

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Сибирский государственный индустриальный университет**

*Посвящается 400-летию города Новокузнецка*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:  
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**  
*«Металлургия – 2017»*

**15 – 16 ноября 2017 г.**

*Труды*  
*XX Международной научно-практической конференции*  
*Часть 2*

**Новокузнецк**  
**2017**

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. Темлянцев, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,  
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,  
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,  
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540      Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной  
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова;  
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 474 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.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

#### **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»  
ОАО «Кузбасский технопарк»  
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук  
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2017

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР И СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

Сеченов П.А., Цымбал В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк, Россия, pavesa89@mail.ru*

**Аннотация:** Рассмотрены принципы моделирования физико-химических процессов в колонном струйно-эмульсионном реакторе в виде диссипативных структур, позволяющие существенно упростить моделирование. Показано обоснование выбора методов Монте-Карло, сглаженных частиц Лагранжа при моделировании двухфазных потоков и их отличительные особенности от классических уравнений математической физики.

**Ключевые слова:** металлургия, диссипативные структуры, системная динамика, имитационная модель.

## MODELING OF COMPLEX METALLURGICAL SYSTEMS USING DISSIPATIVE STRUCTURES AND SYSTEMIC DYNAMICS

Sechenov P.A., Tsymbal V.P.

*Siberian State Industrial University,  
Novokuznetsk, Russia, pavesa89@mail.ru*

**Annotation:** The principles of modeling physico-chemical processes in a column jet-emulsion reactor in the form of dissipative structures are considered, which make it possible to simplify considerably the modeling. The substantiation of the choice of Monte Carlo methods, smoothed Lagrange particles in the simulation of two-phase flows and their distinctive features from the classical equations of mathematical physics is shown.

**Keywords:** metallurgy, dissipative structures, system dynamics, simulation model.

### Объект исследования

Объектом исследования является газодинамические и физико-химические процессы комплекса диссипативных структур в колонном струйно-эмульсионном реакторе.

Создание непрерывного сталеплавильного процесса было давней мечтой металлургов. А.М. Бигеев [1] и ряд других исследователей важным и необходимым преимуществом такого процесса, наряду с отсутствием промежуточных потерь энергии и сырья, считали наличие отдельных камер (зон) для реализации необходимых технологических операций. Однако, в связи с протеканием процесса близкого к состоянию равновесия (а, следовательно, низкими скоростями химических реакций) эти камеры получились достаточно громоздкими, а агрегат в целом капиталоемким.

Благодаря переходу в область газозвеси и эмульсии в струйно-эмульсионном реакторе удалось создать определенные зоны (в отличие от рассмотренных выше физических камер) в виде динамических диссипативных структур, которые существуют только на момент протекания процесса в определенном режиме [2].

Зонная модель струйно-эмульсионного реактора, включает следующие зоны (рисунок 1):

- 1 – ядро уплотнения;
- 2 – реактор-осциллятор;
- 3 – соединительный канал;
- 4 – динамическая подушка;
- 5 – относительно плотная газошлаковая эмульсия;
- 6 – диссипативный гравитационный сепаратор;
- 7 – пристенный слой с отрицательной (обратной) скоростью;
- 8 – слой жидкого металла.

Наиболее отклоненной от равновесия является зона 6 – диссипативный гравитационный сепаратор. Рассмотрим данную зону более подробно.

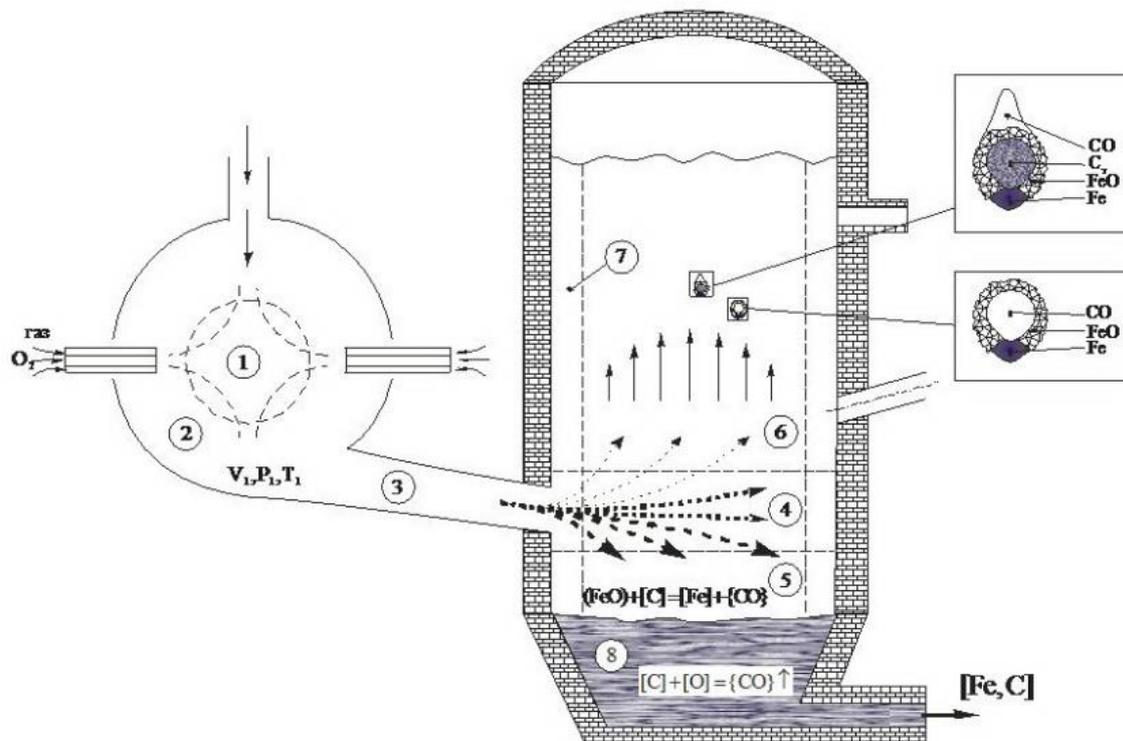


Рисунок 1 – Зонная модель струйно-эмульсионного реактора

Диссипативный гравитационный сепаратор (зона 6) это взвешенный над зоной 4 достаточно высокий слой пенистой газо-шлако-металлической эмульсии. Эта зона занимает подавляющую часть колонного реактора. Из-за влияния гравитационной составляющей и скорости движения эмульсии в поперечном сечении колонного реактора в нем имеет место сепарация частиц в зависимости от их плотности, крупности и столкновений с другими частицами. При этом частицы восстановленного железа, имеющие плотность в два-три раза большую, чем частицы оксидов железа, «скатываются» на периферию потока и образуют пристенный слой (зона 7). Это явление наблюдалось нами на физической модели.

Одним из способов сворачивания информации при создании математических моделей является выделение диссипативных структур, речь о которых будет идти ниже.

#### Выделение диссипативных структур

Выделение диссипативных структур позволяет резко уменьшить размерность задачи, т.к. на следующем более высоком уровне в этом случае используется информация только о входных и выходных параметрах этой структуры (сложные взаимодействия замыкаются внутри неё).

Диссипативная структура – это структура, которая существует, «живет» только в условиях интенсивного обмена веществом или энергией с окружающей средой.

Для стационарного случая описывается соотношением вида:

$$q_i = \alpha_i \Delta C_i$$

где:  $q_i$  – потоки;

$\Delta C_i$  – силы (разность концентраций или температур);

$\alpha_i$  – параметры, учитывающие внутренние свойства среды.

Основные свойства диссипативных структур:

- пространственная или временная упорядоченность;
- минимум диссипации;
- текущее равновесие;
- устойчивость к малым возмущениям.

Пространство колонного струйно-эмульсионного реактора делится на три диссипативных структуры, взаимодействующие между собой: гравитационный сепаратор, шлак, металл (рисунок 2).

При этом для моделирования гравитационного сепаратора, как будет сказано ниже, используется метод взаимодействующих частиц, являющийся одним из возможных вариантов реализации подходов системной динамики. В связи с этим выделены следующие объекты (классы), отображающие физико-химические явления в гравитационном сепараторе: конденсированные частицы (частицы

руды, металла и шлака) и частицы газа. Плотный слой шлака и металла в копильнике на уровне диссипативных структур.

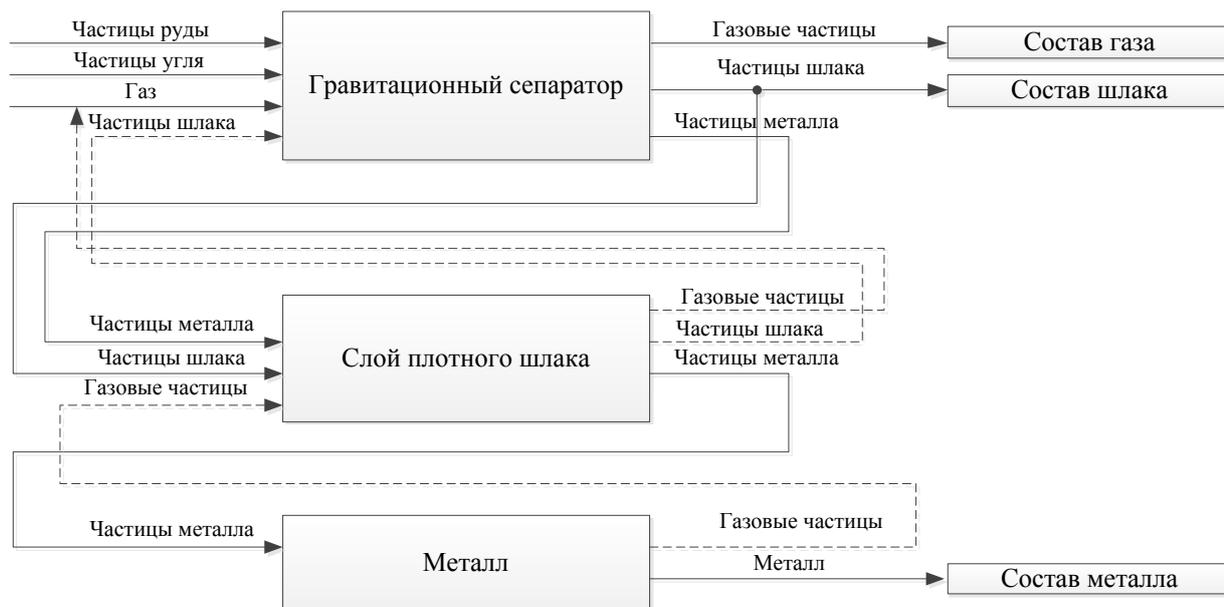


Рисунок 2 – Вход-выходные параметры объектов моделирования колонного реактора

Как видно из рисунка 2 входными и выходными объектам для каждой из выделенных структур являются частицы. При этом в гравитационном сепараторе происходит витание, столкновение, плавление и образование новых частиц. Газовые частицы, образованные в гравитационном сепараторе вместе с исходным составом газа вылетают в газоотвод. А состав газа в нём, на данный момент времени, определяется составом вылетевших газовых частиц. В результате плавления железных частиц руды в гравитационном сепараторе образуются частицы шлака, которые могут вылететь в шлакоприёмник или попасть в плотный слой шлака. Состав плотного слоя шлака формируется из шлаковых частиц, попавших в него, а состав металла – из металлических частиц.

В диссипативных структурах, таких как плотный шлак и металл в копильнике, происходящие внутри процессы не рассматриваются на уровне частиц. Описываются лишь процессы, происходящие на границе шлак-металл (диффузионный переход), в результате чего образуются частицы газа, металла и шлака. Состав металла зависит от состава металлических частиц, попавших в копильник и скорости обезуглероживания на границе шлак-металл.

Таким образом, получается система объектов, взаимосвязанных между собой. При этом наиболее отклоненному от равновесия объекту – гравитационному сепаратору уделено особое внимание. Он рассматривается и моделируется на основе частиц. Это позволяет изучить все требуемые характеристики по изменению в пространстве и времени состава гетерогенного двухфазного потока, а в конечном счете и состав основного выходного продукта – металла, в зависимости то конструктивных и режимных параметров.

По виду течения «жидкости» гравитационный сепаратор относится к гетерогенному турбулентному потоку (газо-шлако-металлическая эмульсия с числом Рейнольдса  $\sim 180000$ ). Как показала О.А. Ладьженская [3], даже для гомогенного турбулентного движения единственного решения уравнения Навье-Стокса для общего вида начальных и граничных условий не существует, а, следовательно, замкнутое аналитическое решение такой задачи вряд ли возможно. В связи с этим, в имитационной модели гравитационного сепаратора решаются две основные задачи:

- задача обтекания конкретной частицы потоком на достаточно коротком интервале длины, зависящем от уровня турбулентности;
- статистическое моделирование характера взаимодействия частиц методом Монте-Карло.

#### **Подходы к моделированию и выбор численных методов**

Как отмечено выше, задача физического и химического взаимодействия дисперсных частиц шихты и продуктов реакций, витающих в потоке несущего высокотемпературного газа, не имеет аналитического решения. Одним из возможных путей её решения является имитационное моделирование с использованием подхода аналогичного методу «первых принципов» в сочетании со стохастическим моделированием. Ниже будут рассмотрены численные методы, применяемые для моделирования двухфазных потоков.

Существует два принципиально различных подхода к выбору численных методов моделирования течений [4]: метод сглаженных частиц SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) и методы на адаптивных сетках AMR (Adaptive Mesh Refinement).

Метод сглаженных частиц является эффективным бессеточным лагранжевым методом, применяемым для расчетов структуры течений с неизвестной свободной границей, в частности высокоскоростных процессов в средах с существенно изменяющейся топологией моделируемых объектов [5].

В рассматриваемом методе в моделируемое физическое пространство помещается  $N$  частиц сферической формы, каждая из которых обладает массой, внутренней энергией, скоростью и движется в соответствии с законами механики [6]. Гидродинамические величины, такие как плотность и давление, определяются как результат вклада частиц в некоторой области [5].

В связи с тем, что задача описания физико-химических процессов не имеет аналитического решения, метод на адаптивных сетках, использующий в основе своего решения дифференциальные уравнения, не может быть применён.

*Преимуществом* метода SPH по сравнению с сеточными методами AMR является высокое разрешение при постоянном числе частиц, в то время как для сеточных методов требуется увеличение количества рассчитываемых точек в пространстве с целью уточнения результатов (например, при неоднородной плотности потока).

*Недостатком* метода SPH является необходимость нахождения эффективного метода поиска соседей в пространстве, речь о котором будет идти далее.

Для решения задачи имитационного моделирования был выбран метод, похожий на метод сглаженных частиц Лагранжа. Однако в разрабатываемой задаче учитываются столкновения между частицами, разыгрываются механизмы взаимодействия между частицами, шлаком, металлом, а также расправление частиц. Для моделирования механизмов взаимодействия между частицами, генерации радиуса и состава частиц был применен метод Монте-Карло.

### **Сравнение алгоритмов поиска соседей**

Как показали результаты экспериментов на имитационной модели гравитационного сепаратора полный перебор поиска соседей, для определения столкновений и расчета сил между частицами является не тривиальной задачей сложности  $O(N^2)$  [7, 8]. Т.к. большинство частиц находятся на значительном удалении друг от друга, а лишь небольшое количество других частиц находится рядом с ней, то производить расчет сил с другими частицами нет необходимости. Чтобы отсеять эти частицы, пространство делится на ячейки, при этом размеры ячейки не должны быть меньше, чем возможное перемещение частицы по направлению в промежутке времени между расчетами поиска соседей (в данном случае это расстояние, которое может пролететь частица за одну тридцатую секунды). Каждая такая ячейка содержит объекты, находящиеся в ней. Таким образом, для каждой частицы сужается круг поиска соседей.

Алгоритм поиска соседей на каждой итерации:

1. Определить положение частиц с учётом сил, действующих на одну частицу;
2. Для каждой частицы найти номер ячейки, в которой она размещается;
3. Для каждой частицы определить пересечение с частицами, находящимися в текущей ячейке и соседних ячейках и, если они пересеклись, определить новое положение и вектора скоростей частиц.

Сложность такого алгоритма будет составлять  $O(2 \cdot N \cdot k)$ , где  $N$  – количество частиц,  $k$  – количество соседних частиц в ячейках.

Тестирование данного алгоритма было произведено для задачи на плоскости, где частицы в режиме реального времени совершали броуновское движение. При этом при полном переборе в режиме реального времени удалось отобразить 200 частиц, а в улучшенном алгоритме 1000 при сетке 5 на 8, дальнейшее увеличение количества ячеек в сетке не дало повышения производительности. В задаче гравитационной сепарации, производительность увеличилась с 150 до 600, это связано с тем, что для каждой частицы решается более сложная задача, а также необходимо учитывать распределение скоростей и плотностей по высоте колонного реактора.

### **Интерфейс программы**

Для большей наглядности и понимания происходящего процесса имитационная модель отображает витание и взаимодействие дисперсных частиц в колонном реакторе в режиме реального времени. В качестве языка программирования выбран объектно-ориентированный язык ActionScript 3.0, позволяющий создавать интерактивные мультимедиа-приложения; имеющий: возможность отображать большое число объектов на сцене, встроенные функции добавления (удаления) из массива объектов; функции проецирования 3D объекта на плоскость и др.

Интерфейс программы (рисунок 3) включает:

- 1 – поля ввода данных;

- 2 – поля отображения данных;
- 3 – график распределения массовых компонентов частиц по высоте реактор;
- 4 – визуализацию процессов в колонном струйно-эмульсионном реактор;
- 5 – графики основных изучаемых характеристик двухфазного потока.

В программе отображаются результаты движения и взаимодействия частиц, выводится информация: об общем количестве частиц в реакторе, количестве частиц железной руды, углерода, шлака, железа, CO, CO<sub>2</sub>; средние массы за минуту железной руды, шлака и железа; графики массового содержания соответствующих частиц. Также предусмотрена возможность изменения количества подаваемых частиц железной руды и углерода.

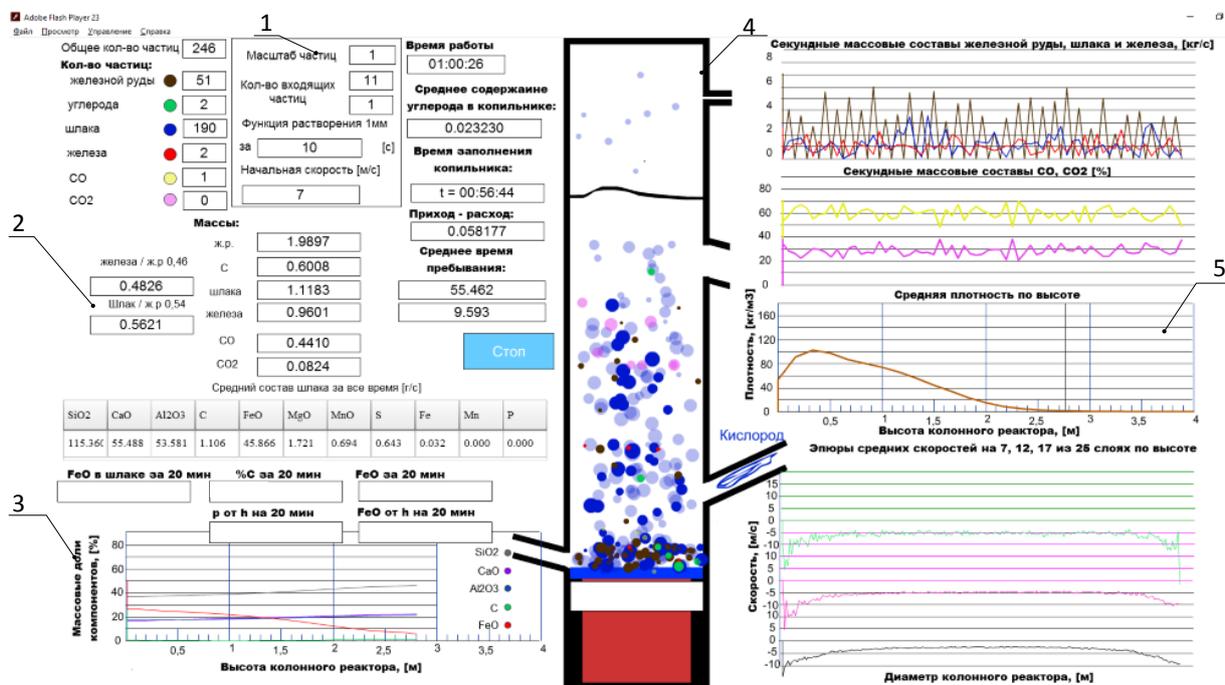


Рисунок 3 – Интерфейс имитационной модели гравитационного сепаратора

Тестирование показало работоспособность данного алгоритма и удовлетворительное совпадение конечных результатов имитационного моделирования с законом сохранения вещества (подробнее см. в [9]).

### Заключение

В статье показано, что выделение диссипативных структур позволяет уменьшать количество связей в модели объекта. Выделены основные подобъекты моделирования и показаны их входные и выходные параметры. Обоснован выбор численных методов для моделирования гетерогенных процессов в колонном реакторе. Произведено сравнение алгоритмов поиска соседей методом частиц и увеличено количество отображаемых частиц в 4 раза. В качестве средства моделирования выбран язык объектно-ориентированного программирования ActionScript 3.0, а также представлен интерфейс разработанной имитационной модели.

### Библиографический список

1. Бигеев А.М. Непрерывные сталеплавильные процессы / А.М. Бигеев. – М.: Metallurgy, 1986. – 136 с.
2. Цымбал В.П. Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор / В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, И.А. Рыбенко, Р.С. Айзатулов, В.В. Соколов, А.Г. Падалко, В.И. Кожемяченко, С.Ю. Красноперов, К.М. Шакиров, С.Н. Калашников, Л.А. Ермакова, А.А. Оленников, А.М. Огнев, С.В. Щепанов, А.А. Рыбушкин, Е. В. Суздальцев // Под ред. В.П. Цымбала. – М: Metallurgizdat, 2014. – 488 с., ил.
3. Бакай А.С. Многоликая турбулентность / А.С. Бакай, Ю.С. Сигов. – М: Знание, 1980. – 48 с.
4. Лазарева, Г.Г. Современные численные методы гравитационной газовой динамики / Г.Г. Лазарева // Вестн. НГУ. Сер. матем., мех., информ. – 2010. – Т. 10, № 1. – С. 40-64.
5. Афанасьев К.Е. Численное моделирование течений жидкости со свободными границами современными численными методами / К. Е. Афанасьев // Тр. научн. Шк. «Информационные и вычислительные технологии в численных расчетах и управлении вузом». – Кемерово: ИНТ, 2010. – С. 245-257.

6. Давыдов М.Н. Метод сглаженных частиц в задачах моделирования кавитационного разрушения жидкости при ударно-волновом нагружении / М.Н. Давыдов, В.К. Кедринский // Прикладная механика и техническая физика.– Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН – 2013.– Т. 54. № 6.– С. 17-26.

7. Афанасьев К.Е. Алгоритм поиска ближайших соседей в методе сглаженных частиц и его параллельная реализация / К.Е. Афанасьев, Р.С. Макаrchук, А.Ю. Попов // Вычислительные технологии. – 2008. –Т. 13.– № 5. – С. 9-13.

8. Гусев Д.И. Алгоритм поиска ближайших соседей / Д. И. Гусев // Программные продукты и системы. – 2012. – №3. – С. 231-234.

7. Сеченов П.А. Имитационная модель разделения составляющих пыли марганцевого производства / П.А. Сеченов, В.П. Цымбал, А. А. Оленников // Кибернетика и программирование. – 2016. – №2. – С. 34-41.

УДК 669.168

## ГАЗОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХРОМОРУДНОГО СЫРЬЯ

**Заякин О.В., Жучков В.И.**

**ИМЕТ УрО РАН**

**г. Екатеринбург, Россия, [zferro@mail.ru](mailto:zferro@mail.ru)**

**Аннотация:** Экспериментально изучено газофазное восстановление железа и частично хрома из хроморудного сырья. Показано, что: в зависимости от времени выдержки образцов при расходе CO 75 м<sup>3</sup>/час и температуре 1200 °С основные восстановительные процессы протекают в первые 20 минут выдержки; при увеличении температуры от 1000 до 1400 °С, расходе CO 75 м<sup>3</sup>/час и выдержке 20 минут восстановимость Fe и Cr из образцов руды Кемпирсайского массива возрастает от 13 до 37 %.

**Ключевые слова:** металлургия, ферросплавы, хром, газофазное восстановление, хромовая руда.

## GASEOUS-PHASE REDUCTION OF CHROMIUM ORE ELEMENTS

**Zayakin O.V., Zhuchkov V.I.**

**Institute of Metallurgy of Ural Division of Russian Academy of Science**

**Ekaterinburg, Russia, [zferro@mail.ru](mailto:zferro@mail.ru)**

**Annotation:** Gaseous-phase reduction of iron and partially chromium from chromium ore was experimentally studied. It's shown that depending on soaking time of samples, and CO rate of 75 m<sup>3</sup>/hour at a temperature of 1200 C, basic reduction processes take place in first. with increasing from 1000 to 1400 °C, and CO rate of 75 m<sup>3</sup>/hour and soaking time of 20 minutes, reductibility of Fe and Cr from Kempirsay mass ore samples increase from 13 % to 37 %.

**Key words:** metallurgy, ferroalloys, chrome, gas-phase reduction, chromium ore.

Газофазное восстановление элементов хроморудного сырья можно рассматривать как один из методов предварительного восстановления компонентов – металлизации шихтовых материалов. Вопросы получения и использования металлизированных хромовых материалов (окатышей, брикетов) рассмотрены в ряде работ [1-4]. Промышленные исследования по подготовке хромовых руд проведены фирмой «Outokumpu» в Финляндии. По данным работ Daavittila J. (Outotec Oyj, Finland) было выполнено селективное восстановление железа (более 80 %) и хрома (10 %), однако отмечены технологические трудности в осуществлении данного процесса для хромовых руд месторождения Кеми, которые содержат большое количество силикатов с низкой температурой плавления. Тем не менее, известно, что предварительное восстановление и подогрев хроморудных материалов позволяют сэкономить 10-20 % электроэнергии и существенно увеличить производительность рудовосстановительных электропечей.

В данной работе при изучении предварительного восстановления железа и частично хрома из хроморудного сырья в качестве газообразного восстановителя использовали CO. Согласно реакции:

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....</b>	<b>4</b>
КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ: СОСТОЯНИЕ, ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОГНОЗЫ .....	4
<b>Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Фейлер С.В., Ганзер Л.А., Калиногорский А.Н.</b> ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ.....	9
<b>Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Фейлер С.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ МАРГАНЦА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО .....	14
<b>Рожихина И.Д., Нохрина О.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ЧУГУНА И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ШИХТЕ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ .....	18
<b>Уманский А.А., Думова Л.В.</b> СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ СЫРЬЯ (АПС).....	23
<b>Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Кузаков А.А. Пьянкин А.П., Тимкина Е.В., Пинаев А.А.</b> О ГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ .....	29
<b>Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В СИСТЕМЕ $V_2O_5 - C - Si$ .....	35
<b>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ .....	39
<b>Уманский А.А., Думова Л.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА АГРЕГАТЕ «КОВШ-ПЕЧЬ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ .....	44
<b>Уманский А.А., Козырев Н.А., Бойков Д.В., Думова Л.В.</b> ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ .....	48
<b>Дмитриенко В.И., Протопопов Е.В., Дмитриенко А.В., Носов Ю.Н.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ.....	51
<b>Синельников В.О., Калиш Д., Шуцки М.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НА УКП ОСНОВНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ КОВШЕВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ .....	56
<b>Бабенко А.А., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Сычев А.В., Сельменских Н.И., Уполовникова А.Г.</b> НЕРАВНОВЕСНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА В СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОМ АГРЕГАТЕ .....	61
<b>Цымбал В.П., Сеченов П.А., Рыбенко И.А., Оленников А.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОТЫ ВАННЫ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ .....	67
<b>Кравцов К.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «АЛЮМИНЦИК».....	71
<b>Мартусевич Е.А., Буинцев В.Н.</b> ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ИНЖИНИРИНГ МЕТАЛЛУРГИЯ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШИРОКОГО КРУГА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ .....	75
<b>Рыбенко И.А.</b> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ.....	82
<b>Гусев А.А., Царуш К. А., Лицин К.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР И СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ .....	85
<b>Сеченов П.А., Цымбал В.П.</b>	

ГАЗОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХРОМУРУДНОГО СЫРЬЯ.....	90
<b>Заякин О.В., Жучков В.И.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА .....	92
<b>Гилева Л.Ю., Мясоедов С.В., Загайнов С.А., Титов В.Н.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НОВОГО НЕПРЕРЫВНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЭР .....	97
<b>Рыбенко И.А., Цымбал В.П.</b> ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА АРГОНОМ .....	101
<b>Лубяной Д.А., Толстикова Ю.А., Черепанов А.Г.</b> МЕТОД И ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И СОЗДАНИИ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	107
<b>Рыбенко И.А.</b> ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В ХОДЕ КАМЕРНОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ СТАЛИ .....	113
<b>Сафонов В.М., Еланский Д.Г., Кислица В.В., Мурысев В.А., Мороз Д.В.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОСИЛИЦИДОВЫХ ПЕЧЕЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ .....	116
<b>Кашлев И.М.</b>	

**СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО,  
ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА .....** 124

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ.....	124
<b>Громов В.Е., Белов Е.Г., Коновалов С.В., Комиссарова И.А., Иванов Ю.Ф.</b> КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ БОРА И АЗОТА НА ОБРАТИМУЮ ОТПУСКНУЮ ХРУПКОСТЬ.....	128
<b>Мазничевский А.Н., Сприкут Р.В., Заславский А.Я., Гойхенберг Ю.Н.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛИБРОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6082 .....	134
<b>Сидельников С.Б., Берсенева А.С., Загиров Н.Н., Беспалов В.Н.</b> РЕЖИМ СТАРЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА ТИПА АК21 .....	140
<b>Прудников А.Н., Прудников В.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В ЗОНЕ КОНТАКТА НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ .....	144
<b>Анфилофьев В. В., Шелепова С. Ю., Туякбаев Б. Т., Джес А.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДНОКАТАНЫХ, ОТОЖЖЕННЫХ И СВАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ОПЫТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg, ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ СКАНДИЕМ .....	149
<b>Баранов В.Н., Сидельников С.Б., Фролов В.Ф., Зенкин Е.Ю., Орелкина Т.А., Константинов И.Л., Ворошилов Д.С., Якивьяк О.В., Белоконова И.Н.</b> КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛИ 110Г13Л ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ .....	154
<b>Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И.</b> РАЗРАБОТКА НОВОЙ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТЕЙНЕРА В УСТАНОВКЕ КОНФОРМ.....	159
<b>Горохов Ю.В., Губанов И.Ю., Иванов А.Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ В ШТАМPE С ПОДВИЖНОЙ МАТРИЦЕЙ .....	165
<b>Евстифеев В.В., Александров А.А., Евстифеев А.В., Ковальчук А.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ КАТАНКИ ИЗ СПЛАВА АВЕ С ПОМОЩЬЮ СОВМЕЩЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ .....	169
<b>Сидельников С.Б., Лопатина Е.С., Клейменова Ю.Ю., Самчук А.П., Терентьев А.А.</b>	

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА И ТЕРМООБРАБОТКИ.....	174
<b>Попова М.В., Малюх М.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СТАЛИ СТЗ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ .....	181
<b>Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И.</b> АКТИВНОСТЬ МАГНИЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ FE-MG-SI .....	187
<b>Власов В.Н., Агеев Ю.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В СТАЛИ 20ГЛ.....	191
<b>Каравайцева А.А., Квеглис Л.И., Павлов А.В.</b> РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЙСЯ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ РАСПЛАВА.....	196
<b>Рафальский И.В., Луцник П.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ГВС МЕТОДОМ ВОЛОЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВА БРБ2 .....	200
<b>Сидельников С.Б., Бер В.И., Вагнер А.В., Дударев В.М., Семиряков М.А.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ БОРОАЛИТИРОВАНИЯ НА ТОЛЩИНУ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 20 .....	206
<b>Мишигдоржийн У.Л., Улаханов Н.С., Сизов И.Г., Шурыгин Ю.Л., Хараев Ю.П.</b> РАЗРАБОТКА СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ В НЕПРЕРЫВНОЙ РЕВЕРСИВНОЙ ГРУППЕ КЛЕТЕЙ .....	211
<b>Сметанин С.В., Перетягко В.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ ДРЕССИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ .....	216
<b>Медведева Е.М., Голубчик Э.М., Гулин А.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ.....	221
<b>Васюхно А.Ю., Черномас В.В.</b> ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ .....	230
<b>Балановский А.Е., Гречнева М.В., Ву Ван Хун, Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И.</b>	

### **СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ**

ОКИСЛЕНИЕ НАНОДИБОРИДА ТИТАНА НА ВОЗДУХЕ .....	235
<b>Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮС-ДОБАВОК ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛИ .....	241
<b>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Кислов А.И., Свистунов А.Д.</b> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ $WO_3$ УГЛЕРОДОМ И КРЕМНИЕМ .....	245
<b>Крюков Р.Е., Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М.</b> АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА БАЗЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С КЕРАМИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ .....	249
<b>Калашников И.Е., Болотова Л.К., Кобелева Л.И., Колмаков А.Г., Катин И.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА КАРБИДА КРЕМНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ.....	254
<b>Квашина Т.С., Крутский Ю.Л., Чушенков В.И.</b> ВЛИЯНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ ДОБАВОК ТУГОПЛАВКИХ КАРБИДОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ .....	257
<b>Крутский Ю.Л., Веселов С.В., Тюрин А.Г., Черкасова Н.Ю., Кузьмин Р.И., Чушенков В.И., Воробьев Р.С., Квашина Т.С.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФАЗЫ $Ni_3Al$ ПРИ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВ $Ni$ И $Al$ .....	262
<b>Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М.</b>	

КЛАСТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА.....	267
<b>Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М.</b> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ.....	273
<b>Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Табатчиков А.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ AL-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ.....	277
<b>Осинцев К.А., Бахриева Л.Р., Бутакова К.А., Мусорина Е.В., Коновалов С.В., Загуляев Д.В., Громов В.Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ СТРУКТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0, СФОРМИРОВАННЫХ ПОСЛОЙНЫМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ НАПЛАВЛЕНИЕМ.....	283
<b>Батрагин А.В., Федоров В.В., Клименов В.А., Клопотов А.А., Абзаев Ю.А., Волокитин Г.Г., Курган К.А.</b> ЦИРКУЛЯЦИЯ ЙОДИДОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА ПРИ ДИФфуЗИОННОМ ХРОМИРОВАНИИ.....	288
<b>Христюк Н.А. Богданов С.П.</b> ПОЛУЧЕНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭПФ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	293
<b>Насакина Е.О., Байкин А.С., Коношкин С.В., Сергиенко К.В., Каплан М.А., Федюк И.М., Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Клименко С.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ WC-CO.....	295
<b>Чушенков В.И., Крутский Ю.Л., Квашина Т.С.</b> РАШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРУЮЩИХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КРЕМНИЯ.....	300
<b>Иванчик Н.Н., Балановский А.Е., Кондратьев В.В., Сысоев И.А., Карлина А.И.</b> ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА AL + 2,18 % FE В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ.....	305
<b>Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р.</b> ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФАЗОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ СПЛАВА И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА СЛОЯ ПОКРЫТИЯ.....	311
<b>Шувень Сюй, Сичжан Чен</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СИЛУМИНА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ИТТРИЯ.....	318
<b>Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Загуляев Д.В., Толкачев О.С., Петрикова Е.А., Коновалов С.В.</b> ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПОРИСТОСТИ ВО ВРЕМЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ДВУХФАЗНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ DP780.....	321
<b>Хуанг Л., Чэнь С., Коновалов С., Ма Х.</b> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА СПЛАВА И ЕГО РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ.....	327
<b>Зиу С., Чэнь С.</b> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КАРБИДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМАХ TI - C - N - N, TI - O - C - N - N.....	334
<b>Гарбузова А.К., Галевский Г.В., Руднева В.В.</b> О КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БИНАРНОГО СПЛАВА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТУГОПЛАВКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ.....	338
<b>Черепанов А.Н., Черепанова В.К.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СВАРКИ ДЛИННОМЕРНЫХ РЕБРИСТЫХ ТИТАНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ УСП-5000.....	344
<b>Григорьев В.В., Бахматов П.В.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВОГО ТРУБОПРОВОДА НА ПОРООБРАЗОВАНИЕ.....	350
<b>Ващук И.А., Бахматов П.В.</b> МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ.....	358
<b>Чинахов Д.А., Солодский С.А., Майорова Е.И., Григорьева Е.Г.</b>	

<b>СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ.....</b>	<b>363</b>
ОБРАЗОВАНИЕ И ВЫБРОСЫ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	363
<b>Галевский Г.В., Минцис М.Я.</b> СОКРАЩЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ С ПЕРЕВОДОМ ОТОПЛЕНИЯ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО .....	366
<b>Коротков С.Г., Сазонова Я.Е.</b> К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	369
<b>Прошунин Ю.Е., Школлер М.Б.</b> ЭМИССИЯ ПАУ ИЗ САМООБЖИГАЮЩИХСЯ АНОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	375
<b>Минцис М.Я., Галевский Г.В.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК ОК РУСАЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ С САМООБЖИГАЮЩИМСЯ АНОДОМ.....	377
<b>Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Шемет А.Д., Высотский Д.В., Кузаков А.А., Тенигин А.Ю.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРЕЛКЕ СО ВСТРОЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ РЕКУПЕРАТОРОМ.....	383
<b>Стерлигов В.В., Старикова Д.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКОМАНГАНЦЕВОГО ШЛАКА .....	388
<b>Павлович Л.Б., Исмагилов З.Р., Дятлова К.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИИ .....	394
<b>Полях О.А., Пономарев Н.С., Журавлев А.Д.</b> ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЛОГЕНОСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	398
<b>Гимпелевич И., Мегидов Е., Мишне И., Рам Ш., Шимон Ю.</b> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРЕМНЕЗЕМА.....	401
<b>Кондратьев В.В., Колосов А.Д., Горовой В.О., Небогин С.А., Ёлкин К.С., Немаров А.А., Иванов А.А.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ОКАЛИНЫ ПРОКАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....	406
<b>Горшкова О.С., Матюхин В.И.</b> СИСТЕМА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА СИЛИКАТНОЙ СТРУИ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ.....	409
<b>Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В.</b> УСКОРЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ .....	412
<b>Водолеев А.С., Бердова О.В., Юмашева Н.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ.....	417
<b>Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В.</b> ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭДП.....	421
<b>Корнеев С.В., Трусова И.А.</b> О ТЕХНОЛОГИЯХ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	427
<b>Ёлкин К.С., Ёлкин Д.К., Карлина А.И.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХОЙ СЕПАРАЦИИ МИКРОКРЕМНЕЗЁМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	432
<b>Кондратьев В.В., Небогин С.А., Колосов А.Д., Горовой В.О., Немаров А.А., Иванов А.А., Запольских А.С.</b> .....	432
НАПРАВЛЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ РАСХОДА ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ .....	436
<b>Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В., Карлина А.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЛЕНЕНИЯХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР .....	439
<b>Никитин А.Г., Абрамов А.В.</b>	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....	443
<b>Зими́на Т.И., Ива́нов Н.Н., Захаров С.В., Трошина А.О., Паньков А.М.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА .....	446
<b>Ершов В.А., Зими́на Т.И., Говорков А.С., Ива́нов Н.А., Захаров С.В., Трошина А.О.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ РЕЗАНИЯ НА НОЖНИЦАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОЙ ПОЛОСЫ .....	449
<b>Никитин А.Г., Демина Е.И.</b> СОСТАВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЧАСТИ ОТРАБОТАНОЙ ФУТЕРОВКИ – ОТХОДА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ .....	452
<b>Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В.</b> ИЗВЛЕЧЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПЛАЗМЕННЫХ ПЕЧАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ .....	457
<b>Девятых Е.А., Девятых Т.О., Швыдкий В.С.</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДОВ .....	461
<b>Ершов В.А., Зими́на Т.И., Колмогорцев И.В., Горовой В.О., Трошина А.О.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ БАРАБАННОГО ТИПА.....	464
<b>Черемискина Н.А., Щукина Н.В., Лошкарев Н.Б., Лавров В.В.</b>	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:  
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**  
*«Металлургия – 2017»*

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

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

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 27,6 Уч.-изд. л. 30,0 Тираж 300 экз. Заказ № 521

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