

**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**

УДК 669(06)+658.012.056(06)  
М 540

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 «МАТЕС 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

при работе газового двигателя, утилизируется с помощью теплообменников на системе охлаждения двигателя и на системе отвода отходящих газов. Далее это тепло отдается в систему отопления и горячего водоснабжения объекта. (рисунок 2).

Для теплоснабжения производственных помещений на площадке нефтепромысла была спроектирована тепловая сеть, проведены тепловые и гидравлические расчеты. По результатам гидравлического расчета, были выбраны диаметры труб и водяной подающий насос.

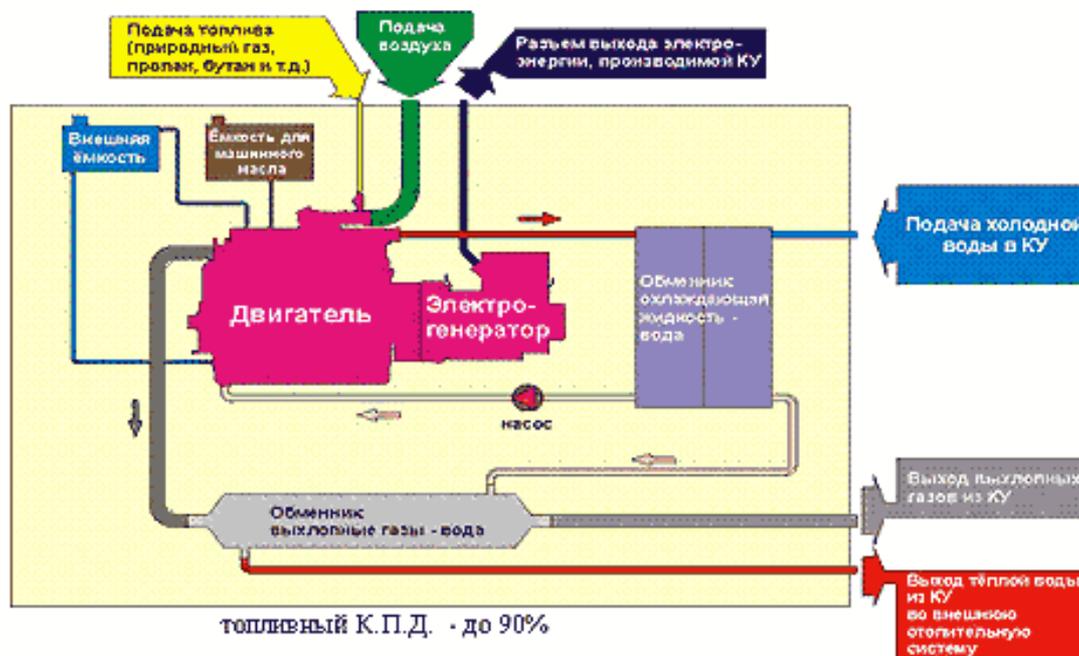


Рисунок 2 – Схема когенерационной установки

*Заключение.* Малый срок строительства (не превышает одного года) и привлекательный срок возврата инвестиций (срок окупаемости капитальных вложений – 2,1года), а также существенное уменьшение выбросов в окружающую атмосферу вредных составляющих, что формирует степень большей экологической чистоты, подтверждает экономическую целесообразность реализации предложенного проекта строительства когенерационной установки для обеспечения теплоснабжения производственных помещений АБК на площадке нефтепромысла.

#### Библиографический список

1. Лешкович В.В., Николаев Н.Н., Николаев Ю.Н. Особенности оценки показателей энергоэффективности когенерационных установок // Энергосбережение, №7/2007.

УДК 621.184.64

### РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ БЛЮМИНГА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Г. НОВОКУЗНЕЦКА

Соловьев А.К., Мотуз А.О., Кошкина Г.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк, Россия, ak100752@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассмотрен вопрос замена чугунных экономайзеров на современные теплообменники пластинчатого типа, выполненные с использованием высокочастотной сварки, которые позволят при меньших габаритах и более низких трудозатратах, а также низких финансовых затратах получить большую площадь поверхности нагрева и более вы-

сокую теплоотдачу.

**Ключевые слова:** чугунный ребристый экономайзер, оребренно – пластинчатый теплообменник.

## RECONSTRUCTION OF HEATING ECONOMIZERS OF BLUMING JSC "EVRAZ ZSMK", NOVOKUZNETSK

**Soloviev A.K., Motuz A.O., Koshkina G.K.**

*Siberian state industrial University, Novokuznetsk, Russia, ak100752@yandex.ru*

**Abstract.** The issue of replacing cast-iron economizers with modern plate-type heat exchangers made using high-frequency welding is considered, which will allow, with smaller dimensions and lower labor costs, as well as low financial costs, to obtain a larger heating surface area and higher heat transfer.

**Key words:** cast iron ribbed economizer, ribbed-plate heat exchanger.

Во всем мире энергосбережение является сегодня стратегической задачей государственного масштаба. Между тем, на многих предприятиях имеют место значительные энергетические потери за счет недостаточного использования тепла, вырабатываемого в технологических процессах. В том числе, тепло газа, нагретого в процессе того или иного производства, либо используется не эффективно, либо не используется вообще и нагретый газ выбрасывается в атмосферу. Это приводит к колоссальным энергетическим потерям в объемах предприятия, а также определяет различные проблемы экологического характера.

Особенно это характерно для высокотемпературных производств, т. е. именно там, где энергетические потери наиболее велики, а также при использовании газов, содержащих большое количество примесей и агрессивных веществ. Такое положение объясняется низкой эффективностью и быстрым выходом из строя теплообменных аппаратов, при высоких температурах и аппаратов, работающих в сложных условиях эксплуатации, а также отсутствием подходящих для конкретного производства теплоутилизирующих устройств.

Чугунные ребристые экономайзеры установлены в последовательность за нагревательными колодцами блюминга 1300 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с целью использования остаточного тепла отходящих от колодцев дымовых газов для нагрева воды в системе отопления и горячего водоснабжения комбината.

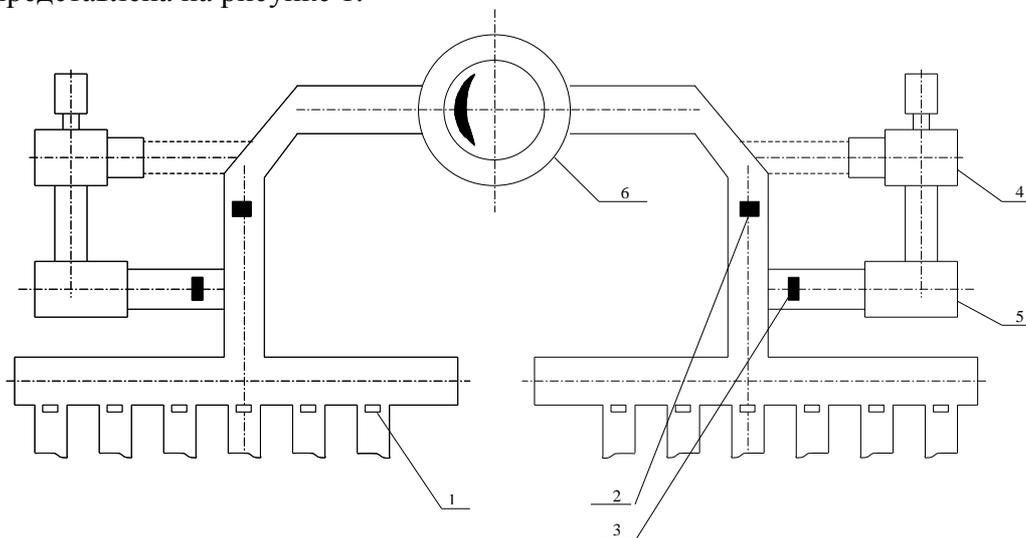
Параметры работы экономайзера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры работы экономайзера

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Величина
1.	Количество дымовых газов	м <sup>3</sup> /час	67500
2.	Температура газов на входе	°С	300÷400
3.	Разрежение перед дымовой трубой	мм вод. ст.	30÷40
4.	Температура воды на входе в экономайзер	°С	до 70
5.	Температура воды после экономайзера	°С	до 145
6.	Давление воды	кгс/см <sup>2</sup>	12
7.	Минимальный расход воды	м <sup>3</sup> /час	60
8.	Максимальная производительность	Гкал/час	5
9.	Объем водяной части	м <sup>3</sup>	3,83
10.	Количество ребристых труб	шт.	576

Всего установлено 8 экономайзеров: 4 – левого расположения, 4 – правого. Каждый экономайзер использует тепло отходящих газов от 6 ячеек нагревательных колодцев и оборудован индивидуальным дымовым трактом. Тракт предназначен для организованного отво-

да дымовых газов от ячеек нагревательных колодцев, снабженных основным шибером на дымовую трубу и индивидуальным (малым) – на экономайзер. Основной шибер установлен в общем борове и предназначен для отсечки тракта в периоды ремонта боровов или дымовой трубы. В остальное время – постоянно находится в открытом положении. При отводе нагретых дымовых газов от колодцев на экономайзер – малый шибер открыт, а при отключении экономайзера – закрыт. На каждую дымовую трубу предусмотрено по два экономайзера. Схема отвода дымовых газов от нагревательных колодцев обжимного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК» представлена на рисунке 1.



1 – Поворотный шибер; 2 – Основной шибер; 3 – Шибер на экономайзер;  
4 – Дымосос; 5 – Экономайзер; 6 – Дымовая труба

Рисунок 1 – Схема отвода дымовых газов от нагревательных колодцев обжимного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Чугунные экономайзеры характеризуются долговечностью и стойкостью к различным видам разрушений (механическим, химическим), но не к резким температурным перепадам и гидроударам, что и приводит к их частому выходу из строя.

Также их недостатками являются: низкая теплопередача, большие размеры, по сравнению с другими видами (сказывается на габаритах самой конструкции, затратах при производстве и установке); сложность в обслуживании, которая характеризуется быстрым загрязнением сажей и золой, что также ухудшает экономические и тепловые показатели.

На текущий момент снижение производительности экономайзеров вызвано несвоевременно и некачественно проведенными капитальными и текущими ремонтами в виду высоких трудозатрат на их проведение, следствием чего стало:

- наличие отложений на поверхностях нагрева;
- неудовлетворительное состояние теплоизоляции;
- неудовлетворительное состояние металлоконструкций;
- превышение удельного расхода электроэнергии на выработку 1 Гкал тепла из-за низкого теплосъема.

Результаты анализа количества оглушенных труб экономайзеров показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Количество оглушенных труб экономайзеров

№ экономайзера	11	22	33	44	55	66	77	88
Количество оглушенных труб, %	550	337	225	441	775	550	226	667

По результатам замеров фактические показатели далеки от проектных, как по расходам дымовых газов, так и по их температуре, что несомненно сказывается на производительности самих экономайзеров.

Проектные и фактические показатели работы экономайзеров № 3 и № 8 показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Проектные и фактические показатели работы экономайзеров № 3, № 8

№№	Наименование параметра	Ед. изм.	Значения		
			Проектные	Фактические	
				экономайзер №3	экономайзер №8
1	Количество дымовых газов	м <sup>3</sup> /час	67 500	30 000-47 000	30 000-47000
2	Температура дымовых газов на входе	°С	300÷400	200÷400	200÷300
3	Температура воды после экономайзера	°С	145	75	64
4	Расход воды	м <sup>3</sup> /час	60	53	42
5	Максимальная производительность	Гкал/час	5	3.1	2.1
6	Изношенные или оглушенные трубы	%	0	25	67

Износ оглушенных труб в процентах говорит о снижении производительности экономайзеров.

Рациональное использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), занимающих значительное место в топливно – энергетическом балансе предприятий многих отраслей народного хозяйства, сегодня является ключевой задачей в области энергоэффективности для любого производства.

Большую часть тепловых (ВЭР) в металлургии дают отходящие газы различных печей. Однако их утилизация путем установки за печами рекуператоров классических конструкций и последующая эксплуатация последних сопряжены с определенными трудностями.

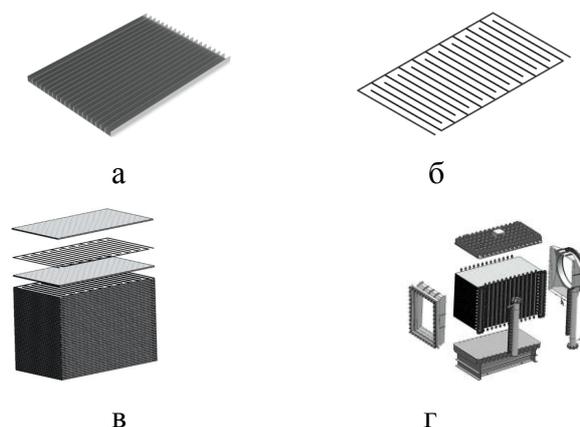
Существующие сегодня конструкции рекуператоров, имеют весьма серьезные недостатки, которые часто определяют отсутствие этих устройств в технологических процессах.

Большая часть этих недостатков связана с размерами теплопередающих поверхностей: чем больше отношение площади этих поверхностей к объему и массе теплообменника, тем эффективнее устройство.

Появление на рынке теплообменника типа ВП – ОПТ производства компании «Термо Северный Поток», характеристики которых во многих случаях превышают показатели зарубежных аналогов, качественно изменило эту картину. Внедрение новых технологий изготовления (ВЧ – сварки) панелей рекуператоров позволило решить актуальную в настоящее время во все мире задачу создания эффективных и недорогих теплообменных аппаратов.

Теплообменник типа ВП – ОПТ представляет собой теплообменник пластинчатого типа, выполненный из оребренных панелей – стальных листов с продольно приваренными токами высокой частоты ребрами (рисунок 2,а). Для высокой продуктивности, ребра расположены параллельно и с высокой частотой.

Между оребренными панелями размещается рамка из прутков, выполненных из нержавеющей стали (рисунок 2,б), образующая многоходовой «лабиринт» для протока жидкости. Через каналы оребренных панелей пропускаются газообразный теплоноситель, в рамку подается жидкость. Панели и рамки герметично приварены друг к другу. Оребренный лист панели является границей раздела сред, через который происходит интенсивный теплообмен. Теплообменник изготавливается секционным (рисунок 2,в), что позволяет не менять весь теплообменник целиком, а только лишь заменить изношенную секцию.



а - газовая панель; б - жидкостная панель; в - модуль теплообменника;  
г - теплообменник типа ВП – ОПТ

Рисунок 2 – Устройство оребренно-пластинчатого теплообменника

Теплообменник нового поколения ВП – ОПТ типа «газ– жидкость» отличается высокой эффективностью и имеет ряд преимуществ:

- развитая поверхность оребренной панели (в 2-3 раза больше, чем у классических теплообменников);
- прямолинейность каналов гарантирует малое аэродинамическое сопротивление, простоту очистки и минимальное зашлаковывание;
- компактность и небольшой вес – благодаря этому установка теплообменника ВП – ОПТ возможна там, где обычные агрегаты не могут быть установлены;
- надежность и стабильность эксплуатационных характеристик – из-за особенностей конструкции и высокой скорости проходящих газов засорения каналов не происходит, параметры остаются неизменными;
- простота обслуживания – если вследствие принудительного снижения скорости движения газов самоочистение агрегата не происходит, то может возникнуть необходимость в очистке. Процесс удаления продуктов сгорания из газовых каналов не требует специальных знаний и навыков, и не вызывает затруднений.

Предлагаемая реконструкция экономайзеров № 3 и № 8 способствует уменьшению тепловой нагрузки ЗапСиб ТЭЦ на 49 тыс. Гкал, что позволит снизить затраты на энергетический уголь на 6,3 млн. руб., а если высвободившуюся тепловую нагрузку направить в город, то получим дополнительный эффект на продаже тепла в размере 5,7 млн. руб. Экономический эффект составит 12 млн. руб., срок окупаемости 10 месяцев, срок реализации проекта 6 месяцев. Результаты расчета экономического эффекта представлены на рисунке 2.

Расчеты на 2018-2019 год			
Показатели	Было	Стало	Ед. изм.
<b>Экономайзеры №3, №8</b>			
Выработка тепла экономайзерами №3, №8	-	49 032,0	Гкал/год
Итого расход электроэнергии на производство 1 Гкал	-	66,2	кВт*ч
Расход электроэнергии	-	3 244 594,5	кВт*ч/год
Затраты на электроэнергию	-	2 333,8	руб./тыс. кВт*ч
Итого затрат на электроэнергию	-	7 572 137,4	руб.
<b>ЗС ТЭЦ</b>			
Затраты угля на выработку 1 Гкал	157,0	-	кг у.т./Гкал
Снижение выработки тепла экономайзерами	49 032,0	-	Гкал/год
Затраты угля на выработку тепла	7 679,0	-	т у.т.
Цена угля	1 812,7	-	руб./т у.т.
Итого затраты на уголь при выработке	13 919 723,3	-	руб.
<b>Экономический эффект</b>		<b>6 347 585,90</b>	руб.
<b>Маржинальный доход от продажи тепла городу</b>		<b>5 700 950,64</b>	руб.
<b>ИТОГО:</b>		<b>12 048 536,54</b>	руб.
Количество дней отопительного периода	227		
Цена реализации	1 Гкал	512,21	
Себестоимость ЗС ТЭЦ	1 Гкал	395,94	

Рисунок 2 - Результаты расчета экономического эффекта

*Заключение.* Замена чугунных экономайзеров на современные теплообменники пластинчатого типа, выполненные с использованием высокочастотной сварки, позволит при меньших габаритах и более низких трудозатратах, а также низких финансовых затратах получить большую площадь поверхности нагрева и более высокую теплоотдачу. Все это в свою очередь позволит снизить затраты энергоресурсов ЗапСиб ТЭЦ на производство и выработку тепловой энергии для системы теплоснабжения комбината. Перспективы развития проекта заключаются в поэтапной замене всех чугунных экономайзеров на современные теплообменники пластинчатого типа.

#### Библиографический список

1. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : Учебник / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 260 с.

УДК 665.6

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Павловец В.М., Домнин К.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк, Россия, pawlowets.victor@yandex.ru*

*Аннотация.* Проанализированы перспективы использования техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов в металлургии. Приведены результаты исследования процесса брикетирования железосодержащих концентратов с использованием в качестве связующего и пластификатора шламов регенерации отработанного моторного масла.

*Ключевые слова:* техногенные отходы, окускованное металлургическое сырье, брикеты, процесс брикетирования, шламы отработанного минерального масла.

### USE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE TECHNOLOGY OF BRIQUETTING OF IRON-CONTAINING MATERIALS

Pavlovets V.M., Domnin K.I.

*Siberian state industrial University, Novokuznetsk, Russia, pawlowets.victor@yandex.ru*

*Abstract.* The prospects for the use of industrial waste in the technology of briquetting of iron-containing materials in metallurgy are analyzed. The results of the study of the process of briquetting of iron-containing concentrates with the use of waste engine oil regeneration sludge as a binder and plasticizer are presented.

*Keywords:* industrial waste, agglomerated metallurgical raw materials, briquettes, briquetting process, waste mineral oil sludge.

При производстве окускованного металлургического сырья используют значительное количество различных технологических добавок [1, 2]. В их число входят связующие, флюсующие, структурообразующие, пластифицирующие, топливные и другие добавки. Каждая из этих добавок выполняет свою функцию на определенном участке производства, позволяя повысить качество сырья и эффективно выполнить необходимые технологические операции. Особую ценность представляют комбинированные добавки, выполняющие несколько функций или усиливающие действие основных компонентов, например, связующих или упроч-

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....</b>	<b>4</b>
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 $V_4C-CrB_2$ <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., Строчкина 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
<b>СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ</b> .....	109
Анализ возможности снижения выбросов CO <sub>2</sub> 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>Строчкина 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
<b>СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	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
МНОГОВАРИАНТНЫЕ 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
<b>СЕКЦИЯ 6: ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ</b> .....	225
ВАРИАНТЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ПОЛОМОК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И НЕДОСТАТОЧНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ <i>Артюх В.Г., Корихин Н.В., Чернышева Н.В., Чигарева И.Н.</i> .....	225
КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гудимова Л.Н.</i> .....	232
ВНЕДРЕНИЕ САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ 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
<b>СЕКЦИЯ 7: ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ</b> .....	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 ПРОСТОЕВ 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