, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Konstantin V. Grigorovich, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Victor E. Gromov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Aleksei G. Kolmakov, Dr. Sci. (Eng.), Corresponding Member of RAS, Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Valerii M. Kolokol'tsev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Mariya V. Kostina, Dr. Sci. (Eng.), Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Konstantin L. Kosyrev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "NPO "TSNIITMash", Moscow

Yuliya A. Kurganova, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Vladimir V. Kurnosov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assist. Prof., NUST "MISIS", Moscow

Linn Horst, Linn High Therm GmbH, Hirschbach, Germany

Vladimir I. Lysak, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Rector, Volgograd State Technical University, Volgograd

Valerii P. Meshalkin, Dr. Sci. (Eng.), Academician of RAS, Prof., D.I. Mendeleyev Russian Chemical-Technological University, Moscow

Radik R. Mulyukov, Dr. Sci. (Phys.-Chem.), Prof., Corresponding Member of RAS, Institute of Metals Superplasticity Problems of RAS, Ufa

Leonid P. Myshlyayev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Sergei A. Nikulin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of RANS, NUST "MISIS", Moscow

Asylbek Kh. Nurumgaliev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Karaganda State Industrial University, Karaganda, Republic of Kazakhstan

Oleg I. Ostrovski, Dr. Sci. (Eng.), Prof., University of New South Wales, Sidney, Australia

Loris Pietrelli, Dr., Scientist, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Rome, Italy

Igor' Yu. Pyshmintsev, Dr. Sci. (Eng.), Russian Research Institute of the Pipe Industry, Chelyabinsk

Andrei I. Rudskoi, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Rector, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg

Oleg Yu. Sheshukov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University, Yekaterinburg

Laura M. Simonyan, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Robert F. Singer, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Friedrich-Alexander University, Germany

Boris A. Sivak, Cand. Sci. (Eng.), Prof., VNIIMETMASH Holding Company, Moscow

Leonid A. Smirnov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician of RAS, OJSC "Ural Institute of Metals", Yekaterinburg

Sergei V. Solodov, Cand. Sci. (Eng.), NUST "MISIS", Moscow

Speidel Marcus, Dr. Natur. Sci., Prof., Swiss Academy of Materials, Switzerland

Nikolai A. Spirin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University, Yekaterinburg

Tang Guo, Institute of Advanced Materials of Tsinghua University, Shenzhen, China

Mikhail V. Temlyantsev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Ekaterina P. Volynkina, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Aleksei B. Yur'ev, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Vladimir S. Yusupov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Vladimir I. Zhuchkov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, Ural Federal University, Yekaterinburg

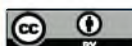
Michael Zinigrad, Dr. Sci. (Physical Chemistry), Prof., Rector, Ariel University, Israel

Vladimir I. Zolotukhin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Tula State University, Tula

Journal "Izvestiya. Ferrous metallurgy" is included in the "List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, in which should be published major scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences" by the decision of the Higher Attestation Commission.

Indexed: Scopus, Russian Science Citation Index (Web of Science), Research Bible, OCLC and Google Scholar

Registered in Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communications **PI number FS77-35456.**



Articles are available under **Creative Commons Attribution 4.0 License.**

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

XXII Международная научно-практическая конференция «Металлургия: технологии, инновации, качество». г. Новокузнецк, 10 – 11 ноября 2021 г («Металлургия – 2021») 380

22th International Scientific and Practical Conference “Metallurgy: Technologies, Innovations, Quality”. Novokuznetsk, November 10 – 11, 2021 (“Metallurgy – 2021”) ... 380

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ
«МЕТАЛЛУРГИЯ – 2021»

BASED ON THE MATERIALS
OF THE CONFERENCE “METALLURGY – 2021”

Соловьев В.Н., Белолипецкая Е.С. Прокатка длинномерных рельсов с ускорением 381
Черникова О.П., Златицкая Ю.А. Ресурсоэффективность металлургического производства 390
Заякин О.В., Шартдинов Р.Р., Сметанников А.Н., Кель И.Н. Оценка вязкости ниобиевых оксидных систем для производства комплексных ферросплавов 399
Бабенко А.А., Смирнов Л.А., Протопопов Е.В., Уполонникова А.Г., Сметанников А.Н. Фундаментальные исследования физико-химических свойств экологически чистых бесфтористых шлаков и их использование в ковшевой металлургии стали 406
Павлов А.В., Спирин Н.А., Бегинюк В.А., Лавров В.В., Гурин И.А. Анализ шлакового режима доменной плавки с использованием модельных систем поддержки принятия решений 413

Solov'ev V.N., Belolipetskaya E.S. Rolling of long-length rails with acceleration 381
Chernikova O.P., Zlatitskaya Yu.A. Resource efficiency of metallurgical production 390
Zayakin O.V., Shartdinov R.R., Smetannikov A.N., Kel' I.N. Viscosity of niobium oxide systems for production of complex ferroalloys 399
Babenko A.A., Smirnov L.A., Protopopov E.V., Upolonnikova A.G., Smetannikov A.N. Fundamental studies of physicochemical properties of environmentally friendly fluorine-free slags and their use in ladle steel industry 406
Pavlov A.V., Spirin N.A., Beginyuk V.A., Lavrov V.V., Gurin I.A. Analysis of slag mode of blast furnace melting using model decision support systems 413

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

METALLURGICAL TECHNOLOGIES

Козырев Н.А., Осетковский И.В., Усольцев А.А., Полевой Е.В., Михно А.Р. Исследование состава неметаллических включений и микроструктуры электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo 421

Kozyrev N.A., Osetkovskii I.V., Usol'tsev A.A., Polevoi E.V., Mikhno A.R. Composition of non-metallic inclusions and microstructure of electric arc coating formed using the flux-cored wire of Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo system 421

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

MATERIAL SCIENCE

Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Осинцев К.А., Воробьев С.В., Панченко И.А. Фрактография поверхности разрушения высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi после электронно-пучковой обработки 427

Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Osintsev K.A., Vorob'ev S.V., Panchenko I.A. Fractography of fracture surface of CrMnFeCoNi high-entropy alloy after electron-beam processing 427

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ
ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЯХ
И МАТЕРИАЛАХ

INNOVATIONS IN METALLURGICAL
INDUSTRIAL AND LABORATORY
EQUIPMENT, TECHNOLOGIES
AND MATERIALS

Никитин А.Г., Баженов И.А., Герасимов С.П. Анализ эксплуатационного ресурса привода волочильного стана 434

Nikitin A.G., Bazhenov I.A., Gerasimov S.P. Analysis of the drawing mill drive operation 434

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Кулаков С.М., Койнов Р.С., Ляховец М.В., Тараборина Е.Н. Автоматизированное управление сложными металлургическими агрегатами на основе метода прецедентов 437

Памяти Михаила Васильевича Астахова 447
Подгородецкий Геннадий Станиславович (23.01.1958 – 21.06.2022) 448

**INFORMATION TECHNOLOGIES
AND AUTOMATIC CONTROL
IN FERROUS METALLURGY**

Kulakov S.M., Koinov R.S., Lyakhovets M.V., Tarabolina E.N. Automated control of complex metallurgical units based on the CBR method 437

In memory of Mikhail Vasil'evich Astakhov 447
Podgorodetskii Gennadii Stanislavovich (23.01.1958 – 21.06.2022) 448



Оригинальная статья

УДК 504.06

DOI 10.17073/0368-0797-2022-6-390-398

<https://fermet.misis.ru/jour/article/view/2319>



РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

О. П. Черникова, Ю. А. Златицкая

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Сбалансированное развитие мирового сообщества в ближайшее десятилетие предполагает достижение целей устойчивого развития вследствие повышения эффективности использования ресурсов экономической, социальной и экологической сфер человеческой деятельности. В рамках глобализационных процессов, неизбежно затрагивающих национальную экономическую, социальную и экологическую повестки, все большую роль приобретают две последних составляющих. Основные мероприятия государственной национальной политики Российской Федерации направлены на решение социально-экономических задач, обеспечивающих реализацию права каждого человека на благоприятную окружающую среду. Своевременное решение вопросов социального и экологического благополучия как индикаторов качества жизни населения является приоритетной задачей органов государственной власти регионов совместно с высшим менеджментом градообразующих предприятий, несущих преобладающие социальную и экологическую нагрузки. Повышение эффективности использования ресурсов приобретает особую значимость в регионах с доминирующим размещением металлургического производства. Загрязнение атмосферного воздуха и воды, высокий уровень профессиональной заболеваемости и производственного травматизма, вызванного износом оборудования и нарушением техники безопасности на производственных объектах, преобладание смертности над рождаемостью, интенсивный миграционный отток населения, износ инженерной инфраструктуры при одновременно растущих объемах промышленного производства отражают несбалансированность положения металлургического региона, препятствуют устойчивости его развития. Проведенное научное исследование позволило разработать систему показателей оценки ресурсоэффективности металлургического производства, предусматривающую их группировку по компонентам развития. Это позволяет менеджменту оценить вклад каждой совокупности составляющих в результирующее значение, предложить мероприятия и ориентиры оптимизации коэффициентов, выявить факторы роста конкурентоспособности бизнеса, определить целевые направления инвестирования, а также продемонстрировать мировому сообществу трансформацию производственно-хозяйственной деятельности компаний в соответствии с глобальными трендами ресурсосбережения и устойчивости.

Ключевые слова: металлургическая компания, устойчивое развитие, ресурсоэффективность, экология, социум

Для цитирования: Черникова О.П., Златицкая Ю.А. Ресурсоэффективность металлургического производства // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 6. С. 390–398. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-390-398>

Original article

RESOURCE EFFICIENCY OF METALLURGICAL PRODUCTION

O. P. Chernikova, Yu. A. Zlatitskaya

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. The balanced development of the world community in the next decade implies achievement of sustainable development goals by increasing the efficiency of resources utilization in the economic, social and environmental spheres of human activity. Within the framework of globalization processes, which inevitably affect the national economic, social and environmental agenda, the last two spheres are becoming increasingly important. The main measures of the state national policy of the Russian Federation are aimed at solving social and economic problems that ensure realization of the right of every person to a favorable environment. Timely solution of the problems of social and environmental well-being, as indicators of the life quality of population, is a priority task of the state authorities of the regions together with the top management of city-forming enterprises that bear major social and environmental burden. Increase in the resources utilization efficiency is of particular importance in regions with a dominant location of metallurgical production. Atmosphere and water pollution, a high level of occupational morbidity and injuries caused by equipment wear and safety violations at production facilities, the prevalence of mortality over births, an intensive migration outflow of the population, depreciation of engineering infrastructure with simultaneously growing industrial output reflect the imbalance in situation of the metallurgical region, delay its sustainable development. The conducted scientific research made it possible to develop a system of indicators for assessing the resource efficiency of metallurgical production with their grouping by development components. It makes possible for the management to evaluate the contribution of each set of components to the resulting value, propose measures and guidelines for optimizing coefficients, identify business competitiveness growth

factors, determine investment targets, and also demonstrate to the world community the transformation of production and economic activities of companies in accordance with global trends in resource conservation and sustainability.

Keywords: metallurgical company, sustainable development, resource efficiency, ecology, society

For citation: Chernikova O.P., Zlatitskaya Yu.A. Resource efficiency of metallurgical production. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2022, vol. 65, no. 6, pp. 390–398. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-390-398>

ВВЕДЕНИЕ

В условиях развития цифровой экономики, высокой конкуренции между странами в производстве отдельных видов продукции, истощения мирового природно-ресурсного потенциала, глобального изменения климата, в целях поддержания устойчивого развития территорий, на которых находятся предприятия, активно использующие в своей деятельности экономические, социальные и экологические ресурсы, особую актуальность приобретают вопросы повышения ресурсоэффективности (рациональное использование доступных ресурсов с минимальными затратами или получение максимально возможного объема продукции с помощью рассматриваемых факторов производства).

В России ресурсоэффективность рассматривается преимущественно сквозь призму роста энергоэффективности и развития возобновляемых источников энергии, внедрения мер экономического стимулирования сокращения выбросов, сбросов, образования и утилизации отходов. Стратегия долгосрочного устойчивого развития Российской Федерации до 2030 г. устанавливает тренд решения социально-экономических проблем, обеспечивающего снижение «углеродного следа», сохранение благоприятной экологической обстановки в регионах, разнообразия флоры, фауны, природных ресурсов [1]. Мировая повестка устойчивого развития планеты, исследуемая российскими и зарубежными учеными, многогранна. В работах [2, 3] изучают подходы к анализу и основы устойчивости организаций, различные аспекты «зеленой экономики» [4–7] и низкоуглеродного производства [8–10], инновационные тренды в целях повышения инвестиционной привлекательности [11, 12], экономический, конкурентный и адаптационный потенциал организаций [13–15], а также влияние предприятий металлургического сектора на окружающую среду и изменение климата [16–19].

Большинство исследователей транслирует единство трех компонент (экономической, социальной и экологической), при этом в качестве ключевого метода, способного поддерживать баланс между ними, выступает оценка ресурсоэффективности.

В настоящее время практически все производители продукции черной металлургии нацелены на оптимизацию расходов за счет снижения уровней потребления сырья, воды, энергии, а также на экологизацию своей деятельности за счет сокращения объемов выбросов парниковых газов, сточных вод и оказания других воздействий на окружающую среду. Реализации этого спо-

собствует давление со стороны Евросоюза, который в целях сокращения углеродного следа организаций намерен ввести трансграничный углеродный налог для импортеров «грязных товаров». По данным за 2020 г. импорт железа и стали из России в ЕС, потенциально подпадающий под этот вид налогообложения, составил 10,17 млн т или 3963,7 млн евро. В связи с этим в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации потенциальные потери отрасли от нововведений оценивают в сумму до 800 млн долларов в год.

Производители металлургического сектора по всему миру демонстрируют приверженность «зеленой повестке» и целям устойчивого развития. ArcelorMittal заявляет, что к 2050 г. производство стали в Евросоюзе станет абсолютно безуглеродным. Ряд зарубежных компаний (австралийская Voestalpine, датская Orsted, шведские SSAB, LKAB и Vattenfall) внедряют водородные проекты. На этом фоне крупные металлопроизводители отказываются от сделок с «грязными производствами», так как не желают приобретать сырье с большим углеродным следом. При этом за последние 30 лет в России не было открыто ни одного комбината полного цикла по выпуску продукции черной металлургии, а действующие производственные объекты оснащены устаревшим оборудованием с высокими показателями трудоемкости, энергоемкости, экологических рисков. Все это снижает конкурентоспособность российской металлопродукции.

Отечественные металлурги в сложившейся ситуации стараются трансформировать бизнес в «зеленом направлении». ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК) за 20-летний период на природоохранную деятельность направил почти 1,3 млрд долларов (более 51 млрд рублей). За это время в два раза был увеличен объем производства продукции, но воздействие на экологию существенно снизилось за счет применения современных технологий и модернизации оборудования. Показатели производственных выбросов соответствуют наилучшим доступным российским технологиям: в 2020 г. удельные выбросы оксида CO₂ от производственной деятельности комбината составили 1,91 т на одну т стали и 1,39 т на одну т чугуна, что на 5 % выше эталона EU ETS. В планах компании сократить до 3 %.

Согласно сведениям Росгидромета и Минприроды комплексный индекс загрязнения атмосферы в Липецке, где расположен ключевой актив НЛМК, в 2019 г. составил три единицы. Город стал самым экологичным центром отечественной металлургии, опередив произ-

водственные площадки металлургических гигантов по чистоте воздуха: Новокузнецк (17 единиц), Магнитогорск (13 единиц), Нижний Тагил (7 единиц), Череповец (3,9 единицы).

За 20 лет 13,4 млрд долларов направил на природоохранную деятельность ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК), 50 % которых было направлено на строительство новых и реконструкцию существующих на предприятии объектов. Компания планомерно снижает углеродный след в первом переделе, повторно использует энергоресурсы, разрабатывает «зеленые» энергопроекты. В 2020 г. удельные выбросы оксида CO_2 составили 2,18 т на одну т жидкой стали, при этом через пять лет запланировано снижение углеродоемкости готовой продукции до 1,8 т CO_2 -эквивалента на т.

За предшествующую пятилетку ММК на 14 900 т в год сократил выбросы в атмосферу. В 2020 г. удельные выбросы оксида SO_2 в первом переделе составили 0,4 кг на т стали за счет использования в агломерационном цехе модернизированных сероулавливающих установок. Это на 35 % ниже уровня, достигнутого ведущими металлургическими компаниями Европы. На ближайшую пятилетку финансирование природоохранных объектов планируется в размере 35 млрд рублей. За обозначенный период компания планирует снизить выбросы загрязняющих веществ: валовые – в два раза, удельные – в три раза по отношению к 2020 г.

В 2020 г. ПАО «Северсталь» инвестировало в природоохрану 5,6 млрд рублей, что почти на 50 % больше, чем в 2019 г. Удельные выбросы парниковых газов в структурных подразделениях главного производственного звена ПАО «Северсталь» (Череповецкого металлургического комбината) в 2019 г. составили 2,08 т оксида CO_2 на одну т жидкой стали (среднемировой показатель для сталелитейных предприятий – 2,3 т). К 2023 г. компания намерена по 1 % в год снижать интенсивность выбросов парниковых газов. Через пять лет, по мнению руководства компании, выбросы должны быть снижены на величину, превышающую 66 000 т.

Более 2,3 млрд рублей в 2020 г. «ЕВРАЗ» инвестировал в природоохрану комбинатов Нижнего Тагила и Качканара. На производственной площадке «ЕВРАЗ НТМК» была остановлена выработавшая свой ресурс доменная печь № 5 и запущена после технического перевооружения доменная печь № 6. С учетом запущенной ранее доменной печи № 7 предприятие позиционирует себя самым чистым доменщиком в России.

К 2020 г. углеродоемкость продукции на тонну сырой стали в компании составила 1,97 т CO_2 -эквивалента. В десятилетних планах холдинга планируется снижение углеродного следа на 20 %, валовых выбросов при плавлении стали – на 33 %. Кроме того, планируется утилизация 75 % выбросов метана, образующегося при дегазации от подземной добычи угля.

Менеджмент ОАО «Металлоинвест» до 2036 г. рас-

считывает на 15 % сократить выбросы парниковых газов относительно показателей 2019 г. В 2020 г. общий объем выбросов парниковых газов компании составил 69,3 млн т CO_2 -эквивалента. К 2050 г. ОАО «Металлоинвест» рассчитывает завершить переход на чистый водород в технологическом процессе и приобрести углеродные офсетсы на выбросы, которые нельзя сократить, чтобы достичь углеродной нейтральности¹.

Другие компании тоже вносят посильный вклад в реализацию экологической и климатической повестки, при этом для защиты окружающей среды и устойчивого развития важны учет и оценка целого спектра факторов, позволяющих определить эффективность принимаемых управленческих решений: оценка жизненного цикла воздействия производственных процессов на окружающую среду [20 – 29]; использование наилучших доступных технологий [30, 31]; уровень энергопотребления производства [32 – 35].

Предметом настоящего научного исследования являются показатели оценки ресурсоэффективности металлургического производства, характеризующие уровни достижения экономических, социальных и экологических результатов деятельности предприятий при реализации стратегии устойчивого развития.

Цель настоящей работы – разработка системы показателей оценки ресурсоэффективности в контексте устойчивости металлургического производства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При постановке цели и определении задач был использован абстрактно-логический метод изучения и анализа результатов воздействия металлургической промышленности на экономический, социальный и экологический аспекты деятельности общества. Для комплексного исследования целевой проблематики был использован системный подход при изучении научной литературы.

В процессе изучения влияния металлургических предприятий на экологию и социум использовали следующие методы: статистический с анализом фактических данных о нарушениях законодательства; метод сравнительного анализа характера техногенного воздействия металлургического производства на окружающую среду; методы синхронного и диахронного анализов.

На этапе разработки системы показателей оценки ресурсоэффективности применялся метод статистического обобщения и синтеза процессов комплексного воздействия металлургического производства на экономическую эффективность деятельности предприятия, окружающую среду и социум.

¹ Шульга Ю. Устойчивое развитие и экология в металлургии: обзор деятельности российских компаний. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/432897-ustoychivoe-razvitiye-i-ekologiya-v-metallurgii-obzor-deyatelnosti-rossiyskih> (Дата обращения: 31.01.2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенность российского металлургического комплекса заключается в его структурообразующей функции, поскольку более 70 % предприятий являются градообразующими и выполняют функции работодателя и источника пополнения местного бюджета. Финансовое состояние и тренды развития металлургических предприятий оказывают значительное влияние на экономику и социальный климат регионов пребывания компаний. При этом на элементы окружающей среды регионов пребывания отрасль действует негативно (см. таблицу).

Исследование показало, что устойчивое развитие моноотраслевых территорий с преобладанием металлургических производств возможно на основе баланса экономических интересов менеджмента металлургических предприятий, социальных и экологических интересов населения, органов власти территории.

Особенностью развития финансово-экономических отношений в современном бизнесе является возрастающее внимание менеджмента к экономическому анализу производственно-хозяйственной деятельности организаций. Несмотря на насыщенный арсенал методик, показателей и инструментов, методология экономического анализа в современных условиях должна быть дополнена оценкой и диагностикой степени использования не только экономических, но и социальных, экологических, временных и других видов ресурсов. В связи с этим для принятия эффективных управленческих решений руководству металлургических компаний необходима система индикаторов, информирующих о состоянии результатов и затрат по экономическому,

социальному, экологическому и другим аспектам, позволяющая оценить ресурсоэффективность.

В контексте устойчивости металлургического производства под ресурсоэффективностью понимается уровень соотношения результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятия и затрат на обеспечение баланса семи компонент (экономической, трудовой, финансовой, информационной, временной, социальной и экологической). Разработанная комплексная система показателей и инструментов диагностики, планирования и оценки ресурсоэффективности металлургического производства соответствует миссии и стратегическим целям устойчивого развития компаний рассматриваемой отрасли в современных реалиях.

Расчет ресурсоэффективности металлургического производства (РП) рекомендуется проводить в соответствии со следующей методикой:

$$РП = ЭР + СР + Э,$$

где ЭР, СР и Э – экономическая, социальная и экологическая ресурсоэффективности, доли ед.

Экономическая ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$ЭР = МР + ТР + ФР + ИР + ВР,$$

где МР, ТР, ФР, ИР и ВР – материальная, трудовая, финансовая, информационная и временная ресурсоэффективности, доли ед.

Материальная ресурсоэффективность определяется по формуле:

Результаты анализа техногенного воздействия металлургического производства на элементы окружающей среды

Analysis results of the technogenic impact of metallurgical production on the environment elements

Элементы окружающей среды	Характер воздействия	Итоги антропогенной нагрузки
Вода	Водозабор, сброс загрязненных шламами и пылью вод	Загрязнение водного бассейна и уменьшение его запасов
Воздух	Выбросы в воздушный бассейн газов, пыли и шламов (CO ₂ , SO ₂ , NO ₂ , NO, хлор, фтор и др.)	Запыление и загазовывание воздушного бассейна
Почвы	Строительство зданий и сооружений, прокладка коммуникаций; осаждение на почвы пылевых выбросов из атмосферы, размещение отходов металлургии, содержащих мышьяк, серу, фосфор, тяжелые цветные металлы (цинк, свинец и др.)	Уменьшение площадей продуктивных сельскохозяйственных земель, загрязнение почв, накопление тяжелых металлов
Растения и животные	Осаждение пылевых выбросов из атмосферы, воздействие экотоксикантов	Сокращение площадей и загрязнение среды обитания, угнетение растений
Недра	Существенных воздействий нет	Практически отсутствует
Социум	Загрязнение воздушного и водного бассейнов, почв, техногенные катастрофы	Рост заболеваемости, сокращение продолжительности и ухудшение условий жизни, гибель при техногенных катастрофах

$$MP = I_{\text{ФО}} + I_{\text{МО}} + I_{\text{ООС}} + I_{\text{ВГ}} + I_{\text{БФ}} + I_{\text{ЭО}} + I_{\text{ЭЭ}},$$

где $I_{\text{ФО}} = \frac{\text{ФО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ФО}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс фондоотдачи, доли ед.;

$I_{\text{МО}} = \frac{\text{МО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{МО}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс материалоотдачи, доли ед.;

$I_{\text{ООС}} = \frac{\text{КО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{КО}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс оборачиваемости оборот-

ных средств, доли ед.; $I_{\text{ВГ}} = \frac{\text{ВГ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ВГ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс выхода

годного, учитывающий потери при плавке, заливке, в литниковой системе, продуктовый брак, доли ед.;

$I_{\text{БФ}} = \frac{\text{БФ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{БФ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс бракованных форм, доли ед.;

$I_{\text{ЭО}} = \frac{\text{ЭО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ЭО}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс эффективности использования

оборудования, доли ед.; $I_{\text{ЭЭ}} = \frac{\text{ЭЭ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ЭЭ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс энерго-

эффективности, доли ед.; $\text{ФО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ФО}_{\text{БАЗ}}$ – фондоотдача по факту и в базовом периоде; $\text{МО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{МО}_{\text{БАЗ}}$ – материалоотдача по факту и в базовом периоде; $\text{КО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{КО}_{\text{БАЗ}}$ – коэффициент оборачиваемости по факту и в базовом периоде; $\text{ВГ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ВГ}_{\text{БАЗ}}$ – выход годного по факту и в базовом периоде; $\text{БФ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{БФ}_{\text{БАЗ}}$ – количество бракованных форм по факту и в базовом периоде; $\text{ЭО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ЭО}_{\text{БАЗ}}$ – эффективность использования оборудования по факту и в базовом периоде; $\text{ЭЭ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ЭЭ}_{\text{БАЗ}}$ – энергоотдача по факту и в базовом периоде.

Трудовая ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$TP = I_{\text{ПР}} + I_{\text{ЗО}},$$

где $I_{\text{ПР}} = \frac{\text{ПР}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ПР}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс производительности труда

рабочего, доли ед.; $I_{\text{ЗО}} = \frac{\text{ЗО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ЗО}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс зарплато-

отдачи, доли ед.; $\text{ПР}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ПР}_{\text{БАЗ}}$ – производительность труда рабочего по факту и в базовом периоде; $\text{ЗО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ЗО}_{\text{БАЗ}}$ – зарплатоотдача по факту и в базовом периоде.

Финансовая ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$FP = I_{\text{Р}} + I_{\text{РП}} + I_{\text{РИ}} + I_{\text{ПД}},$$

где $I_{\text{Р}} = \frac{\text{Р}_{\text{ФАКТ}}}{\text{Р}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс рентабельности продукции,

доли ед.; $I_{\text{РП}} = \frac{\text{РП}_{\text{ФАКТ}}}{\text{РП}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс рентабельности про-

даж, доли ед.; $I_{\text{РИ}} = \frac{\text{РИ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{РИ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс рентабельности

инвестиций, доли ед.; $I_{\text{ПД}} = \frac{\text{ПД}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ПД}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс покры-

тия долга, доли ед.; $\text{Р}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{Р}_{\text{БАЗ}}$ – рентабельность про-

дукции по факту и в базовом периоде; $\text{РП}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{РП}_{\text{БАЗ}}$ – рентабельность продаж по факту и в базовом периоде; $\text{РИ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{РИ}_{\text{БАЗ}}$ – рентабельность инвестиций по факту и в базовом периоде; $\text{ПД}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ПД}_{\text{БАЗ}}$ – коэффициент покрытия долга по факту и в базовом периоде.

Информационная ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$IP = I_{\text{ПЦ}} + I_{\text{В}} + I_{\text{ОСЗ}} + I_{\text{С}} + I_{\text{ОСР}},$$

где $I_{\text{ПЦ}} = \frac{\text{ПЦ}_{\text{БАЗ}}}{\text{ПЦ}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс продолжительности произ-

водственного цикла, доли ед.; $I_{\text{В}} = \frac{\text{В}_{\text{ФАКТ}}}{\text{В}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс до-

хода от продаж продукции, доли ед.; $I_{\text{ОСЗ}} = \frac{\text{ОСЗ}_{\text{БАЗ}}}{\text{ОСЗ}_{\text{ФАКТ}}}$ –

индекс оборотных средств в запасах, доли ед.;

$I_{\text{С}} = \frac{\text{С}_{\text{БАЗ}}}{\text{С}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс себестоимости продукции, доли ед.;

$I_{\text{ОСР}} = \frac{\text{ОСР}_{\text{БАЗ}}}{\text{ОСР}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс оборачиваемости средств

в расчетах, доли ед.; $\text{ПЦ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ПЦ}_{\text{БАЗ}}$ – продолжительность цикла по факту и в базовом периоде; $\text{В}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{В}_{\text{БАЗ}}$ – доход от продаж продукции по факту и в базовом периоде; $\text{ОСЗ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ОСЗ}_{\text{БАЗ}}$ – оборотные средства в запасах по факту и в базовом периоде; $\text{С}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{С}_{\text{БАЗ}}$ – себестоимость продукции по факту и в базовом периоде; $\text{ОСР}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ОСР}_{\text{БАЗ}}$ – оборотные средства в расчетах по факту и в базовом периоде.

Временная ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$VP = I_{\text{П}} + I_{\text{ПО}} + I_{\text{ППР}},$$

где $I_{\text{П}} = \frac{\text{П}_{\text{ФАКТ}}}{\text{П}_{\text{ПЛ}}}$ – индекс выполнения плана произ-

водства, доли ед.; $I_{\text{ПО}} = \frac{\text{ПО}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ПО}_{\text{ПЛ}}}$ – индекс простоев обо-

рудования, доли ед.; $I_{\text{ППР}} = \frac{\text{ППР}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ППР}_{\text{ПЛ}}}$ – индекс выпол-

нения плана продаж, доли ед.; $\text{П}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{П}_{\text{ПЛ}}$ – объем производства продукции по факту и в базовом периоде; $\text{ПО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ПО}_{\text{ПЛ}}$ – время простоев оборудования по факту и в базовом периоде; $\text{ППР}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ППР}_{\text{ПЛ}}$ – объем продаж по факту и в базовом периоде.

Социальная ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$SP = I_{\text{ТР}} + I_{\text{НСС}} + I_{\text{А}} + I_{\text{РО}} + I_{\text{Ш}} + I_{\text{ЗП}} + I_{\text{Д}},$$

где $I_{\text{ТР}} = \frac{\text{ТР}_{\text{БАЗ}}}{\text{ТР}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс травматизма работников пред-

приятия, доли ед.; $I_{\text{НСС}} = \frac{\text{НСС}_{\text{БАЗ}}}{\text{НСС}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс несчаст-

ных случаев со смертельным исходом, доли ед.; $I_A = \frac{A_{\text{БАЗ}}}{A_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс аварий на производстве, доли ед.; $I_{\text{РО}} = \frac{\text{РО}_{\text{БАЗ}}}{\text{РО}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс количества нарушителей правил промышленной безопасности, привлеченных к ответственности, доли ед.; $I_{\text{Ш}} = \frac{\text{Ш}_{\text{БАЗ}}}{\text{Ш}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс сумм штрафов, уплаченных предприятием по результатам проверок соблюдения правил промышленной безопасности, доли ед.; $I_{\text{ЗП}} = \frac{\text{ЗП}_{\text{ОТР}}}{\text{ЗП}_{\text{СР.РЕГ}}}$ – индекс размера оплаты труда рабочего отрасли к размеру среднерегиональной оплаты труда, доли ед.; $I_{\text{Д}} = \frac{\text{Д}_{\text{ФАКТ}}}{\text{НЧЗ}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс своевременности выплаты заработной платы работникам, доли ед.; $\text{ТР}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ТР}_{\text{БАЗ}}$ – травматизм работников по факту и в базовом периоде; $\text{НСС}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{НСС}_{\text{БАЗ}}$ – число несчастных случаев со смертельным исходом по факту и в базовом периоде; $A_{\text{ФАКТ}}$ и $A_{\text{БАЗ}}$ – количество аварий на производстве по факту и в базовом периоде; $\text{РО}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{РО}_{\text{БАЗ}}$ – число работников, привлеченных к ответственности по факту и в базовом периоде; $\text{Ш}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{Ш}_{\text{БАЗ}}$ – сумма штрафов за нарушение требований промышленной безопасности по факту и в базовом периоде; $\text{ЗП}_{\text{ОТР}}$ – оплата труда рабочего отрасли; $\text{ЗП}_{\text{СР.РЕГ}}$ – средняя региональная оплата труда работника; $\text{Д}_{\text{ФАКТ}}$ – сумма долгов по заработной плате по факту; $\text{НЧЗ}_{\text{ФАКТ}}$ – сумма начисленной заработной платы по факту.

Экологическая ресурсоэффективность определяется по формуле:

$$\Xi = I_{\text{ПЖ}} + I_3 + I_{\text{НЗ}} + I_{\text{ВВ}} + I_{\text{СВ}} + I_{\text{ФПМ}},$$

где $I_{\text{ПЖ}} = \frac{\text{ПЖ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ПЖ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс продолжительности жизни людей в регионе пребывания предприятия, доли ед.; $I_3 = \frac{\text{З}_{\text{БАЗ}}}{\text{З}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс заболеваемости людей в регионе пребывания предприятия, доли ед.; $I_{\text{НЗ}} = \frac{\text{НЗ}_{\text{БАЗ}}}{\text{НЗ}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс площади нарушенных земель, доли ед.; $I_{\text{ВВ}} = \frac{\text{ВВ}_{\text{БАЗ}}}{\text{ВВ}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс выбросов загрязняющих веществ, доли ед.; $I_{\text{СВ}} = \frac{\text{СВ}_{\text{БАЗ}}}{\text{СВ}_{\text{ФАКТ}}}$ – индекс сброса сточных вод, доли ед.; $I_{\text{ФПМ}} = \frac{\text{ФПМ}_{\text{ФАКТ}}}{\text{ФПМ}_{\text{БАЗ}}}$ – индекс размера финансирования природоохранных мероприятий, доли ед.; $\text{ПЖ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ПЖ}_{\text{БАЗ}}$ – продолжительность жизни человека по факту и в базовом периоде; $\text{З}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{З}_{\text{БАЗ}}$ – заболеваемость людей в регионе по факту и в базовом

периоде; $\text{НЗ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{НЗ}_{\text{БАЗ}}$ – площадь нарушенных земель по факту и в базовом периоде; $\text{ВВ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ВВ}_{\text{БАЗ}}$ – объем выбросов загрязняющих веществ по факту и в базовом периоде; $\text{СВ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{СВ}_{\text{БАЗ}}$ – объем сброса сточных вод по факту и в базовом периоде; $\text{ФПМ}_{\text{ФАКТ}}$ и $\text{ФПМ}_{\text{БАЗ}}$ – сумма финансирования природоохранных мероприятий по факту и в базовом периоде.

Использование такой системы показателей, инструментов диагностики, планирования и оценки ресурсоэффективности в практической деятельности экономистов металлургических предприятий позволит получать достоверную информацию о фактическом состоянии всех компонент устойчивого развития бизнеса, разрабатывать меры и ориентиры оптимизации коэффициентов, выявлять конкурентные преимущества и недостатки производственно-хозяйственной деятельности, целенаправленно и обоснованно распределять финансирование между структурными подразделениями компании разного функционала.

Выводы

Вопросы ресурсоэффективности, как правило, рассматриваются в логике показателей использования экономических ресурсов в конкретный момент времени. При этом в контексте устойчивости развития комплексная оценка эффективности использования ресурсов возможна только с учетом фактора времени (соотношения фактических значений показателей с базовыми). Разработанная система показателей оценки ресурсоэффективности металлургического производства, предусматривающая их группировку по компонентам устойчивого развития, позволяет оценить вклад каждой совокупности составляющих в результирующее значение, предложить мероприятия и ориентиры оптимизации коэффициентов, выявить факторы роста конкурентоспособности, определить целевые направления инвестирования. Деформация структуры ресурсоэффективности в пользу экономической составляющей позволяет бизнесу эффективно функционировать лишь в краткосрочной перспективе. Улучшение показателей экономической ресурсоэффективности для металлургической отрасли в значительной степени обусловлено позитивной динамикой показателей социальной и экологической ресурсоэффективности. С точки зрения стратегического развития повышение социальной и экологической ресурсоэффективности предприятий соответствует целям устойчивости мирового сообщества. Сбалансированное управление всеми компонентами позволит металлургии освоить новые рынки сбыта, привлечь инвестиции, повысить собственную конкурентоспособность, обеспечить финансовую стабильность и возможности перспективного устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Черникова О.П. Формирование отчетности об устойчивом развитии в российской практике // Экономика и финансы. 2019. № 7. С. 55–65.
2. Махмадов Н.Р. Исследование существующих подходов к анализу устойчивого развития // Экономика и предпринимательство. 2020. № 1 (114). С. 782–786.
3. Bastas A., Liyanage K. Setting a framework for organisational sustainable development // Sustainable Production and Consumption. 2019. Vol. 20. P. 207–229. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.06.005>
4. Маринченко Т.Е. «Зеленая экономика» как условие устойчивого развития России. В кн.: Инновации природообустройства и защиты окружающей среды. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием, 2019. С. 361–367.
5. Пыльнева Т.Г., Александров Г.И., Качалов С.О. «Зеленая металлургия»: экономические аспекты совершенствования природопользования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2018. № 1 (67). С. 37–47. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.01.pp.037-047>
6. Pan W., Pan Wul., Hu C., Tu H., Zheng G. Assessing the green economy in China: An improved framework // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 209. No. 2. P. 680–691. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.267>
7. Khoshnava S.M., Rostami R., Zin R.M., Kamyab H., Mardani A., Abd Majida M.Z., Yousefpour A. Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development // Energy. 2020. Vol. 193. Article 116759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116759>
8. Шевелев Л.Н. Концепция устойчивого низкоуглеродного развития черной металлургии России на период 2020 – 2050 гг. В кн.: XV Международный конгресс сталеплавателей. Сборник трудов к 100-летию Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и 380-летию российской металлургии, 2018. С. 17–20.
9. Liu X., Guo P., Nie L. Applying emergy and decoupling analysis to assess the sustainability of China's coal mining area // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 243. Article 118577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118577>
10. Qian X., Wang D., Wang J., Chen S. Resource curse, environmental regulation and transformation of coal-mining cities in China // Resources Policy. 2021. Vol. 74. Article 101447. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101447>
11. Штанский В.А. Обеспечение устойчивого инновационного развития предприятий металлургического комплекса // Экономика промышленности. 2019. Т. 12. № 4. С. 466–472. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-4-466-472>
12. Семенов В.В., Углов В.А. Совершенствование техники и технологии производства черных металлов – основной фактор устойчивого развития отрасли и повышения ее инвестиционной привлекательности // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2018. № 6 (1422). С. 3–13.
13. Боровикова М.Н. Экономический потенциал устойчивого развития предприятий черной металлургии России // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2016. № 27. С. 196–202.
14. Аджимет Г.Х. Анализ стратегий конкурентоспособности и конкурентной среды российских металлургических компаний на мировом рынке. В кн.: Современный менеджмент и управление: тенденции и перспективы развития. Сборник научных трудов. Симферополь, 2020. С. 46–51.
15. Долгих Ю.А., Смородина Е.А. Оценка адаптационного потенциала российских компаний черной металлургии к условиям пандемии COVID-19 в контексте финансовой архитектуры их устойчивого развития // Финансовая экономика. 2021. № 11. С. 34–37.
1. Chernikova O.P. Formation of sustainable development reporting in Russian practice. *Ekonomika i finansy*. 2019, no. 7, pp. 55–65. (In Russ.).
2. Makhmadov N.R. Research of existing approaches to the analysis of sustainable development. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2020, no. 1 (114), pp. 782–786. (In Russ.).
3. Bastas A., Liyanage K. Setting a framework for organisational sustainable development. *Sustainable Production and Consumption*. 2019, vol. 20, pp. 207–229. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.06.005>
4. Marinchenko T.E. “Green economy” as a condition for sustainable development of Russia. In: *Innovations of Environmental Management and Protection. Materials of the 1st Nat. Sci. and Pract. Conf with Int. Participation*, 2019, pp. 361–367. (In Russ.).
5. Pyl'neva T.G., Aleksandrov G.I., Kachalov S.O. “Green Metallurgy”: economic aspects of improving environmental management. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. VI. Vernadskogo*. 2018, no. 1 (67), pp. 37–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.01.pp.037-047>
6. Pan W., Pan Wul., Hu C., Tu H., Zheng G. Assessing the green economy in China: An improved framework. *Journal of Cleaner Production*. 2019, vol. 209, no. 2, pp. 680–691. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.267>
7. Khoshnava S.M., Rostami R., Zin R.M., Kamyab H., Mardani A., Abd Majida M.Z., Yousefpour A. Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development. *Energy*. 2020, vol. 193, article 116759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116759>
8. Shevelev L.N. Concept of sustainable low-carbon development of ferrous metallurgy in Russia for the period 2020–2050. In: *XV Int. Congress of Steelmakers. Proceedings on the 100th Anniversary of the National Research Technological University “MISIS” and the 380th Anniversary of Russian Metallurgy*, 2018, pp. 17–20. (In Russ.).
9. Liu X., Guo P., Nie L. Applying emergy and decoupling analysis to assess the sustainability of China's coal mining area. *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 243, article 118577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118577>
10. Qian X., Wang D., Wang J., Chen S. Resource curse, environmental regulation and transformation of coal-mining cities in China. *Resources Policy*. 2021, vol. 74, article 101447. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101447>
11. Shtansky V.A. Ensuring sustainable innovative development of the metallurgical complex enterprises. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2019, vol. 12, no. 4, pp. 466–472. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2019-4-466-472>
12. Semenov V.V., Uglov V.A. Upgrading of equipment and technology of ferrous metals production — main factor of stable development of the industry and increase of its investment attraction. *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*. 2018, no. 6 (1422), pp. 3–13. (In Russ.).
13. Borovikova M.N. Economic potential of sustainable development of Russian ferrous metallurgy enterprises. *Ekonomika i upravlenie: analiz tendentsii i perspektiv razvitiya*. 2016, no. 27, pp. 196–202. (In Russ.).
14. Adzhimet G.Kh. Analysis of competitiveness strategies and competitive environment of the Russian metallurgical companies in the world market. In: *Modern Management and Management: Trends and Prospects of Development. Collection of sci. papers. Simferopol*, 2020, pp. 46–51. (In Russ.).
15. Dolgikh Yu.A., Smorodina E.A. Assessment of adaptation potential of Russian ferrous metallurgy companies to the conditions of COVID-19 pandemic in context of financial architecture of their sustainable development. *Finansovaya ekonomika*. 2021, no. 11, pp. 34–37. (In Russ.).

16. Бейжанова А.Т., Ильяс А.Р. Устойчивое развитие черной металлургии в регионах Казахстана и его влияние на окружающую среду. В кн.: Актуальные тренды в экономике и финансах. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 11–16.
17. Шатоха В.И., Семенко С.А. Моделирование сценариев развития черной металлургии с учетом необходимости предотвращения изменения климата // Экология и промышленность. 2016. № 3 (48). С. 13–20.
18. Глушакова О.В., Черникова О.П. Влияние предприятий черной металлургии на качество атмосферного воздуха как экологической составляющей устойчивого развития территорий. Сообщение 1 // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 4. С. 292–301. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-4-292-301>
19. Глушакова О.В., Черникова О.П. Влияние предприятий черной металлургии на качество атмосферного воздуха как экологической составляющей устойчивого развития территорий. Сообщение 2 // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 8. С. 561–571. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-8-561-571>
20. Liu H., Li Q., Li G., Ding R. Life cycle assessment of environmental impact of steelmaking process // Complexity. 2020. Vol. 2020. Article 8863941. <https://doi.org/10.1155/2020/8863941>
21. Trovão R.S., Camillo L.D., da Silva G.A., Kulay L. Verifying the environmental and energy feasibility of potential improvement actions in the steel production chain in Brazil // Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. 2022. Vol. 10. No. 1. Article 1090390. <https://doi.org/10.13044/j.sdwes.d9.0390>
22. Seppälä J., Koskela S., Melanen M., Palperi M. The Finnish metals industry and the environment // Resources Conservation and Recycling. 2002. Vol. 35. No. 1–2. P. 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00122-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00122-7)
23. Tongpool R., Jirajariyavech A., Yuvaniyama C., Mungcharoen T. Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions // Energy. 2010. Vol. 35. No. 10. P. 4192–4200. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.003>
24. Chisalita D.-A., Petrescu L., Cobden P.D., van Dijk H.A.J., Cormos A.-M., Cormos C.C. Assessing the environmental impact of an integrated steel mill with post-combustion CO₂ capture and storage using the LCA methodology // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 211. P. 1015–1025. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.11.256>
25. Liang T., Wang S., Lu C., Jiang N., Long W., Zhang M., Zhang R. Environmental impact evaluation of an iron and steel plant in China: Normalized data and direct/indirect contribution // Journal of Cleaner Production. 2020. vol. 264. Article 121697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121697>
26. Huang Z., Ding X., Sun H., Liu S. Identification of main influencing factors of life cycle CO₂ emissions from the integrated steelworks using sensitivity analysis // Journal of Cleaner Production. 2010. Vol. 18. No. 10–11. P. 1052–1058. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.010>
27. Dorota B.-K. Significance of environmental life cycle assessment (LCA) method in the iron and steel industry // Metalurgija. 2011. Vol. 50. P. 205–208.
28. Norgate T.E., Jahanshahi S., Rankin W.J. Assessing the environmental impact of metal production processes // Journal of Cleaner Production. 2007. Vol. 15. No. 8–9. P. 838–848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.018>
29. Benjamin N.I., Lin B. Quantile analysis of carbon emissions in China metallurgy industry // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 243. Article 118534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118534>
30. Yilmaz O., Anctil A., Karanfil T. LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting // Journal of Cleaner Production. 2015. Vol. 105. P. 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.022>
31. Wu W., An S., Wu C.-H., Tsai S.-B., Yang K. An empirical study on green environmental system certification affects financing cost of high energy consumption enterprises-taking metallurgical enterprises
16. Beizhanova A.T., Il'yas A.R. Sustainable development of ferrous metallurgy in the regions of Kazakhstan and its impact on the environment. In: *Current Trends in Economics and Finance. Materials of the Int. Sci. and Pract. Conf* 2019, pp. 11–16. (In Russ.).
17. Shatokha V.I., Semenko S.A. Modeling scenarios for development of ferrous metallurgy according to the need to prevent climate changes. *Ekologiya i promyshlennost'*. 2016, no. 3 (48), pp. 13–20. (In Russ.).
18. Glushakova O.V., Chernikova O.P. Influence of ferrous metallurgy enterprises on atmospheric air quality as an ecological component of territories sustainable development. Report 1. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2021, vol. 64, no. 4, pp. 292–301. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-4-292-301>
19. Glushakova O.V., Chernikova O.P. Influence of ferrous metallurgy enterprises on atmospheric air quality as an ecological component of territories sustainable development. Report 2. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2021, vol. 64, no. 8, pp. 561–571. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-8-561-571>
20. Liu H., Li Q., Li G., Ding R. Life cycle assessment of environmental impact of steelmaking process. *Complexity*. 2020, vol. 2020, article 8863941. <https://doi.org/10.1155/2020/8863941>
21. Trovão R.S., Camillo L.D., da Silva G.A., Kulay L. Verifying the environmental and energy feasibility of potential improvement actions in the steel production chain in Brazil. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 2022, vol. 10, no. 1, article 1090390. <https://doi.org/10.13044/j.sdwes.d9.0390>
22. Seppälä J., Koskela S., Melanen M., Palperi M. The Finnish metals industry and the environment. *Resources Conservation and Recycling*. 2002, vol. 35, no. 1–2, pp. 61–76. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00122-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00122-7)
23. Tongpool R., Jirajariyavech A., Yuvaniyama C., Mungcharoen T. Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions. *Energy*. 2010, vol. 35, no. 10, pp. 4192–4200. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.003>
24. Chisalita D.-A., Petrescu L., Cobden P.D., van Dijk H.A.J., Cormos A.-M., Cormos C.C. Assessing the environmental impact of an integrated steel mill with post-combustion CO₂ capture and storage using the LCA methodology. *Journal of Cleaner Production*. 2019, vol. 211, pp. 1015–1025. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.11.256>
25. Liang T., Wang S., Lu C., Jiang N., Long W., Zhang M., Zhang R. Environmental impact evaluation of an iron and steel plant in China: Normalized data and direct/indirect contribution. *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 264, article 121697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121697>
26. Huang Z., Ding X., Sun H., Liu S. Identification of main influencing factors of life cycle CO₂ emissions from the integrated steelworks using sensitivity analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2010, vol. 18, no. 10–11, pp. 1052–1058. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.010>
27. Dorota B.-K. Significance of environmental life cycle assessment (LCA) method in the iron and steel industry. *Metalurgija*. 2011, vol. 50, pp. 205–208.
28. Norgate T.E., Jahanshahi S., Rankin W.J. Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*. 2007, vol. 15, no. 8–9, pp. 838–848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.018>
29. Benjamin N.I., Lin B. Quantile analysis of carbon emissions in China metallurgy industry. *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 243, article 118534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118534>
30. Yilmaz O., Anctil A., Karanfil T. LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting. *Journal of Cleaner Production*. 2015, vol. 105, pp. 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.022>
31. Wu W., An S., Wu C.-H., Tsai S.-B., Yang K. An empirical study on green environmental system certification affects financing cost of high energy consumption enterprises-taking metallurgical enterprises

- ses as an example // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 244. Article 118848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118848>
32. Ertem M.E., Şen S., Akar G., Pamukçu Ç., Gorgen S. Specific energy consumption analysis of Turkish integrated steel plants and sustainable energy management in Erdemir // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2010. Vol. 32. No. 10. P. 931–941. <https://doi.org/10.1080/15567030903261865>
33. Kruzhanov V., Volker A. Energy consumption in powder metallurgical manufacturing // *Powder Metallurgy*. 2012. Vol. 55. P. 14–21. <https://doi.org/10.1179/174329012X13318077875722>
34. Xu M., Lin B., Wang S. Towards energy conservation by improving energy efficiency? Evidence from China's metallurgical industry // *Energy*. 2021. Vol. 216. Article 119255. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119255>
35. Lin B., Du Z. Promoting energy conservation in China's metallurgy industry // *Energy Policy*. 2017. Vol. 104. P. 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.005>
- ses as an example. *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 244, article 118848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118848>
32. Ertem M.E., Şen S., Akar G., Pamukçu Ç., Gorgen S. Specific energy consumption analysis of Turkish integrated steel plants and sustainable energy management in Erdemir. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2010, vol. 32, pp. 931–941. <https://doi.org/10.1080/15567030903261865>
33. Kruzhanov V., Volker A. Energy consumption in powder metallurgical manufacturing. *Powder Metallurgy*. 2012, vol. 55, pp. 14–21. <https://doi.org/10.1179/174329012X13318077875722>
34. Xu M., Lin B., Wang S. Towards energy conservation by improving energy efficiency? Evidence from China's metallurgical industry. *Energy*. 2021, vol. 216, article 119255. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119255>
35. Lin B., Du Z. Promoting energy conservation in China's metallurgy industry. *Energy Policy*. 2017, vol. 104, pp. 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.005>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Оксана Петровна Черникова, к.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики, учета и финансов, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0002-5410-6623
E-mail: chernikovaop@yandex.ru

Юлия Александровна Златицкая, к.т.н., доцент, доцент кафедры экономики, учета и финансов, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: zlatitskaya@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oksana P. Chernikova, Cand. Sci. (Economics), Assist. Prof., Head of the Chair of Economics, Accounting and Finance, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0002-5410-6623
E-mail: chernikovaop@yandex.ru

Yulia A. Zlatitskaya, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof. of the Chair of Economics, Accounting and Finance, Siberian State Industrial University
E-mail: zlatitskaya@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

О. П. Черникова – концепция работы, разработка системы показателей оценки ресурсоэффективности металлургического производства, написание статьи.
Ю. А. Златицкая – обзор литературы, анализ результатов, написание статьи.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

O. P. Chernikova – concept of the work, development of a system of indicators for assessing the resource efficiency of metallurgical production, writing the text.
Yu. A. Zlatitskaya – literature review, analysis of the results, writing the text.

Поступила в редакцию 31.01.2022
После доработки 04.03.2022
Принята к публикации 11.03.2022

Received 31.01.2022
Revised 04.03.2022
Accepted 11.03.2022

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Бащенко Л.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Киселева Н.Н., *ведущий редактор*

Расенец В.В., *верстка, иллюстрации*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 27.06.2022. Формат 60×90 ¹/₈. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,25. Заказ 15198. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

ROLLING OF LONG-LENGTH RAILS WITH ACCELERATION

RESOURCE EFFICIENCY OF METALLURGICAL PRODUCTION

VISCOSITY OF NIOBIUM OXIDE SYSTEMS FOR PRODUCTION OF COMPLEX FERROALLOYS

FUNDAMENTAL STUDIES OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY FLUORINE-FREE SLAGS AND THEIR USE IN LADLE STEEL INDUSTRY

ANALYSIS OF SLAG MODE OF BLAST FURNACE MELTING USING MODEL DECISION SUPPORT SYSTEMS

COMPOSITION OF NON-METALLIC INCLUSIONS AND MICROSTRUCTURE OF ELECTRIC ARC COATING FORMED USING THE FLUX-CORED WIRE OF Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo SYSTEM

FRACTOGRAPHY OF FRACTURE SURFACE OF CrMnFeCoNi HIGH-ENTROPY ALLOY AFTER ELECTRON-BEAM PROCESSING

ANALYSIS OF THE DRAWING MILL DRIVE OPERATION

AUTOMATED CONTROL OF COMPLEX METALLURGICAL UNITS BASED ON THE CBR METHOD

IN MEMORY OF MIKHAIL VASIL'EVICH ASTAKHOV

PODGORODETSKII GENNADII STANISLAVOVICH (23.01.1958 – 21.06.2022)