

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 100-летию
со дня рождения ректора СМИ,
доктора технических наук,
профессора Н.В.Толстогузова*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2021»**

***Труды
XXII Международной научно-практической конференции***

10 – 11 ноября 2021 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2021**

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, к.т.н. Е.Н. Темлянцева,
д.т.н., доцент В.В. Зимин, д.т.н., профессор А.Г. Никитин,
к.э.н., доцент Ю.С. Климашина

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXII Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2021. – 342 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии процессов сварки, порошковой металлургии, получения композиционных материалов и покрытий, тепло- и массопереноса в металлургических процессах и агрегатах, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов, охраны труда, автоматизации и моделирования металлургических процессов, инновационных металлургических технологий в машиностроении, экономико-управленческих проблем металлургических регионов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Правительства Кузбасса
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал-Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
АО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова»
Ляонинский университет науки и технологии, г. Аньшань, КНР
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «MATEC Web of Conferences »
Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНВЕРТОРА ЗА СЧЕТ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Стерлигов В.В., Гайдаш А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, p.s.1976@bk.ru*

Аннотация. Рассмотрена возможность использования тепла уходящих газов для производства электроэнергии при установке турбины противодавления, работающей от котла-утилизатора.

Ключевые слова: устойчивое развитие, конвертерный передел, электроэнергия, тепловой баланс, когенерация, энергоэффективность.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE CONVERTER DUE TO THE HEAT OF THE EXHAUST GASES

Sterligov V.V., Gaidash A.V.

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia, p.s.1976@bk.ru

Abstract. The possibility of using the heat of the exhaust gases for the production of electricity when installing a backpressure turbine powered by a heat recovery boiler is considered.

Keywords: sustainable development, converter conversion, electricity, heat balance, cogeneration, energy efficiency.

К концу XX столетия все очевиднее стали проявляться социальные, ресурсные, технические и экологические проблемы развивающегося общества. Особенно это стало заметно после мирового энергетического кризиса в 70-е годы прошлого века, анализ которому был дан в книге американского экономиста Д. Медоуза [1] с коллегами с говорящим названием «Кризис роста», где доказана недопустимость роста производства, основанного на идеологии возрастающего потребления. С другой стороны, в настоящее время существует проблема глобального потепления, вызванного ростом генерации CO₂ за счет сжигания углеводородного топлива [2].

Все эти вопросы обсуждались на разных уровнях, на различных встречах представителей международного сообщества. И в конце концов в Рио-де-Жанейро прошла выездная сессия ООН (1992 г.), где была принята парадигма устойчивого развития, которая в формулировке Всемирной комиссии ООН по окружающей среде записана следующим образом: «Под термином «устойчивое развитие» (Sustainable development) понимается модель движения вперед, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешних поколений людей без лишения возможности будущих поколений». В основу были положены не количественные показатели, а улучшение качества жизни [3].

Компания «ЕВРАЗ» входит в число крупнейших производителей стали и она приняла эту стратегию производства. В 2019 г. в «Стальном» сегменте было реализовано 12 393 тыс. т стальной продукции, 1 895 тыс. т железорудной продукции и 19 334 тыс. т ванадиевой продукции. Общее энергопотребление составляет 372, 87 млн ГДж.

При этом расход энергии на 1 т стали в 2019 г. на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» составил 27 ГДж, на лучших предприятиях мира 24 ГДж, что показывает наличие большого резерва в этом направлении и делают актуальной проблему повышения энергоэффективности при производстве стали [4].

Особо большие затраты энергии существуют при производстве стали в кислородно конвертерных цехах.

Характеристики цехов ККЦ-1 и ККЦ-2 следующие:

ККЦ-1: 3 конвертера емкостью 160 т; годовое производство 4,2 млн т стали; цикл плавки 50 мин; выход годного 90 %, 48; производительность 126,7 т/ч;

ККЦ-2: 2 конвертера емкостью 300 т; годовое производство 8,0 млн т стали; цикл плавки 46 мин; выход годного 98 – 99 %; производительность 259,0 т/ч.

Доля энергозатрат видна из структуры себестоимости 1 т стали, представленной в таблице 1.

Таблица 1 - Структура себестоимости

Разделы калькуляции	Доля, %
Сырье и основные материалы	9182
Чугун переделный	63,93
Металлолом стальной	23,36
Ферросплавы	4,53
Добавочные материалы	1,76
Энергетические затраты	1,26
Косвенные затраты	5,16

Структура энергоресурсов показана в таблице 2.

Таблица 2 - Структура энергоресурсов

Разделы калькуляции	Доля, %
Электроэнергия	11,20
Газ коксовый	0,42
Газ природный	5,50
Вода, химически очищенная ПВС	2,90
Вода техническая ЦВС	4,30
Сжатый воздух	1,60
Пар	2,00
Кислород	64,10
Аргон	0,90
Азот	7,10

Энергетические затраты в продукции ККЦ составляют всего 1,26 %. При себестоимости стали примерно 20 тыс. руб/т и масштабе производстве стали примерно 4,2 млн т/год затраты составят около 3 млрд руб при поставленном в законе об энергосбережении №261 ФЗ «Об энергосбережении...» уровне эффекта порядка 6,7 % экономия в год составит величину порядка 100 млн руб.

При рассмотрении работы кислородного конвертера (КК) нужно рассматривать различные стороны его работы, а следовательно, и различные варианты (гипотезы) управления энергоэффективностью:

1. кислородный конвертер как потребитель энергоресурсов;
2. кислородный конвертер как тепловой агрегат;
3. кислородный конвертер как объект операционного взаимодействия различных технологий АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

По определению энергоэффективности (ЭЭ) $\eta_{\text{Э}}$ есть степень использования затраченной энергии на полезные цели, т.е:

$$\eta_{\text{Э}} = \frac{\text{Э}_{\text{пол}}}{\text{Э}_{\text{затр}}}, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{Э}}$ – энергоэффективность;

$\text{Э}_{\text{пол}}$ и $\text{Э}_{\text{затр}}$ – полезная и затраченная энергия.

С учетом многообразия энергоресурсов, способов и места их использования сравне-

ние их вклада возможно только в стоимостном выражении затрат каждого вида энергоресурса (зависит от количества энергоресурса, затраченного на производство 1 т стали, и цены). При этом величина общей энергоэффективности в такой многокомпонентной системе может быть определена линейной моделью аддитивной структуры и будет выражаться уравнением

$$\eta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \eta_{\Sigma i} \cdot \frac{973_i}{100} \quad (2)$$

где $\eta_{\Sigma i}$ – энергоэффективность использования энергоэффективности каждого i -ого энергоресурса с его долей процента $\frac{973_i}{100}$.

Для выделения приоритетов перделаем таблицу 2, ранжируя (определяя значимость) каждого вида энергоресурсов по величине вклада в общее энергопотребление. Результаты ранжирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 Ранжирование энергоресурсов

Разделы калькуляции	Доля, %
Кислород	64,10
Электроэнергия	11,20
Азот	7,10
Газ природный	5,50
Вода техническая ЦВС	4,30
Вода, химически очищенная ПВС	2,90
Пар	2,00
Сжатый воздух	1,60
Аргон	0,90
Газ коксовый	0,42

Данные ранжирования (табл. 3) позволяют выработать стратегию экономии энергоресурсов и предложение (гипотезу): сосредоточить внимание на самых затратных видах энергоресурсов (кислород + электроэнергия), которые дают 75,3 % всех затрат. Это почти полностью соответствует принципу АО «ЕВРАЗ ЗСМК» 75/25: 75 % энергоэффективности производства конвертерной стали скрыто в 25 % технологических процессов.

Расход кислорода может быть снижен за счет следующих мероприятий:

- обеспечение стабильных количественных и качественных параметров дутья (давление, расход);
- введение технических методов фиксации момента окончания плавки;
- шихтовка завалки для обеспечения минимального количества необходимого (требуемого) кислорода (снижение расхода чугуна, увеличение доли расхода металлолома до 50 %);
- поддержание температуры при заливке в выпуске стали.

Расход электроэнергии прямыми действиями во время плавки снизить весьма проблематично. Но введение частотного регулирования на всех дутьевых и насосных установках должно приводить к экономии до 25 % затрат на перекачивание воздуха, газа и воды.

Абсолютную величину затрат тепловой энергии можно определить, если учесть, что на 1 т стали затрачивается 27 ГДж, что составляет 100 % от всего баланса.

Структура приходной части баланса определяется технологией и поэтому нужны серьезные основания для ее изменения. Анализ расходной части позволяет сделать некоторые предложения.

Физическое тепло уходящих газов составляет 6,5 – 9,5 % (8 % в среднем), что в абсолютном выражении составляет $Q_{yx} = \% Q_{yx} \cdot Q_T = 0,08 \cdot 27 = 2,0$ ГДж/т. Эта статья является основанием для разработки предложения (гипотезы) для использования этой статьи баланса, о чем будет сказано ниже.

Проведенный анализ позволил определить три возможных направления снижения энергозатрат:

- 1 – уменьшение прямых энергозатрат в соответствии с рангом влияния фактора;
- 2 – использование физического тепла шлака;
- 3 – глубокое использование тепла уходящих газов.

Как было показано в тепловом балансе, потери тепла с уходящими газами составляют 2 ГДж/т (6,5÷9,5 %), это сопоставимо с величиной затрат электроэнергии. На этом соотношении возникает предложение:

Достичь автономности в электроснабжении ККЦ на основе установке турбин противодавления для электрогенерации с использованием пара, производимого за счет использования тепла уходящих газов.

В настоящее время в ККЦ-1 на уходящих газах работает котел,-охладитель, как он назван в таблице 1. Как следует из названия, ему отведена пассивная роль «охлаждать» газы. В литературе [5] такие котлы имеют общее название «котлы-утилизаторы», что определяет их назначения для активного действия - использование (утилизация) тепла уходящих газов. Необходимо сказать, что их производственное назначение – выработка пара для нужд технологии и отопления. Но изменения в режиме их работы и характеристиках производимого пара привело к практике использования их для выработки газа в режиме «когенерации», где совмещены производство тепловой и электрической энергии. В настоящее время это является мощным направлением в энергосбережении, и особенно активного использования на автономных котельных установках, подчас с переводом теплофикационных котлов на режим на паровой. Используемые турбины работают на влажном паре с давлением пара 5-7 кПа и температуре пара 150-180 °С.

Следует сказать, что в литературе известным случаем использования установок когенерации в производственных цехах. Но по конверторному производству нам ничего неизвестно, и в какой-то степени мы претендуем на авторство в этом вопросе. Кроме того, известно о разработке проекта по установке турбины противодавления на УСТК на «ЕВРАЗ-ЗСМК» при утилизации тепла азота, использованного при тушении кокса. Это подтверждает реальность нашего предложения.

Исходные данные:

Производительность цеха – $G=130$ т/ч

Объём газов – $V=80$ м³/т

Температура газов – $t = 1600$ °С

Содержание СО – 80 %

На основе практических данных был проведен расчет с целью определения обеспеченности предложения. Расчеты показали: что мощность выделяемая в турбине 7,1 МВт/ч., что достаточно для обеспечения энергопотребления ККЦ-1, который определяется величиной 7 МВт/ч.

При энергоёмкости в ККЦ-1 $\varepsilon = 1,37$ ГДж/т и часовом производстве 126,7 т/ч часовое энергопотребление составит $\varepsilon = 126,7 \cdot 1,37 = 173,6$ ГДж/ч в электрических единицах при переводном коэффициенте 0,278 составит 48 МВт/ч. Располагаемая мощность в уходящих газах 7,1 МВт/ч, что составляет 15,2 %, от потребной мощности что сопоставимо с затратами на электроэнергию 11,2 % (из структуры энергозатрат)

Выбираем турбину Калужского турбинного завода Р – 8.6/3.4.06

Мощность $N = 7-9$ МВт

Давление пара: начальное 2,8-3,6 МПа
конечное 0,6-0,8 МПа

Температура пара: начальная 440 °С
конечная 250 °С

Этот пар с $t = 250$ и $P = 6-8$ ат. может использоваться в теплосетях, создавая при этом режим «когенерации». Совместное производство электроэнергии и тепла является современным трендом проблемы сбережения тепла. В настоящей работе доказана техническая возможность реализации предлагаемого решения.

Отказ от «покупной» электроэнергии приведет к экономии (см. таблицы 1 и 2) к эко-

нонии 2,88 руб/т, что при годовом производстве 4,2 млн т дает эффект 12 млн руб год.

Основной эффект от предложения – уменьшение энергозатрат на 1 т продукции, что может рассматриваться как повышение производительности при производственных затратах энергии, что определяется как энергоэффективность.

Библиографический список

1. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л. За пределами роста. М.: Прогресс, 1994. 302 с.
2. Парижское соглашение (2015) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_\(2015\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_(2015)) (дата обращения 08.02.2020).
3. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml / (дата обращения 09.05.1992).
4. Баптизманский В.И., Меджибожский М.Я., Охотский В.Б. Конвертерные процессы производства стали. Киев, Донецк: Вища школа, 1984. 343 с.
5. Андоньев С.М. Испарительное охлаждение металлургических печей. М.: Металлургия, 1970. 424 с.

УДК 662.02:662.66.54

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Сенкус В.В.¹, Ермаков А.Ю.², Сенкус Вас.В.³, Гизатулин Р.А.¹, Сенкус Вал.В.³

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

²МПП «Эко-Кузбасс», Прокопьевск, Россия

³ООО «Синерго», Новокузнецк, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются системы мониторинга очагов эндогенных пожаров, которая служат для их выявления и предупреждения в различных условиях горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях, приведены различные схемы прокладки измерительных линий для горных выработок, штабелей угля и ленточных конвейеров. Особенностью работы является использование одномодовых оптико-волоконных кабелей в качестве измерительных линий. При возникновении эндогенного очага пожара тепло отходящих газов передается ближайшей от очага измерительной линией, в которой возникает спектр рассеивания луча света, фиксируемый по длине кабеля системой программного обеспечения контролера, который отображается температурным градиентом на приборе регистрации и отображения эндогенного пожара в непрерывном или периодическом режимах.

Ключевые слова: система мониторинга, эндогенный пожар, стекловолоконный кабель, измерительная линия.

MONITORING SYSTEM FOR ENDOGENOUS FIRES AT MINING AND PROCESSING ENTERPRISES

Ermakov A.Yu.², Senkus Vas.V.³, Gizatulin R.A.¹, Senkus Val.V.³

Annotation. The article deals with the monitoring systems for endogenous fires, which are used to detect and prevent them in various conditions of mining and processing enterprises, and provides various schemes for laying measuring lines for mining workings, coal stacks and belt conveyors. A special feature of the work is the use of single-mode fiber-optic cables as measuring lines. If you encounter endogenous fire the heat of exhaust gases is transferred nearest from the center of the measuring line, where a range of dispersion of the light beam, fixed at the length of the cable

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....	4
КОМБИНИРОВАННАЯ НАПЛАВКА ПРОВОЛОКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОПОРОШОК ВОЛЬФРАМА	
<i>Зернин Е.А., Козырев Н.А., Данилов В.И., Кузнецов М.А.....</i>	4
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА	
<i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Громов В.Е., Усольцев А.А., Крюков Р.Е.</i>	11
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АДДИТИВНО ИЗГОТОВЛЕННОГО AL-MG СПЛАВА, ОБРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ	
<i>Гэн Я., Панченко И.А., Чэнь С., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В.</i>	16
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИН НА ПРОДОЛЬНОМ СВАРНОМ ШВЕ ТРУБЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА	
<i>Жуков Д.В., Коновалов С.В., Чэнь Д.....</i>	19
СЕЛЕКТИВНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦЕМЕНТАТА ПРОИЗВОДСТВА ЗОЛОТА	
<i>ЗеляхЯ.Д., Краюхин С.А., Шунин В.А., Воинков Р.С., Тимофеев К.Л., Королев А.А., Мастюгин С.А., Кузьменко А.А.</i>	23
КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АЗОТА	
<i>Малушин Н.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Бащенко Л.П., Ковалев А.П.</i>	28
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ МАРКИ 40Х МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	
<i>Кашин С.С., Осколкова Т.Н., Шевченко Р.А.</i>	34
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr- W-V-Ti	
<i>Кибко Н.В., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р., Сычев А.А.</i>	36
О МЕХАНИЗМЕ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО И КАРБИДОБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	
<i>Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Гудыма Т.С., Сквородин И.Н., Лапекин Н.И., Лазаренко Н.С., Шестаков А.А.</i>	41
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ПОРОШКОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА B_4C-CrB_2	
<i>Шестаков В.А., Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Уваров Н.Ф., Крутская Т.М.</i>	45
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИБОРИДА ХРОМА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
<i>Ширяева Л.С., Ноздрин И.В.....</i>	49
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ПАСТ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ	
<i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М., Кучумова И.Д.</i>	56
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ДУГОВОГО ПЛАЗМЕННОГО РЕАКТОРА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ	
<i>Ноздрин И.В., Полях О.А., Ширяева Л.С., Строкина И.В., Шагиев Э.Р.</i>	62

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (III) В ДУГОВОМ ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ <i>Ноздрин И.В., Шагиев Э.Р., Строкина И.В., Аникин А.Е.</i>	66
Трибологические характеристики упрочненных поверхностей концентрированными потоками энергии сплава ВК10КС <i>Осколкова Т.Н., Симачев А.С., Фастыковский А.Р.</i>	70
Повышение надежности и долговечности деталей металлургического оборудования работающего в условиях интенсивного износа путем наплавки <i>Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А., Сычев А.А.</i>	74
Совершенствование технологии наплавки порошковой проволоки прокатных валков. <i>Полегешко С.А., Казарян Л.А., Комаров А.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А.</i>	80
Порошковая проволока системы Fe-C-W-Cr-Si-V-Ti для восстановительной наплавки деталей, работающих в условиях высокотемпературного интенсивного износа <i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Сычев А.А., Козырева О.А.</i>	83
Модифицирование 3D принтера для изготовления металлических материалов по технологии проволоочно-дугового аддитивного производства <i>Розенштейн Е.О., Гомзяков Б.В., Осинцев К.А., Коновалов С.В.</i>	87
Высокоэнтропийные сплавы CoCrFeNiMn с прямым лазерным напылением: взаимосвязь между высотой осаждения пор <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С.</i>	90
Влияние биоинертных покрытий на распределение напряжений на границе между имплантатом и костной тканью <i>Филяков А.Д., Соснин К.В., Романов Д.А.</i>	93
Исследование влияния термоограничителей на изменение формирования структуры наплавленных многослойных образцов из стали AISI 308LSI <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Дубровский А.С., Рзаев Е.Д.</i>	100
СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	109
Анализ возможности снижения выбросов CO ₂ при замене углерода водородом в доменной плавке <i>Бородин А.В., Степанова А.А., Вохмякова И.С., Берсенев И.С., Гилева Л.Ю., Загайнов С.А.</i>	109
Опыт использования техногенных территорий для организации экологических исследований обучающихся СибГИУ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Домнин К.И.</i>	115
Использование природных ресурсов Томской области в черной металлургии <i>Строкина И.В., Ноздрин И.В., Полях О.А., Якушевич Н.Ф.</i>	118
Исследование минералогического и фазового составов обезуглероженных слоев ковшевых алюмопериоклазоуглеродистых огнеупоров <i>Темлянцев М.В., Протопопов Е.В., Кувшинникова Н.И., Запольская Е.М., Темлянцева Е.Н., Бивол О.В.</i>	122
Переработка мазутных отходов тепловых электростанций <i>Кашеков Д.Ю., Гончаров К.В., Олюнина Т.В., Садыхов Г.Б., Смирнова В.Б.</i>	126

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕТАЛЛУРГИИ И ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
<i>Нарский В.А., Смаковский В.Н., Лубяной Д.А</i>	129
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ОКУСКОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Павловец В.М.</i>	134
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНВЕРТОРА ЗА СЧЕТ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ	
<i>Стерлигов В.В., Гайдаш А.В.</i>	143
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
<i>Ермаков А.Ю., Сенкус Вас.В., Гизатулин Р.А., Сенкус Вал.В.</i>	147
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ПЛОЩАДКЕ НЕФТЕПРОМЫСЛА	
<i>Соловьев А.К., Данилкин Д.О., Кошкина Г.К.</i>	151
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ БЛЮМИНГА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Г. НОВОКУЗНЕЦКА	
<i>Соловьев А.К., Мотуз А.О., Кошкина Г.К.</i>	154
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	159
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОЗЕМОВ И РАСТЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК	
<i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Домнин К.И.</i>	163
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ НА ПЛОЩАДКЕ РАЗРЕЗА	
<i>Мурко В.И., Черникова О.П., Сентюрев С.А, Амлин М.С.</i>	166
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	
<i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С.</i>	174
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	182
АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ МЕТАЛЛА В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА № 2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК	
<i>Корнет М.Е, Раскина А.В, Корнеева А.А.</i>	182
МНОВОВАРИАНТНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ	
<i>Киселева Т.В.</i>	189
ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ	
<i>Мышляев Л.П., Грачев В.В., Ивушкин К.А., Венгер К.Г.</i>	194
ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И МОДИФИКАЦИЯ МАТРИЦЫ ДВУХФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	
<i>Стерлигов В.В.</i>	199

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА РЕЛЬСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО СИСТЕМЕ «ПЧ-СД» С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ <i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Зайцев Н.С.</i>	204
ПРИМЕНЕНИЕ НАТУРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Свинцов М.М., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Скударнова Н.В.</i>	213
ФОРМИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ТРЕНАЖЁРОВ ОПЕРАТОРОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Ляховец М.В., Макаров Г.В., Саламатин А.С.</i>	217
СЕКЦИЯ 6: ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ	225
ВАРИАНТЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ПОЛОМОК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И НЕДОСТАТОЧНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ <i>Артюх В.Г., Корихин Н.В., Чернышева Н.В., Чigareва И.Н.</i>	225
КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гудимова Л.Н.</i>	232
ВНЕДРЕНИЕ САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИХСЯ ПЛАНЕТАРНЫХ МОТОР-РЕДУКТОРОВ НА ПРИВОДАХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ СТАЛЕПРОКАТНОГО ЦЕХА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Никитин А.Г., Герасимов С.П.</i>	240
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН <i>Никитин А.Г., Шабунев М.Е., Курочкин Н.М.</i>	245
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ С МАРТЕНСИТНЫМИ ВАЛИКАМИ <i>Никитин А.Г., Полищук С.В.</i>	248
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МНЛЗ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Савельев А.Н., Северьянов С.С., Макаров А.В.</i>	253
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ. <i>Савельев А.Н., Савельева Е.А.</i>	259
ИССЛЕДОВАНИЕ ШТАНГИ ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО <i>Корнеев В.А., Корнеев П.А., Бедарев С.А., Кулебакин И.И.</i>	264
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ ЭМИССИИ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ <i>Савельев А.Н., Анисимов Д.О., Карташов Р.Н.</i>	266
СЕКЦИЯ 7: ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ	273
АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ <i>Шипунова В.В., Климашина Ю.С.</i>	273
СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИКИ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Буланов Ю.Н.</i>	278

НЕКОТОРЫЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ <i>Ковалева Е.В., Цымбалюк М.В., Жданова Н.Г.</i>	286
НОРМИРОВАНИЕ ПРОСТОВ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ <i>Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	290
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ <i>Фастыковский А.Р., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.</i>	296
ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА <i>Гизатулин Р.А., Мусатова А.И., Лепихов В.С.</i>	302
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА <i>Куценко А.И., Кольчурина И.Ю.</i>	308
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Черникова О.П., Златицкая Ю.А., Нестерова Т.В.</i>	313
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛАМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ АКТИВОВ <i>Черникова О.П., Шевченко А.А.</i>	321
АДАПТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВСТРАИВАНИЯ КАЧЕСТВА В ПРОЦЕСС ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ <i>Булакина Е., Кетова А., Моисеев В., Почуфаров Д., Недзельская О., Бикинеева А.</i>	330

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2021»

Труды XXII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор	Г.А. Морина
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 20.10.2021 г.
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 19,8 Уч.-изд. л. 22,1 Тираж 300 экз. Заказ № 235

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ