

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
Институт новых материалов и технологий  
Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

# **Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве**

**Сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых учёных  
«Теплотехника и информатика  
в образовании, науке и производстве» (ТИМ'2017)  
с международным участием,**

**Екатеринбург, 11–12 мая 2017 г.**



г. Екатеринбург  
УрФУ  
2017

УДК 669.04:004(06)

ББК

ТЗ4

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. А. Н. Дмитриев (гл. науч. сотр., Институт металлургии Уральского отделения РАН);

д-р техн. наук, проф. Л. А. Зайнуллин (ген. директор ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт металлургической теплотехники»)

**Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве:**

ТЗ4 сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017) с международным участием (Екатеринбург, 11–12 мая 2017 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2017. – 299 с.

ISBN

В сборник включены доклады, представленные на VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017) с международным участием. Доклады отражают результаты научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых вузов, предприятий и организаций России и стран ближнего зарубежья по проблемам теории и практики в области металлургической теплотехники, систем автоматизации и информатизации широкого назначения. Тематика докладов включает следующие составляющие: теплотехника и экология металлургического производства; информационные системы и технологии в образовании, науке и производстве; автоматизация технологических процессов и производств. Проект проведения конференции ТИМ'2017 получил поддержку Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ), проект РФФИ № 17-38-00075.

УДК 669.04:004(06)

ББК

**Редакционная коллегия сборника докладов:** Спирин Н.А. (председатель), Лавров В.В.

(учёный секретарь)

Бурыкин А.А.

Воронов Г.В.

Гольцев В.А.

Гурин И.А.

Казяев М.Д.

Киселев Е.В.

Куделин С.П.

Лошкарев Н.Б.

Матюхин В.И.

Носков В.Ю.

Швыдкий В.С.

Ярошенко Ю.Г.

Ответственность за содержание предоставленных материалов несут авторы докладов.

Воспроизведение сборника или его части без ссылки на издателя запрещается.

ISBN

© Уральский федеральный  
университет, 2017

© Авторы статей, 2017

$$M = 21,94 + 1,68C + 0,02C^2 \quad (1)$$

– Ж Межэгейского месторождения

$$M = 21,62 + 1,52C + 0,02C^2. \quad (2)$$

**Выводы:** Установлено, что при использовании в качестве восстановителей концентратов ЦОФ «Кузнецкая» (состоящего из углей марок: газовый жирный (ГЖ) 50 % и жирный (Ж) 50 %) и угля марки Ж Межэгейского месторождения полное восстановление железа происходит при их расходе 20 кг / 100 кг шлама и температурах не ниже 900 °С.

### Список использованных источников

1. Шахпазов Е.Х., Дорофеев Г.А. Новые синтетические композиционные материалы и технология выплавки стали с их использованием. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 272 с.
2. Черепанов К.А., Абрамович С.М., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н. Рециклинг твердых отходов в металлургии. – М.: Флинта: Наука, 2004. – 212 с.
3. Кузнецов С.Н., Волюнкина Е.П., Протопопов Е.В., Зоря В.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. – Новосибирск: СО РАН, 2014. – 294 с.
4. Ульянов В.П., Булавин В.И., Бутенко А.Н. Термическая переработка нефть- и железосодержащих промышленных отходов с получением товарной продукции // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 3. – С. 48 – 53.
5. Тайц Е.М. Кокс и железокс на основе брикетирования. – М.: Металлургия, 1965. – 173 с.
6. Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Темлянцев М.В., Иванов [Разработка основ технологии адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Вестник горо-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. – 2016. Вып. 37. – С. 46 – 53.
7. Кузнецов С.Н., Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. [Технологические основы адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2017. – № 4. – С. 268 – 275.
8. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III межд. симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы: Казак университеті, 2005. – С. 52 – 57.
9. Кузнецов С.Н., Рыбенко И.А., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. [Термодинамическое моделирование процессов восстановления железа при термохимическом окусковании конвертерных шламов // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1. – С. 25 – 28.

УДК 669.046

**О. В. Кузнецова, К. С. Коноз, М. В. Темлянцев, Н. В. Темлянцев**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ НА УГАР МЕТАЛЛА

### Аннотация

*В работе проведено исследование влияния неравномерности нагрева заготовок по длине на угар металла в методических печах с механизированным подом. Установлено, что повышение неравномерности нагрева поверхности заготовки приводит к росту угара, причем эта зависимость имеет нелинейный характер.*

*Ключевые слова: методические печи, неравномерность нагрева, угар стали.*

### **Abstract**

*The work investigated the effect of the uneven heating of the workpieces along the length of the metal oxidation in the methodical furnaces. It is found that increasing the uneven heating of the surface of the workpiece leads to increased oxidation, and this dependence has nonlinear character.*

*Keywords: reheating furnace, uneven heating, waste steel.*

Методические печи с механизированным подом получили широкое распространение для нагрева заготовок перед прокаткой. Одним из важных показателей качества нагрева металла [1] в печах, наряду с отсутствием трещин от температурных напряжений [2], является равномерность распределения температур по толщине, длине и периметру заготовок. В ряде публикаций [3, 4] отмечено, что для методических печей с механизированным подом характерна достаточно высокая неравномерность нагрева металла по длине заготовок, причиной которой являются зазоры между элементами шагающего пода или водоохлаждаемые шагающие балки. При фиксировании токов  $I$  двигателей прокатного стана отчетливо видны низкочастотные колебания, число которых соответствует количеству локальных участков проката с пониженной температурой («темных пятен»), а величина колебания нагрузки зависит от величины колебания температуры.

Высокая температурная неравномерность по длине заготовок имеет ряд негативных последствий, отрицательно влияющих на работу нагревательных печей, прокатного стана и качество металлопродукции:

- неравномерность геометрических размеров и массы погонного метра по длине раската;
- периодическое увеличение усилий прокатки, и как следствие, увеличение вероятности поломок валков;
- увеличение расхода электроэнергии на прокатку профилей;
- исключение возможности расширения сортамента за счет прокатки высокоточных и облегченных и облегченных профилей, стабильного выполнения размеров готового проката в поле минусовых допусков;
- создает колебания механических характеристик проката по длине раската;
- усложняет настройки стана, что приводит к повышению брака и второго сорта по геометрическим размерам профилей;
- повышенный угар и расход топлива при нагреве.

Чем меньше температура металла в области темного пятна, тем выше сопротивление металла пластической деформации, усилия  $P$  стана и расход электроэнергии на прокатку. Снижение температуры, например, стали марки 3пс с 1300 до 1150 °С приводит к увеличению сопротивления стали пластической деформации, а соответственно и усилий прокатки в 1,55 раза, в среднем, примерно на 3 % на каждый 10 °С. В связи с этим необходимость получения требуемой среднemasсовой конечной температуры металла (чтобы прокатать темные пятна) приводит к неизбежности повышения температуры нагрева остальной части заготовки, где нет темных пятен. Это приводит к общему росту угара, обезуглероживания стали, ухудшает условия работы футеровки пода печи, снижает срок ее службы.

На рис. 1 схематично представлена зависимость усилий прокатки и нагрузки электродвигателей клетки от температуры заготовки для различной неравномерности температуры по длине заготовки. При одинаковой средней температуры металла более равномерный прогрев (рис. 1, в) приводит к меньшей вероятности роста зерна, перегрева, пережога стали и оплавления окалина. Он позволяет интенсифицировать обжаты и повысить производительность процесса прокатки. Высокая неравномерность нагрева (рис. 1, а) напротив, повышает вероятность возникновения брака нагрева, приводит к значительным колебаниям усилий стана и нагрузки электродвигателей.

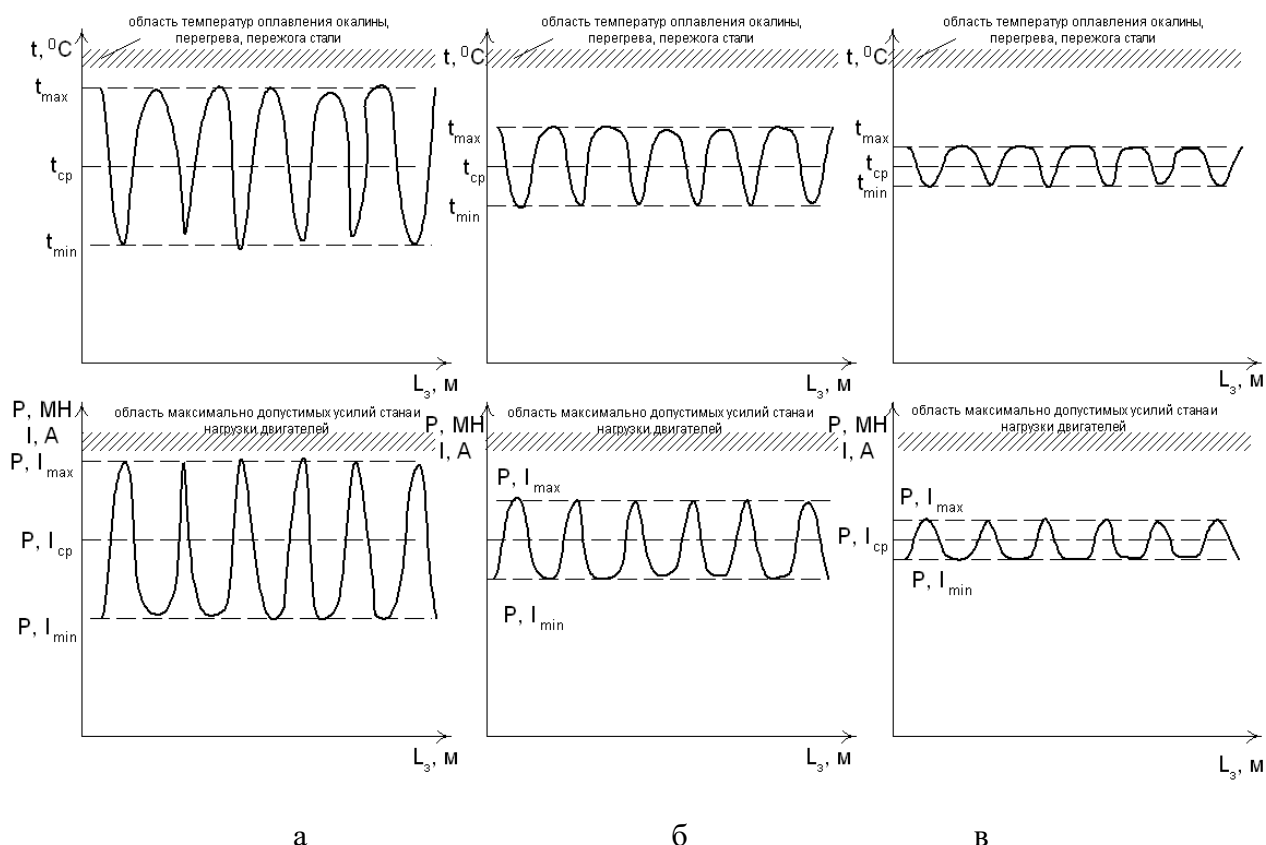


Рис. 1. Зависимость усилий прокатки и нагрузки электродвигателей клетки от температуры заготовки для различной неравномерности температуры по длине заготовки

В настоящей работе проведено исследование влияния неравномерности нагрева поверхности заготовки на угар металла. На основе экспериментальных данных замеров тепловизором температур поверхности заготовок, нагретых в печи с шагающим подом одного из российских металлургических предприятий проведен статистический анализ и с помощью метода наименьших квадратов получено уравнение регрессии распределения температуры  $t$  по длине  $l$  заготовки:

$$t = t^0 + A \cdot \cos(B \cdot l), \quad (1)$$

где  $t^0$  – средняя температура поверхности заготовки, °C;  $A$  и  $B$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от режима нагрева и количества зазоров между элементами пода (участков теплоотвода).

Для примера на рисунке 2 представлены результаты одного из вариантов статистической обработки данных. В уравнении (1)  $t^0 = 1214$  °C;  $A = 60$ ;  $B = 3,76$ . Максимальное значение температуры поверхности 1274 °C, минимальное 1154 °C, перепад температур  $\Delta t$  соответственно 120 °C. Зависимость имеет вид косинусоиды. Торцы заготовок характеризуются более высокой температурой нагрева, а количество температурных минимумов (темных пятен) соответствует количеству и месту расположения зазоров между элементами пода, оказывающими охлаждающий эффект.

Используя уравнение (1) и данные по кинетике окисления кремнистых рессорно-пружинных сталей [5– 0] провели оценку влияния неравномерности нагрева на угар металла. Сравнительные расчеты вели на примере выдержки стали марки 60C2XA при соответствующей температуре по длине заготовки в течении 1 мин.

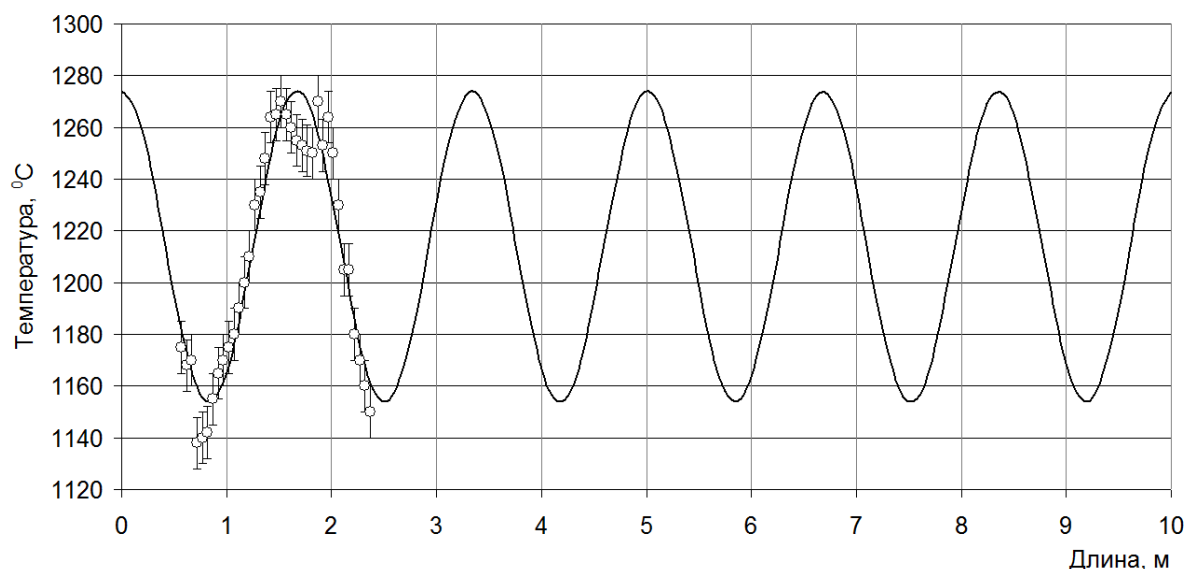


Рис. 2. Распределение температуры по длине заготовки (точки – экспериментальные данные, сплошная линия – расчетные)

На рисунке 3 показаны результаты исследования. Установлено что повышение неравномерности нагрева поверхности заготовки приводит к росту угара, причем эта зависимость имеет нелинейный характер. При одинаковой средней по длине температуре 1214 °C и перепаде температур 100 °C угар возрастает на почти 2 % по сравнению с равномерным нагревом, а при перепаде в 200 °C – на 7 %.

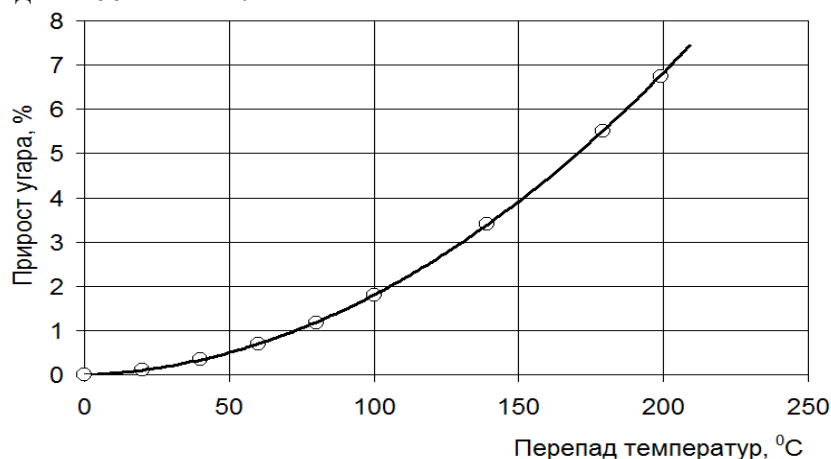


Рис. 3. Зависимость прироста угара от неравномерности нагрева поверхности заготовки

#### Список использованных источников

1. Нагрев под прокатку непрерывнолитых заготовок рельсовой электростали / М.В. Темлянцев, В.В. Гаврилов, Л.В. Корнева, А.Ю. Сюсюкин, Н.В. Темлянцев // Изв. вузов. Черная металлургия. 2005. № 6. С. 69, 70.
2. Темлянцев М.В., Стариков В.С. Исследование разрушения заготовок из конструкционных рессорно-пружинных сталей с катаной и литой структурой при комбинированных тепловых обработках // Изв. вузов. Черная металлургия. 2003. № 4. С. 56–58.
3. Освоение печей с шагающим подом и снижение расхода топлива / А.А. Кугушин, Б.И. Сельский, Б.Н. Серебренников и др. // Сталь. 1980. №10. С. 881–884.
4. Освоение и исследование нагревательных печей с шагающими балками / В.Л. Гусовский, Л.А. Пинес, Э.И. Спивак и др. // Сталь. 1970. №9 С. 849–853.

5. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание кремнистых пружинных сталей // Заготовительные производства в машиностроении. 2005. № 3. С. 50–52.

6. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Исследование химического состава окарины пружинной стали 60С2 // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 2. – С. 75–76.

7. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание рессорно-пружинной стали марки 60С2ХА / М.В. Темлянцев, К.С. Слажнева, А.Ю. Дзюба, А.А. Уманский, Н.В. Темлянцев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – Вып. 33. – С. 55–63.

8. Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.

9. Нагрев стальных слэбов / В.Н. Перетятко, Н.В. Темлянцев, М.В. Темлянцев, Ю.Е. Михайленко. – М.: Теплотехник, 2008. – 192 с.

10. Филиппова М.В., Перетятко В.Н., Темлянцев М.В. Разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки металлов давлением. – Новосибирск: СО РАН, 2016. – 269 с.

УДК 662.957.8

**Н. Б. Лошкарев, А. Х. Мухамадиева**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## ТЕПЛООБМЕННЫЙ БЛОК С ПЛАВКИМ ЯДРОМ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ ГОРЕЛКИ

### Аннотация

*Статья посвящена теплообменному блоку для регенеративных горелок. В данной статье приведен расчет массы плавкого ядра, размеров секции и времени перекидки регенеративного блока, состоящего из десяти секций с плавким ядром, температура плавления ядра которых, в соседних секциях отличается примерно на 100 °С. Это позволяет поддерживать постоянную температуру секции, удерживая эту температуру равной температуре плавления металла в данной секции, снимая с ее поверхности нагреваемым воздухом теплоту, или отдавая поверхности, теплоту продуктов сгорания, выделяющуюся при кристаллизации или поглощаемую при плавлении металлического ядра. Расчет обосновывает возможность снижения габаритов регенеративной насадки для горелки мощностью 200 кВт, и увеличение времени перекидки, при этом температура подогрева воздуха остается постоянной.*

*Ключевые слова:* теплообменник, регенеративный теплообменник, регенеративная горелка, плавкое ядро, теплоемкость, теплота плавления.

### Abstract

*The article is devoted to the heat exchanger block for regenerative burners. In this paper, we calculate the mass of the fusible core, the dimensions of the section, and the time for the transfer of the regenerative block consisting of ten sections with a fusible core whose melting point in the neighboring sections differs by approximately 100 °C. This makes it possible to maintain the constant temperature of the section, keeping this temperature equal to the melting point of the metal in this section, removing heat from its surface by heating the air, or giving away the surfaces, the heat of the combustion products released during crystallization or absorbed during melting of the metal core. The calculation justifies the possibility of reducing the dimensions of the regenerative nozzle*

## СПИСОК АВТОРОВ

|                        |                        |                                              |                           |
|------------------------|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|
| Абаимов Н.А.....       | 91, 113                | Киселева Т.В. ....                           | 194                       |
| Авдеев А.П.....        | 7                      | Колесников А.П. ....                         | 57                        |
| Аксютичева Н.С. ....   | 181                    | Коноз К.С.....                               | 62                        |
| Алексеев Г.С.....      | 184                    | Конюков Е.Н. ....                            | 187                       |
| Богатова Т.Ф.....      | 121                    | Королев В.Н. ....                            | 95                        |
| Болотин К.Е. ....      | 159                    | Куделин С.П. ....                            | 237                       |
| Бондин А.Р.....        | 263                    | Кузнецов С.Н.....                            | 59                        |
| Буинцев В.Н.....       | 224                    | Кузнецова В.С. ....                          | 216                       |
| Бурькин А.А.....       | 187                    | Кузнецова О.В.....                           | 62                        |
| Бычков С.А. ....       | 159                    | Кулешов О.Ю.....                             | 83                        |
| Бякова М.А. ....       | 191                    | Курбанов Т.С.....                            | 51                        |
| Воронов Г.В.....       | 13, 17, 98, 102, 110   | Лавров В.В..29, 153, 184, 191, 199, 220, 252 |                           |
| Галичин П.В.....       | 9                      | Левин Е.И. ....                              | 146, 164                  |
| Герасименко Н.П.....   | 74                     | Липунов Ю.И. ....                            | 176, 216                  |
| Гильметдинова Ю.Р..... | 162                    | Лисиенко В.Г.....                            | 203                       |
| Гинкель А.А.....       | 13                     | Лошкарев А.Н. ....                           | 57, 124, 220              |
| Глухов И.В.....        | 17, 98                 | Лошкарев Н.Б.....                            | 29, 54, 66, 153, 155, 277 |
| Голдобин Ю.М. ....     | 22                     | Луговик А.И. ....                            | 220                       |
| Гольцев В.А. ....      | 17, 132, 172, 181, 241 | Лымбина Л.Е. ....                            | 139                       |
| Гордеев С.И. ....      | 146                    | Макуха Д.А.....                              | 232                       |
| Горшкова О.С. ....     | 25                     | Мартусевич Е.А. ....                         | 224                       |
| Грачев А.В. ....       | 194                    | Марчкова Ю.А. ....                           | 71                        |
| Гребнева Н.В. ....     | 29, 153                | Матюхин В.И. ....                            | 7, 9, 25, 39, 129         |
| Гурин И.А. ....        | 184, 191, 199, 252     | Матюхин О.В. ....                            | 129                       |
| Данилова Д.А.....      | 142                    | Матюхина А.В.....                            | 39                        |
| Девярых Е.А.....       | 32                     | Мешков Е.И.....                              | 74                        |
| Девярых Т.О.....       | 32                     | Микула В.А. ....                             | 71, 162                   |
| Декун Н.И. ....        | 199                    | Мунц В.А. ....                               | 78, 206                   |
| Денисов М.А.....       | 206, 266               | Муслимов Е.И. ....                           | 83                        |
| Дианов С.А. ....       | 203                    | Мухамадиева А.Х. ....                        | 66                        |
| Домрачев А.С. ....     | 35                     | Мухтасаров Р.Т. ....                         | 229                       |
| Дружинин Г.М.....      | 155                    | Некрасова Е.В. ....                          | 216                       |
| Дудко В.А. ....        | 39, 172                | Неунывахина Д.Т.....                         | 59                        |
| Емельянова А.А.....    | 51                     | Никитин А.Д.....                             | 87                        |
| Ермакова Л.А.....      | 245, 281               | Носков В.Ю. ....                             | 212, 229, 232, 260, 284   |
| Ершов М.И.....         | 206                    | Овчарников А.О.....                          | 91                        |
| Журавлев С.Я. ....     | 39                     | Оленников А.А.....                           | 117                       |
| Завьялова Е.В.....     | 254                    | Осинцев К.В. ....                            | 135                       |
| Зайнуллин Л.А.....     | 168                    | Осипов П.В.....                              | 51                        |
| Замятина И.А. ....     | 42                     | Осминкина А.С. ....                          | 78                        |
| Запольская Е.М.....    | 45                     | Павлюк Е.Ю. ....                             | 78                        |
| Зельманчук К.А. ....   | 39                     | Папченков А.И. ....                          | 78                        |
| Иванова М.В. ....      | 48                     | Парышев И.С.....                             | 95                        |
| Илларионов Н.К. ....   | 210                    | Пащенко Н.А. ....                            | 258                       |
| Илюхин П.А.....        | 266                    | Переpletчиков В.И.....                       | 220                       |
| Каграманов Ю.А. ....   | 51                     | Плесакин И.В. ....                           | 17, 98                    |
| Казяев М.Д.....        | 35, 48                 | Плешкова А.В. ....                           | 102                       |
| Камнева Д.А. ....      | 54                     | Попова Ю.А.....                              | 237                       |
| Каюров В.А.....        | 212                    | Поротников Н.С.....                          | 22                        |
| Киселев Е.В. ....      | 42, 149, 216           | Потапов М.В.....                             | 241                       |



|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Прибытков И.А. ....  | 105           |
| Проданов С.А. ....   | 13, 110       |
| Протопопов Е.В. .... | 59            |
| Радченко М.О. ....   | 220           |
| Раецкий А.Д. ....    | 245, 281      |
| Ральников П.А. ....  | 113           |
| Рыбенко И.А. ....    | 59, 248       |
| Рыжков А.Ф. ....     | 87, 91, 113   |
| Рябина В.В. ....     | 254           |
| Сахаров А.Ю. ....    | 252           |
| Семенов Н.А. ....    | 162           |
| Сеченов П.А. ....    | 117           |
| Смаханов А.Б. ....   | 176           |
| Смирнов А.И. ....    | 121           |
| Смольянов И.А. ....  | 159           |
| Соколова Т.Б. ....   | 254           |
| Солнцева Е.Д. ....   | 124           |
| Спирин Н.А. ....     | 191, 199, 270 |
| Тарасов Ф.Е. ....    | 159           |
| Темлянцев М.В. ....  | 45, 59, 62    |
| Темлянцев Н.В. ....  | 62            |
| Терехова А.Ю. ....   | 105           |
| Толмачев В.О. ....   | 129           |
| Томилов Н.А. ....    | 132           |
| Торопов Е.В. ....    | 135           |
| Торопова А.Л. ....   | 139           |
| Трофимов В.Б. ....   | 258           |
| Трофимов П.Ю. ....   | 260           |
| Тупоногов В.Г. ....  | 51            |
| Усатов П.А. ....     | 212           |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Фатхутдинов А.Р. ....  | 270      |
| Феокистов А.В. ....    | 45       |
| Филиппов П.С. ....     | 146      |
| Фурсов В.И. ....       | 172      |
| Хасанов Р.Р. ....      | 142      |
| Хасанова А.В. ....     | 135      |
| Худяков Д.С. ....      | 146      |
| Худякова Г.И. ....     | 87, 142  |
| Цыганкова О.Е. ....    | 263      |
| Цымбал В.П. ....       | 117      |
| Чапурина А.А. ....     | 149      |
| Черемискина Н.А. ....  | 29, 153  |
| Чернов А.А. ....       | 155      |
| Черных В.Н. ....       | 266      |
| Шагабутдинов Т.Ф. .... | 266      |
| Швыдкий В.С. ....      | 32, 270  |
| Швыдкий Е.Л. ....      | 159      |
| Шешин А.Н. ....        | 277      |
| Шихов С.Е. ....        | 270      |
| Шлянин С.А. ....       | 245, 281 |
| Шмакова Л.А. ....      | 162      |
| Штина А.И. ....        | 284      |
| Щипанов К.А. ....      | 210      |
| Эйсмондт К.Ю. ....     | 216      |
| Южаков И.В. ....       | 164      |
| Юрпольский А.С. ....   | 168      |
| Юрьев Б.П. ....        | 172      |
| Яранцев А.Н. ....      | 289      |
| Ярошенко Ю.Г. ....     | 176      |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                    |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии» .....                                                                                                                                            | 3        |
| <b>Секция 1. Актуальные проблемы теплотехники и экологии<br/>металлургического производства</b> .....                                                                                              | <b>7</b> |
| <i>Авдеев А. П., Матюхин В. И.</i><br>Разработка технологии утилизации тепла готового продукта на печи вельцевания.....                                                                            | 7        |
| <i>Галичин П. В., Матюхин В. И.</i><br>Совершенствование конструкции и тепловой работы роторной печи<br>для плавки вторичного алюминия .....                                                       | 9        |
| <i>Гинкель А. А., Воронов Г. В., Проданов С. А.</i><br>Анализ аэродинамических потоков в рабочем пространстве печи Ванюкова.....                                                                   | 13       |
| <i>Глухов И. В., Воронов Г. В., Гольцев В. А., Плесакин И. В.</i><br>Тепловое состояние ДСП-120 при загрузке и нагреве слоя шихты .....                                                            | 17       |
| <i>Голдобин Ю. М., Поротников Н. С.</i><br>Об испарении полидисперсной системы капель жидкого топлива в инертной среде .....                                                                       | 22       |
| <i>Горшкова О. С., Матюхин В. И.</i><br>Разработка технологии производства брикетированной обезмасленной окалины .....                                                                             | 25       |
| <i>Гребнева Н. В., Черемискина Н. А., Лошкарев Н. Б., Лавров В. В.</i><br>Модернизация кольцевой нагревательной печи ТПЦ № 2 ОАО «ЧТПЗ».....                                                       | 29       |
| <i>Девятых Е. А., Девятых Т. О., Швыдкий В. С.</i><br>Извлечение драгоценных металлов их катализаторов в плазменных печах<br>периодического действия .....                                         | 32       |
| <i>Домрачев А. С., Казяев М. Д.</i><br>Тепловая работа камерной вертикальной печи для термообработки опорных валков<br>прокатных станов .....                                                      | 35       |
| <i>Дудко В. А., Матюхин В. И., Матюхина А. В., Журавлев С. Я., Зельманчук К. А.</i><br>Совершенствование перемещения слоя кусковых материалов в металлическом<br>вертикальном бункере .....        | 39       |
| <i>Замятина И. А., Киселев Е. В.</i><br>Совершенствование конструкции камерной электрической печи сопротивления.....                                                                               | 42       |
| <i>Запольская Е. М., Феоктистов А. В., Темлянцев М. В.</i><br>К вопросу о разработке универсального показателя тепловой эффективности стендов<br>разогрева футеровок металлургических ковшей ..... | 45       |
| <i>Иванова М. В., Казяев М. Д.</i><br>Тепловая работа и конструкция печи с шагающим подом для нагрева медных слэбов.....                                                                           | 48       |
| <i>Каграманов Ю. А., Тупоногов В. Г., Осипов П. В., Курбанов Т. С., Емельянова А. А.</i><br>Исследование кинетических характеристик горячей сероочистки синтез-газа<br>в плотном слое .....        | 51       |
| <i>Камнева Д. А., Лошкарев Н. Б.</i><br>Расчет процессов движения газа и теплообмена внутри шаровых емкостей<br>для хранения нефтепродуктов .....                                                  | 54       |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Колесников А. П., Лошкарев А. Н.</i><br>Влияние формы канала горелочного камня на угол раскрытия факела<br>горелки ГПС-0,4 .....                                                                                                                          | 57  |
| <i>Кузнецов С. Н., Рыбенко И. А., Протопопов Е. В., Темлянец М. В., Неунывахина Д. Т.</i><br>Исследование с применением математического моделирования процессов<br>восстановления железа в условиях термохимического окускования<br>конвертерных шламов..... | 59  |
| <i>Кузнецова О. В., Коноз К. С., Темлянец М. В., Темлянец Н. В.</i><br>Исследование влияния неравномерности нагрева заготовок в методических печах<br>с механизированным подом на угар металла .....                                                         | 62  |
| <i>Лошкарев Н. Б., Мухамадиева А. Х.</i><br>Теплообменный блок с плавким ядром для регенеративной горелки .....                                                                                                                                              | 66  |
| <i>Марчкова Ю. А., Микула В. А.</i><br>Разработка системы охлаждения синтез-газа для ПГУ-ВГЦ.....                                                                                                                                                            | 71  |
| <i>Мешков Е. И., Герасименко Н. П.</i><br>Установка для исследования и моделирования процессов теплообмена .....                                                                                                                                             | 74  |
| <i>Мунц В. А., Папченков А. И., Павлюк Е. Ю., Осминкина А. С.</i><br>Исследование переходных процессов в термосифонах.....                                                                                                                                   | 78  |
| <i>Муслимов Е. И., Кулешов О. Ю.</i><br>Метод расчета характеристик диффузионных и смешанных газовых факелов<br>в промышленных печах на основе относительного моделирования .....                                                                            | 83  |
| <i>Никитин А. Д., Худякова Г. И., Рыжков А. Ф.</i><br>Методика расчета режима работы двухступенчатого поточного газогенератора.....                                                                                                                          | 87  |
| <i>Овчарников А. О., Абаимов Н. А., Рыжков А. Ф.</i><br>Моделирование гидродинамики процесса горения кокса каменного угля<br>в приборе термогравиметрического анализа .....                                                                                  | 91  |
| <i>Парышев И. С., Королев В. Н.</i><br>Исследование явления квазикапиллярности в неподвижном<br>продуваемом зернистом слое .....                                                                                                                             | 95  |
| <i>Плесакин И. В., Воронов Г. В., Глухов И. В.</i><br>Рекомендации по загрузке шихты и расположению топливосжигающих устройств<br>в дуговой сталеплавильной печи ДСП-120.....                                                                                | 98  |
| <i>Плешкова А. В., Воронов Г. В.</i><br>Исследование тепловой работы современной вельц-печи.....                                                                                                                                                             | 102 |
| <i>Прибытков И. А., Терехова А. Ю.</i><br>Исследование импульсного охлаждения массивных<br>в тепловом отношении заготовок .....                                                                                                                              | 105 |
| <i>Проданов С. А., Воронов Г. В.</i><br>Исследование тепловой работы фурм КВС .....                                                                                                                                                                          | 110 |
| <i>Ральников П. А., Абаимов Н. А., Рыжков А. Ф.</i><br>Численное исследование процесса газификации в пилотном кислородном<br>поточном газификаторе .....                                                                                                     | 113 |
| <i>Сеченов П. А., Цымбал В. П., Оленников А. А.</i><br>Имитационная модель гравитационного сепаратора и разделение компонентов<br>пылевидных материалов.....                                                                                                 | 117 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Смирнов А. И., Богатова Т. Ф.</i><br>Реализация потенциала вторичных энергетических ресурсов<br>металлургических предприятий в схемах с газовыми утилизирующими турбинами.....                                                                                    | 121        |
| <i>Солнцева Е. Д., Лошкарёв А. Н.</i><br>Компьютерное моделирование процесса горения газообразного топлива<br>в горелке ГРС-150 .....                                                                                                                                | 124        |
| <i>Толмачев В. О., Матюхин О. В., Матюхин В. И.</i><br>Технология производства минераловатных изделий из горячих шлаков.....                                                                                                                                         | 129        |
| <i>Томилов Н. А., Гольцев В. А.</i><br>Реконструкция газовой тигельной печи для плавки цветных металлов .....                                                                                                                                                        | 132        |
| <i>Торопов Е. В., Осинцев К. В., Хасанова А. В.</i><br>Адаптация основных характеристик теплообмена для топок тепловых агрегатов .....                                                                                                                               | 135        |
| <i>Торопова А. Л., Лымбина Л. Е.</i><br>Работа ограждений тепловых агрегатов в динамическом режиме.....                                                                                                                                                              | 139        |
| <i>Хасанов Р. Р., Данилова Д. А., Худякова Г. И.</i><br>Особенности конверсии коксового остатка твердых топлив.....                                                                                                                                                  | 142        |
| <i>Худяков Д. С., Филиппов П. С., Гордеев С. И., Левин Е. И.</i><br>Анализ влияния узла удаления CO <sub>2</sub> на экономические показатели<br>перспективной ПГУ-ВЦГ .....                                                                                          | 146        |
| <i>Чапурина А. А., Киселев Е. В.</i><br>Техническое перевооружение кольцевой печи .....                                                                                                                                                                              | 149        |
| <i>Черемискина Н. А., Гребнева Н. В., Лошкарёв Н. Б., Лавров В. В.</i><br>Конструкция термической печи нагревательного типа.....                                                                                                                                     | 153        |
| <i>Чернов А. А., Лошкарёв Н. Б., Дружинин Г. М.</i><br>Способы уменьшения угара в стали при нагреве в промышленных печах.....                                                                                                                                        | 155        |
| <i>Швыдкий Е. Л., Болотин К. Е., Смольянов И. А., Тарасов Ф. Е., Бычков С. А.</i><br>Численное моделирование электромагнитного перемешивания жидкого алюминия<br>в цилиндрическом сосуде .....                                                                       | 159        |
| <i>Шмакова Л. А., Гильметдинова Ю. Р., Семенов Н. А., Микула В. А.</i><br>Влияние диаметра теплообменного элемента на удельные затраты поверхностей нагрева<br>и длину трубного элемента высокотемпературного воздухоподогревателя<br>компримированного воздуха..... | 162        |
| <i>Южаков И. В., Левин Е. И.</i><br>Выбор модели горения промышленных и синтез-газов в камере сгорания ГТУ .....                                                                                                                                                     | 164        |
| <i>Юрпольский А. С., Зайнуллин Л. А.</i><br>Аппарат для сушки угольного концентрата твердым теплоносителем .....                                                                                                                                                     | 168        |
| <i>Юрьев Б. П., Гольцев В. А., Дудко В. А., Фурсов В. И.</i><br>Исследование влияния физико-химических процессов при обжиге сидеритовой руды<br>на тепловые показатели и расход топлива.....                                                                         | 172        |
| <i>Ярошенко Ю. Г., Липунов Ю. И., Смаханов А. Б.</i><br>Экспериментальное исследование процесса водо-воздушного охлаждения<br>стальных колец .....                                                                                                                   | 176        |
| <b>Секция 2. Системы автоматизации и информатизации в образовании,<br/>науке и производстве.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>181</b> |

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Аксютичева Н. С., Гольцев В. А.</i><br>Применение датчика обнаружения монооксида углерода MQ-9<br>для системы мониторинга рабочей зоны металлургических производств.....                                       | 181 |
| <i>Алексеев Г. С., Лавров В. В., Гурин И. А.</i><br>Использование методологии Agile в командной разработке проекта «Экология»<br>с применением системы контроля версий Git .....                                  | 184 |
| <i>Бурькин А. А., Конюков Е. Н.</i><br>Разработка программного обеспечения для расчета трехзонной методической печи .....                                                                                         | 187 |
| <i>Бякова М. А., Гурин И. А., Лавров В. В., Спириг Н. А.</i><br>Создание математической библиотеки в пакете MATLAB для расчета<br>оптимального распределения природного газа в группе доменных печей .....        | 191 |
| <i>Грачев А. В., Киселева Т. В.</i><br>Моделирование процесса управления распределенной сетевой структурой<br>с помощью выделения узлов-посредников.....                                                          | 194 |
| <i>Гурин И. А., Спириг Н. А., Лавров В. В., Декун Н. И.</i><br>Методы работы с документами Microsoft Word при разработке веб-сервисов .....                                                                       | 199 |
| <i>Дианов С. А., Лисиенко В. Г.</i><br>Поиск выбросов в многомерном массиве данных .....                                                                                                                          | 203 |
| <i>Ершов М. И., Мунц В. А., Денисов М. А.</i><br>Моделирование работы струйного компрессора в ANSYS Fluent<br>с контролем адекватности расчетов .....                                                             | 206 |
| <i>Илларионов Н. К., Щипанов К. А.</i><br>Разработка программного обеспечения для управления проектами.....                                                                                                       | 210 |
| <i>Каюров В. А., Носков В. Ю., Усатов П. А.</i><br>Разработка аппаратно-технического обеспечения прототипа информационного<br>терминала остановочного комплекса .....                                             | 212 |
| <i>Липунов Ю. И., Эйсмонт К. Ю., Кузнецова В. С., Киселев Е. В., Некрасова Е. В.</i><br>Разработка АСУ ТП термообработки труб в устройстве<br>контролируемого охлаждения.....                                     | 216 |
| <i>Луговик А. И., Переплетчиков В. И., Радченко М. О., Лавров В. В., Лошкарев А. Н.</i><br>Разработка программного обеспечения для эмуляции лабораторной работы<br>«Испытание пластинчатого теплообменника» ..... | 220 |
| <i>Мартусевич Е. А., Буинцев В. Н.</i><br>Тренажер «Алюминщик» для обучения технологического персонала<br>литейного отделения алюминиевого завода .....                                                           | 224 |
| <i>Мухтасаров Р. Т., Носков В. Ю.</i><br>Разработка программного обеспечения прототипа информационного<br>терминала остановочного комплекса .....                                                                 | 229 |
| <i>Носков В. Ю., Макуха Д. А.</i><br>Разработка программного обеспечения для беспроводной системы связи.....                                                                                                      | 232 |
| <i>Попова Ю. А., Куделин С. П.</i><br>Разработка информационной системы учета средств компьютеризации предприятия.....                                                                                            | 237 |
| <i>Потапов М. В., Гольцев В. А.</i><br>Разработка лабораторного комплекса на базе микропроцессорной техники<br>фирмы Siemens .....                                                                                | 241 |

|                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Раецкий А. Д., Шлянин С. А., Ермакова Л. А.</i><br>Разработка отчета к системе MOODLE для организации контроля работы<br>участников образовательного процесса .....                             | 245 |
| <i>Рыбенко И. А.</i><br>Инструментальная система моделирования и оптимизации<br>металлургических процессов .....                                                                                   | 248 |
| <i>Сахаров А. Ю., Лавров В. В., Гурин И. А.</i><br>Разработка приложения для расчёта количества оксидов азота,<br>образующихся в рабочем пространстве пламенных печей .....                        | 252 |
| <i>Соколова Т. Б., Рябина В. В., Завьялова Е. В.</i><br>Разработка базы нормативных документов по профильным дисциплинам<br>с помощью программы eBook Maestro .....                                | 254 |
| <i>Трофимов В. Б., Пащенко Н. А.</i><br>О построении контрольных карт по содержанию кремния в доменном чугуна .....                                                                                | 258 |
| <i>Трофимов П. Ю., Носков В. Ю.</i><br>Прогнозирование временных рядов методом ARIMA .....                                                                                                         | 260 |
| <i>Цыганкова О. Е., Бондин А. Р.</i><br>Разработка автоматизированного рабочего места менеджера по работе<br>с крупными клиентами компании ПАО «Ростелеком» .....                                  | 263 |
| <i>Черных В. Н., Илюхин П. А., Шагабутдинов Т. Ф., Денисов М. А.</i><br>Сравнительное моделирование и тестирование адекватности расчетов рекуператора<br>в пакетах инженерного моделирования ..... | 266 |
| <i>Швыдкий В. С., Фатхутдинов А. Р., Спирин Н. А., Шихов С. Е.</i><br>Система автоматического управления тепловой работой шахтной печи .....                                                       | 270 |
| <i>Шешин А. Н., Лошкарев Н. Б.,</i><br>Создание информационного обеспечения системы автоматизации управления<br>термической печи №2 завода имени М.И. Калинина .....                               | 277 |
| <i>Шлянин С. А., Раецкий А. Д., Ермакова Л. А.</i><br>Разработка расширения системы Moodle для автоматического контроля<br>текстовых заимствований системой «РУКОНТЕКСТ» .....                     | 281 |
| <i>Штина А. И., Носков В. Ю.</i><br>Модуль расчета оптимального маршрута движения на общественном транспорте .....                                                                                 | 284 |
| <i>Яранцев А. Н.</i><br>Разработка программного обеспечения лабораторной установки<br>по изучению бесконтактного измерения температуры .....                                                       | 289 |
| Список авторов .....                                                                                                                                                                               | 292 |

*Научное издание*

**ТЕПЛОТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА  
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Сборник докладов VI Всероссийской научно-практической  
конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017)  
с международным участием*

Техническое редактирование и компьютерная верстка  
*М. А. Бяковой, В. В. Лаврова*

*Доклады представлены в авторской редакции.*

Подписано в печать . Формат 70x100 1/16.  
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 24,35..  
Уч.-изд. л. 25,81. Тираж 130 экз. Заказ .