

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 90-летию Сибирского
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2019»**

23 – 24 октября 2019 г.

*Труды
XXI Международной научно-практической конференции
Часть 1*

**Новокузнецк
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцева, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 404 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения,
рециклинга и экологии в металлургии.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

5. Казаков Р.А. [и др.] Возможность повышения энергоэффективности при использовании технологий внедоменного получения железа // *Металлург*. 2013. № 2. С. 30–33.
6. Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Ходосов И.Е. Прямое получение железа : состояние вопроса, тенденции // *Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XX Международной научно-практической конференции (г. Новокузнецк, 2017 г.)*. Новокузнецк, 2017. Ч. 1. С. 130-134.
7. Тимофеева А.С. [и др.]. Ресурсосбережение в металлургии прямого восстановления железа // *Бюллетень «Черная металлургия»*. 2014. № 2. С. 35-39.
8. Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Rybenko I.A., Khodosov I.E. Energy-efficient reduction of iron from its ores // *Steel in Translation*. 2016. Vol. 46. № 4. Pp. 237-244.
9. Панишев Н.В. [и др.]. Переработка металлозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка // *Теория и технология металлургического производства*. 2014. № 2(15). С. 22-26.
10. *Steel Statistical Yearbook 2016*. Brussels : Worldsteel Committee on Economic Studies [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr...fetc.../Steel+Statistical+Yearbook+2016.pdf>. (16.03.2018).
11. Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Ходоровская И.Ю. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии : учеб. пособие. Екатеринбург : ООО «УИПЦ», 2012. 670 с.
12. Цирульников Е.В. Новый металлургический завод ООО «НЛМК-Калуга» // *Черные металлы*. 2013. № 9. С. 33–35.
13. Махортова Ю.В., Бондарь А.С. Источники образования и физико-химические свойства отходов прокатного производства [Электронный ресурс]. URL: <http://masters.donntu.org/2009/fizmet/makhortova/library/article3.htm>. (10.02.2018).
14. Добровольский И.П., Рымарев П.Н., Сафина Т.А. Перспективная технология применения шламов и пыли конвертерного производства // *Вестник Челябинского государственного университета*. 2008. № 17. С. 31–35.
15. Едильбаев А.И. [и др.]. Комплексное исследование углей Казахстана как углеродистого сырья для прямого восстановления железа // *Кокс и химия*. 2013. № 9. С. 20-27.
16. Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Hodosov I.E. The use of coal in a solid phase reduction of iron oxide // *JOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2015. No. 91 Pp. 1-8.

УДК 621.928

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Соловьев А.К, Шевченко А.А.

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

***Аннотация.** Предлагается реконструкция системы отопления здания административно – бытового корпуса ООО «Технологии рециклинга» путем замещения тепловой энергии электрокотла на тепловую энергию котла, работающего на древесных отходах.*

***Ключевые слова:** биотопливо, топливная щепка, древесные отходы, электрокотел.*

ENERGY USE OF WOOD WASTE

Solovyov A.K., Shevchenko A.A.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, ak100752@yandex.ru*

***Abstract.** It is proposed to reconstruct the heating system of the building of the administra-*

tive and residential building of LLC «Recycling Technologies» by replacing the heat energy of the electric boiler with the heat energy of the boiler operating on wood waste.

Keywords: biofuel, fuel chips, wood waste, electric boiler.

Во многих регионах РФ успешно работают котельные на биотоплеве, хотя их процент очень низок (1-2%) и о полном переходе в масштабах всей страны на источники энергии, которые возобновляются, речи в России пока нет. Наряду с этим даже несколько биотопливных котельных могут служить примером для предприятий, как собственного региона, так и в целом всей страны по эффективному использованию биомассы [1]. Если сравнить нашу страну, к примеру, с Финляндией, то там щепа предпочтительнее мазута и угля в подавляющем большинстве регионов страны, а в России даже в области, богатые лесами, завозят дорогие уголь и продукты переработки нефти.

Идея использовать в качестве топлива древесные отходы давно реализованы в многочисленных конструкциях пеллетных котлов. Но пеллеты обходятся в производстве достаточно дорого, не менее 7 - 8 долл. за тонну, поэтому на сегодня более актуальными становятся котлы на щепе. В этом случае расходы на топливо снижаются примерно на 40 – 50 %. Кроме того использование щепы в котельных позволяет решить проблему утилизации древесных отходов.

Топливная щепа является экологически чистым топливом. Содержание в ней золы – меньше 3 %. В процессе сжигания этого топлива выброс углекислого газа в атмосферу равен количеству, поглощенному растением за время своего роста.

Низкая стоимость щепы делает её достойной альтернативой пеллетам и брикетам. Но щепа как источник тепла привлекательна только в районах, находящихся поблизости от гарантированных источников её образования. Перевозка щепы на дальние расстояния нерентабельна из-за своего малого удельного веса, по сравнению с пеллетами и прессованными топливными брикетами.

Таким образом, топливная щепа это доступное, недорогое и достаточно энергоемкое сырье, пригодное для получения тепловой и электрической энергии. Теплота сгорания 100 кг сухой топливной щепы эквивалентна сгоранию около 40 кг каменного угля и 50 кг сухого торфа.

В настоящее время значительное количество древесных отходов, доставляемых АО «ЕВРАЗ ЗСМК» на территорию цеха шлакопереработки ООО «Технологии рециклинга», поступает для дальнейшей переработки (1400 тонн). Дополнительно на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» находится около 500 м³ веток и вырубленных деревьев, а также модели литейного производства – около 1500 тонн. Ежегодно муниципальное предприятие города собирает ветки и спилы деревьев в количестве более 5000 м³.

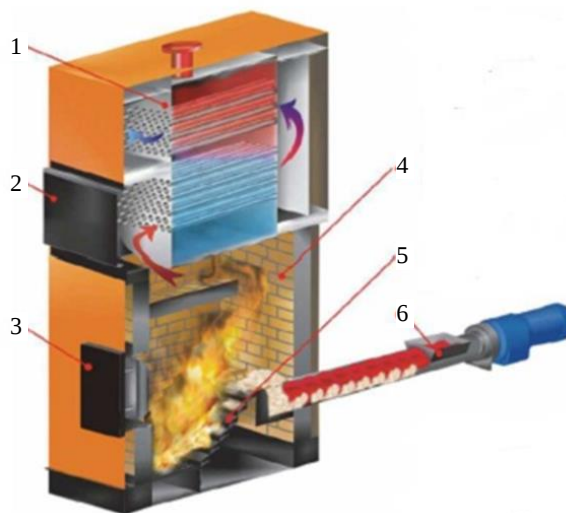
Для теплоснабжения здания административно – бытового корпуса ООО «Технологии рециклинга» используется электрокотел. Главным недостатком такой системы отопления – высокие тарифы на электроэнергию. Так, например, за отопительный сезон с сентября 2017 г. по апрель 2018 г. было израсходовано 742 000 кВт на отопление здания АБК, что составляет 2 619 260 рублей.

С целью снижению расходов на отопление была предложена реконструкция системы отопления здания административно – бытового корпуса путем замещения тепловой энергии электрокотла на тепловую энергию котла, работающего на древесных отходах.

Для нормальной работы котла и перспективы расширения Общества, а так же для возможной перспективы внедрения в рынок генерации тепловой энергии было принято решение приобрести котельный агрегат КТУ-750 ООО «Теплоресурс».

На рисунке 1 представлена принципиальная схема котла КТУ-750.

Конструктивной особенностью топки является арочный свод позволяющий сжигать высоковлажное топливо до 55% и выполнена с одним топочным фронтом, обеспечивающим производить обслуживание колосниковой решетки и загрузку кускового топлива (срезки, дрова, и т.д.). В конструкции котла КТУ-750 предусмотрено окно для механизированной подачи сыпучего топлива (опил, щепа, кора, торф и т.д.).



1 – теплообменник; 2 – прочистной люк теплообменника; 3 – топочная дверь;
4 – топка; 5 – колосниковая решетка; 6 – механизм подачи топлива

Рисунок 1 – Принципиальная схема котла КТУ-750

Особая конструкция топки - наклонная и горизонтальная колосниковые решетки, в комбинации с устройством распределения воздуха позволяют использовать в качестве топлива как сыпучее, так и кусковое топливо без дополнительной модернизации котла.

Для удобства эксплуатации предусмотрены два люка прочистки - с обеих сторон топки, а для визуального контроля смотровое окно. Теплоизолированный кожух топки повышает коэффициент полезного действия за счет снижения потерь тепловой энергии через стенки топки.

Дутьевой вентилятор, входящий в комплект поставки водогрейного котла, обеспечивает подачу воздуха в подколосниковое пространство, дожигание топлива, а поток воздуха, в свою очередь, нагреваясь при охлаждении стенок топки, при прохождении через колосники и слой топлива, участвует в основном горении.

Теплообменник с дымогарными трубами. Теплоноситель (вода) нагнетается в теплообменник, дымовые газы омывают внутренние стенки труб, где происходит теплообмен. На теплообменнике котла КТУ-750 установлена группа безопасности, в состав которой входят два предохранительных клапана, манометр и шаровой кран.

Предохранительные клапаны служат для выпуска из котла излишков пара (воды) при повышении давления в нем выше расчетного. Манометр служит для контроля давления в теплообменнике. Шаровой кран предназначен для стравливания паровоздушной смеси из теплообменника. На отводах теплообменника предусмотрены стаканы под термодатчики прямой и обратной воды. В теплообменник врезан штуцер с установленным на нем шаровым краном, для удаления воды при остановке котла.

Теплообменник водогрейного котла оборудован прочистным люком, который обеспечивает доступ к теплообменным поверхностям дымогарных труб в момент проведения работ по очистке теплообменника от золовых отложений. Теплообменник теплоизолирован от окружающей среды, что исключает потери тепловой энергии и повышает эффективность котла.

Из оперативного бункера-дозатора с помощью механизма подачи топлива - 6 (шнековый транспортер или гидравлический толкатель) топливо поступает в топку котла - 4. Сжигание топлива происходит на наклонной колосниковой решетке - 5, на которой происходит горение как сыпучей (опилки, стружка, щепа, торф, отходы растениеводства), так и кусковой древесины.

При сжигании в топочной камере топливо проходит три этапа (три такта сжигания):

1 этап – подсушивание топлива. В котельных, установленных на деревоперерабатывающих предприятиях, в большинстве случаев в качестве топлива для котлов используют щепу и опилки с высокой влажностью, полученные после распиловки свежих стволов. На фанерных заводах древесину перед обработкой предварительно пропаривают в технологических бассейнах, в этом случае топливо имеет повышенную влажность. На первом этапе дви-

жения топлива в топке котла, опилки и щепа из топливного лотка выдавливаются непосредственно в топку, где распределяются по ширине топочного фронта, на наклонных колосниках. Испарение влаги происходит от термического воздействия раскаленной футеровки топки и лучистой энергии горения, отраженной от сводового экрана топки.

2 этап – первичное окисление и выделение СО. Слоеое горение протекает при относительно невысоких температурах 700-750 °С на наклонных и горизонтальных колосниках с принудительным раздельным поддувом.

3 этап – дожиг СО в факеле топки котла. Дожиг происходит непосредственно в топке котла, в зоне подачи воздуха (активатора окисления) при температуре 900-950 °С, наиболее оптимальной для протекания реакции окисления углерода. Забор воздуха производится из воздушной прослойки между футеровкой и наружной облицовкой котла. Это способствует снижению теплопотерь и увеличению КПД. На каждом такте горения соразмерно подаче топлива организована дозированная подача окислителя (атмосферного воздуха) несколькими вентиляторами (дутьевыми и дожиговыми). После полного сжигания остаточного углерода зола падает через решетку колосника в зольник, откуда вручную (или механически в зависимости от конструкции) удаляется через прочистной люк непосредственно в режиме работы котла.

Теплообменник- это специальная конструкция для передачи тепловой энергии от нагретого теплоносителя более холодному. В конструкции котлов серии КТУ применен теплообменник газотрубного типа. Он представляет собой “бочку” с проходящими через нее дымогарными трубами, пронизывающими его от фронта котла к тыльной стороне с поворотом газов на 180° по двухходовой схеме. Дымовые газы, проходя по трубкам, нагревают теплоноситель, циркулирующий внутри теплообменника и омывающий наружные стенки труб. Скорость прохождения дымовых газов определяется уровнем разрежения в топочной камере и регулируется дымососом.

Оптимальная скорость движения теплового агента в теплообменнике регулируется автоматически, и обеспечивается насосной станцией. На входе теплообменника применяется теплоизолирующая обмуровка для защиты обшивки от высокотемпературных газов.

Используются антивзрывные клапаны по дымовым газам и клапаны группы безопасности по теплоносителю – горячей воде. Подвод теплоносителя осуществляется через входной, а отвод - через выходной коллектор. На коллекторах установлены датчики температуры теплоносителя. Информация с датчиков поступает на пульт управления, позволяя регулировать подачу топлива в топку, тем самым, удерживая заданные параметры теплоносителя. Корпус теплообменника облицован листовым профилем.

Жаротрубная конструкция теплообменника минимизирует необходимость химводоподготовки (ХВП) и позволяет проводить обслуживание теплообменника непосредственно в режиме эксплуатации котла. Подача топлива может осуществляться как автоматическим, так и ручным способом. Топливом для котлов этой серии могут служить высоковлажные древесные отходы, фрезерный торф (относительная влажность до 55 %) без предварительного подсушивания, сухие древесные отходы.

Данное котельное оборудование имеет общую длину 5,6 м, ширину 1,4 метра, высоту 3,750 метров, Оборудование будет установлено ровно посередине здания, где расстояние от стен здания будет 2,3 метра для комфортной эксплуатации данного оборудования согласно СНиП-35-76 [2]. В здании предусматривается два проема:

первый проем - высотой два метра и шириной один метр для прохода персонала;

второй проем - три метра шириной и высотой четыре метра для разгрузки щепы автомобильным транспортом.

Основными этапами технологического процесса производства щепы в ООО «Технологии рециклинга» являются:

- сортировка отходов, подготовка древесного сырья к переработке;
- предварительная переработка, подготовка древесины на площадке, доставка к приемному бункеру технологической линии;
- изготовление щепы, складирование готовой продукции и загрузка в котел.

Сырьем для производства древесных щепы являются древесные отходы, доставляемые АО «ЕВРАЗ ЗСМК» на территорию цеха шлакопереработки ООО «Технологии рециклинга». Учитывая особенности входящего сырья и то, что сырьем для производства являются отходы с влажностью не менее 20 %, для их сушки не требуются высокотемпературные сушилки, следовательно, задачу безопасного удаления влаги можно решить другим способом. Например, путем «кинетического» съема воды с поверхности частиц древесины при их тонком размоле. Необходимый для этого нагрев теплоносителя, в роли которого выступает атмосферный воздух, происходит непосредственно в корпусе мельницы как результат температурного разделения воздушного потока аналогичного эффекту Ранка-Хильша.

Данная технология реализована в малогабаритных автоматизированных линиях «СКАРАБЕЙ», которые комплектуются комбинированными мельницами-нагревателями модели «С.А.М.П.О 2012». Это оборудование было специально разработано для производства щепы из сырья влажностью до 30 % в автоматическом режиме, без использования пожароопасных «огневых» способов сушки. Линия «СКАРАБЕЙ» наиболее полно отвечает требованиям малых производств.

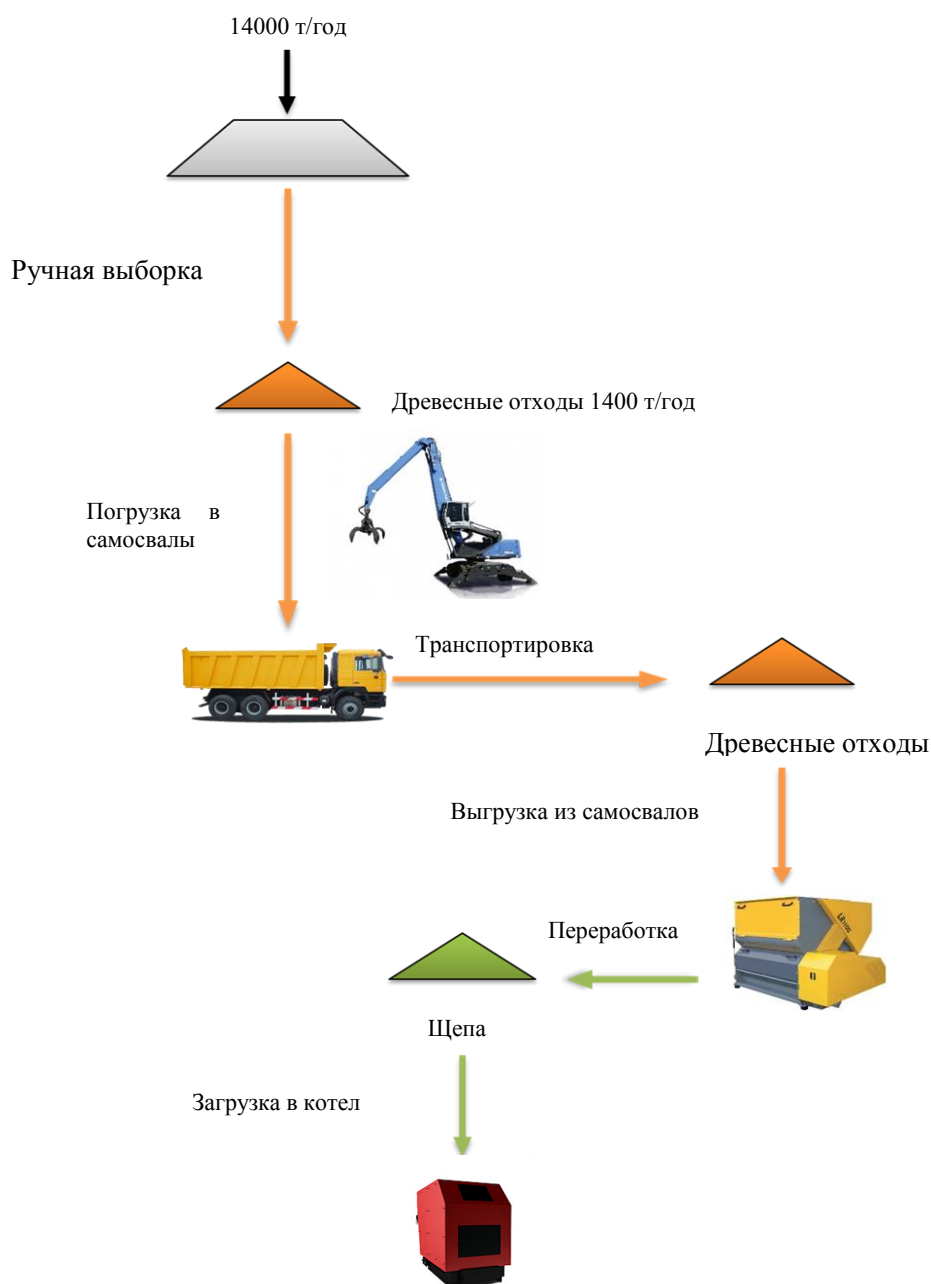


Рисунок 2 – Схема производства щепы из древесных отходов

Для предварительной переработки и измельчения вторичных отходов древесины негабаритных размеров используются двухвальный шредер РРМ-1 и щеподробилка. Основное назначение шредера – измельчение и дробление крупногабаритных отходов – деревянных поддонов, брёвен, отходов пиломатериалов. Щеподробилка измельчает крупную щепу и другие отходы древесины (ветки, сучки, отходы лесопильного производства) для получения технологической щепы более мелких фракций, которые могут использоваться в качестве топлива для котельной. На рисунке 2 представлена схема производства щепы из древесных отходов.

При реализации данного мероприятия ожидаемая годовая прибыль предприятия составит 917008 рублей, срок окупаемости проекта – 3,16 года.

Библиографический список

1. Авдашкевич С.В., Бит Ю.А., Засухин А.В. Древесина как энергосырьё // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: СПбЛТА, 2017. – С.4-9.
2. СНиП II-35-76* Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Котельные установки. СНиП II-35-76

УДК 669.1

ВЫБОР МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ

Стерлигов В.В.

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

Аннотация. Доказана рациональность введения удельных оценок параметров топлива, т.е. отнесенных к единице энергии. На основе этого подхода предложена методика получения комплексного стоимостного показателя энергоэкологической стоимости топлива, позволяющая компьютеризировать оценку качества топлива по минимальным удельным затратам.

Ключевые слова: топливо, экология, качество, стоимостная оценка.

CHOICE OF METALLURGICAL FUEL BASED ON ENERGOECOLOGICAL COST ESTIMATION

Sterligov V.V.

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

Abstract. Rational reason for introduction of specific estimates of fuel parameters, i.e. referred to a unit of energy is given. Based on this approach, the method of comprehensive cost estimate of energetic and ecological cost of fuel is proposed, providing possibility of digital assessment of fuel quality by minimal specific cost.

Keywords: fuel, ecology, quality, cost estimate.

Один из основных вызовов современному обществу в глобальных масштабах – это возможность потепления климата Земли. И почти единогласно все определяют причиной этого «парниковый эффект», возникающий на способности некоторых газов, входящих в состав атмосферы, поглощать волны инфракрасной части спектра солнечного света, которая переносит энергию теплового излучения.

Существует даже формальный перечень парниковых газов согласно [1] к ним относятся: диоксид углерода (CO₂), метан (CH₄), озон и другие газы.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4
МЕТАЛЛУРГИЯ КУЗБАССА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ	
<i>Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Галевский Г.В., Козырев Н.А., Коротков С.Г., Фастыковский А.Р.</i>	4
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ	
<i>Протопопов Е.В., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	9
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	
<i>Фастыковский А.Р.</i>	14
ФЕРРОСПЛАВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В МИРЕ И РОССИИ	
<i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ёлкин К.С., Голодова М.А.</i>	20
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	
<i>Козырев Н.А.¹, Шевченко Р.А., Протопопов Е.В., Кратько С.Н., Хомичева В.Е.</i>	33
85 ЛЕТ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ. К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ СИБГИУ	
<i>Коротков С.Г., Темлянец М.В., Стерлигов В.В.</i>	44
МОЛИБДЕНОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ : СЫРЬЕВАЯ БАЗА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ	
<i>Полях О.А., Комрони М.</i>	55
РЕСУРСО – И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК С ТЕРМОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ	
<i>Лубяной Д.А., Мамедов Р.О., Князев С.В.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛАКОВ РАФИНИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ	
<i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ходосов И.Е., Ёлкин К.С.</i>	66
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА, ЕГО СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ	
<i>Горлова А.А., Галевский Г.В., Руднева В.В.</i>	72
КОМПАНИЯ CINF – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИНЖИНИРИНГЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	
<i>Чжан Кэ</i>	78
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ	
<i>Павловец В.М.</i>	81
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПОДОВОЙ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	
<i>Горлова А.А., Зербач О.В., Галевский Г.В.</i>	90
ПРИМЕНЕНИЕ ДИБОРИДА ТИТАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАТОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	
<i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Гордиевский О.И.</i>	94
ПРОИЗВОДСТВО ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ: ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО	
<i>Лысенко О.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.</i>	101

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.⁴, Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	110
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	118
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	118
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СКРАПА ШЛАКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ <i>Амелин А.В., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	124
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ <i>Прошунин И.Е., Нохрина О.И., Рожихина И.Д.</i>	128
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ КОНВЕРТЕРНОГО ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</i>	133
СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темляницев М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Сметанюк С.В., Пономарева К.В., Гаврилов Г.Н.</i>	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК И СЛИТКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темляницев М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Базлова Т.А., Сметанюк С.В., Соколов А.А.</i>	146
МЕЛКОСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЛИТЫХ ПОРИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И., Куценко А.А., Соколов Б.М.</i>	152
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ МАРКИ Э90ХАФ <i>Симачев А.С., Осколкова Т.Н.</i>	159
МНОГОСТАДИЙНАЯ ПРОТЯЖКА КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НА ПЛОСКИХ БОЙКАХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ <i>Перетягко В.Н., Вахман С.А., Филиппова М.В., Юрьев А.Б.</i>	164
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ <i>Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С., Дорофеев В.В.</i>	170
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ – РАЗДЕЛЕНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Фастыковский А.Р., Беляев С.В.</i>	175
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ВОЛОЧЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р., Чинокалов Е.В.</i>	180
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА И КОЛЕБАНИЙ ПОЛОСЫ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В.</i>	184

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	188
ПОСТРОЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ-ВОЛОЧИЛЬЩИКОВ В РЕЖИМЕ МНОГОСТАНОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	196
РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ КАЛИБРОВОК АСИММЕТРИЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ РЕЛЬСОБАЛОЧНОМ СТАНЕ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Дорофеев В.В., Добрянский А.В., Фастыковский А.Р.</i>	202
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ НА ИЗНОС И УДАР В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю.</i>	208
ДЛИНА ЗОНЫ ПЛАВНОГО ПЕРЕХОДА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЁСТКОСТИ С- И Н-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЕЙ, ФОРМУЕМЫХ ПО ПОЛУЗАКРЫТЫМ СХЕМАМ <i>Филимонов А.В., Филимонов С.В., Филимонов В.И.</i>	213
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВОЙ ФОРМЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Ковалева Т.В., Еремин Е.Н.	219
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕЛЮЩИХ ШАРАХ <i>Исагулов А.З., Аубакиров Д.Р.</i>	223
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ <i>Исагулов А.З., Исагулова Д.А.</i>	228
ДЕФОРМАЦИЯ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СВОЙСТВА ПОРШНЕВЫХ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Афанасьев В.К., Прудников А.Н., Прудников В.А.</i>	234
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ	241
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	241
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ ОКСИДА ПРИ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Бащенко Л.П., Михно А.Р.</i>	244
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO_3 АЛЮМИНИЕМ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ <i>Крюков Р.Е., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Козырев Н.А., Шурупов В.М.</i>	251
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Михно А.Р., Бащенко Л.П.</i>	256
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ ФЕРРОХРОМА <i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Прудников А.Н., Михно А.Р.</i>	261
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОВШЕВОГО ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В КАЧЕСТВЕ ФЛЮС – ДОБАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Уманский А.А.</i>	267

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
<i>Осколкова Т.Н., Глезер А.М.</i>	272
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ	
<i>Полях О.А., Полях К.Е., Вильдеманн В.</i>	277
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ	
<i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	281
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМООБРАБОТКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ	
<i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Черновский Г.Н., Крушенко Г.Г., Стафецкис Л., Черепанов А.Н.</i>	285
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ	
<i>Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р.</i>	294
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПЛАЗМОСИНТЕЗА ДИБОРИДА ТИТАНА	
<i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Ефимова К.А.</i>	298
ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НОВЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК СИСТЕМЫ Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo	
<i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Гусев А.И., Осетковский И.В., Михно А.Р.</i>	306
СВАРОЧНЫЙ ФЛЮС НА ОСНОВЕ БАРИЙ – СТРОНЦИЕВОГО МОДИФИКАТОРА И ШЛАКА СИЛИКОМАНГАНА	
<i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Попова М.В.</i>	322
ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ХРОМИСТОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ	
<i>Еремин Е.Н., Лосев А.С., Бородихин С.А., Пономарев И.А.</i>	328
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Sn-Sb, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ	
<i>Калашиников И.Е., Болотова Л.К., Быков П.А., Катин И.В., Кобелева Л.И.</i>	334
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Шевченко Р.А., Кузнецов В.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р.</i>	338
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ	
<i>Кузнецов В.А., Шевченко Р.А., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р.</i>	342
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ	
<i>Алексеева Т.И., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г.</i>	347
ОСОБЕННОСТИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА(VI) В ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ АЗОТА	
<i>Баротов Ф.Б., Ноздрин И.В.</i>	351
СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	355
БИОМОНИТОРИНГ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
<i>Водолеев А.С., Синяевский Д.В., Кривцова Ю.В.</i>	355
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВОВ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ И ОБЕЗВОЖЕННОГО ШЛАМА ГАЗООЧИСТКИ	
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Ноздрин Е.В.</i>	358

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ <i>Соловьев А.К., Шевченко А.А.</i>	364
ВЫБОР МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ <i>Стерлигов В.В.</i>	369
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОПЛИВА <i>Стерлигов В. В.</i>	373
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ – КАТАЛИЗАТОРЫ ОЧИСТКИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	377
ОЦЕНКА РИСКОВ НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	379
ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ <i>Апасов А.М.</i>	384
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ <i>Спирин Н.А., Онорин О.П., Истомин А.С., Гурин И.А.</i>	393

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2019»

Труды XXI Международной научно-практической конференции

Часть 1

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 04.10.2019 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,4 Уч.-изд. л. 25,8 Тираж 300 экз. Заказ № 235

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