

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САРД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ ДОМЕННЫХ ПЕЧАХ**

### **Аннотация**

*Обобщены причины неравномерного распределения дутья по фурмам доменных печей, результаты работ по внедрению систем автоматического распределения дутья по фурмам (САРД), показана высокая эффективность этого мероприятия, выявлены причины свертывания работ в мире по этому направлению. Обоснована необходимость и возможность внедрения САРД нового поколения в настоящее время.*

*Ключевые слова: печь доменная, подача дутья в горн, неравномерность распределения его по фурмам, САРД первого поколения, эффективность внедрения, разработка и использование САРД нового поколения.*

### **Abstract**

*The reasons for unsteady blast distribution in the tuyeres and the results of introducing of systems of automatic distribution of blast (SADB) in tuyeres were generalized, high efficiency of this investigation was demonstrated, the reasons for ending of scientific work in terms of this topic. The necessity and possibility of introduction of new generation SADB in tuyeres today were proved.*

*Keywords: blast furnace, delivery of blast in hearth, unsteady blast distribution in the tuyeres, new generation SADB in tuyeres, the effectiveness of its' introduction, the need for development and use of new generation SADB in tuyeres.*

Владимир Ефимович Грум–Гржимайло широко использовал результаты исследований на действующих металлургических печах, выявляя и устраняя их недостатки. При этом достигались существенные прирост производства и снижение себестоимости продукции. Этот путь близок и нам.

Давно была выявлена неравномерность распределения дутья по фурмам в горне доменных печей. Обобщены уже известные причины:

– односторонний подвод горячего дутья к кольцевому воздухопроводу, в результате чего расход его на фурмах в секторах места ввода и диаметрально противоположного ему, как правило, выше;

– подвод дутья к кольцевому воздухопроводу в двух местах (доменная печь № 9 Криворожстали,  $V_{\text{п}}=5037 \text{ м}^3$ ) добавил количество секторов с повышенным расходом дутья по фурмам;

– разная газопроницаемость материалов в надфурменных зонах из-за неравномерного окружного распределения шихты;

– изменение сечения фурм при зарастании их шлаком;

- перекосы уровня шихты;
- искажение профиля печи в связи с излишним разгаром футеровки (в секторах над чугунными и шлаковыми летками), образованием настывлей и гарнисажа излишней толщины;
- разные значения архимедовой силы по секторам горна на выпуске, а значит и скорости схода материалов;
- геометрия фурменных рукавов, попадание в диффузор фурменных приборов фрагментов огнеупорных изделий при частичном разрушении камеры горения воздухонагревателей и воздухопровода горячего дутья.

Удалось выявить новые. Например, в месте врезки в кольцевом воздухопроводе устройства для взятия печи на тягу создается дополнительная турбулентность потока горячего дутья.

В 60-х годах XX столетия на ряде отечественных и зарубежных доменных печей были внедрены системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам (САРДы первого поколения). Была доказана высокая эффективность этого мероприятия, несмотря на то, что средства замера и регулирования расхода дутья располагались внутри фурменных приборов и увеличивали их сопротивление. При маломощности воздуходувных машин это снижало эффективность.

Эксплуатация САРД на доменных печах ММК, Азовстали, КМК, Макеевского металлургического завода показала, что неравномерность распределения его по фурмам снизилась в 4 раза, улучшилась степень использования газового потока, что способствовало снижению температуры кладки шахты, увеличению производительности печи на 4,1 % и сокращению удельного расхода кокса на 2,7 % [1–3].

Чаще всего в промышленности расход жидкостей и газов замеряется с помощью стандартных сужающих (дроссельных) устройств – шайб (диафрагм), напорных трубок, сопел Лаваля, труб Вентури и др., с использованием зависимости  $Q = k \cdot \sqrt{\Delta h}$ . На доменных печах применялись шайбы, сопла, напорные трубки (Пито) и др. На рис. 1 представлен способ измерения перепада давлений на неподвижном колене фурменного прибора [4].

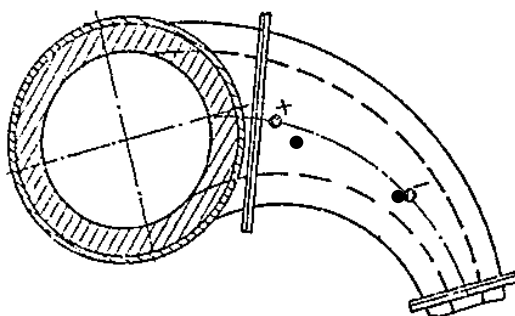


Рис. 1. Места отбора давления в неподвижном колене

Расход дутья [1]: на  $n$ -фурме определяется по формуле:

$$Q_n = k \cdot \sqrt{\Delta h_n}, \quad (1)$$

где  $\Delta h_n$  – перепад на фурменном колене (диффузоре)  $n$ -й фурмы;

$Q_n$  – расход дутья, м<sup>3</sup>/мин на  $n$ -й фурме;

$k$  – коэффициент, определяемый по формуле:

$$k = \frac{Q_d}{\sum_{n=1}^n \sqrt{\Delta h}}, \quad (2)$$

где  $Q_d$  – суммарный расход дутья на печь, м<sup>3</sup>/мин.

Для регулирования расхода дутья по фурмам применяли охлаждаемые регулирующие конусы (Германия), дроссельные заслонки (мотыльки) (КМК, Азовсталь, Япония), шиберы (ММК). Расположение измерительного сопла и регулирующего дросселя [2] представлены на рисунке 2.

Наиболее стойкими оказались регулирующие органы, предложенные на ММК – водоохлаждаемые шиберы, дополнительно охлаждаемые сверху компрессорным воздухом и убирающиеся при взятии печи «на тягу». На рисунке 3 представлено регулирующее устройство шиберного типа [5].

Повышение температуры дутья до 1000–1100 °С привело к выходу из строя средств замера и регулирования расходов дутья по фурмам и свертыванию работ по внедрению САРД первого поколения.

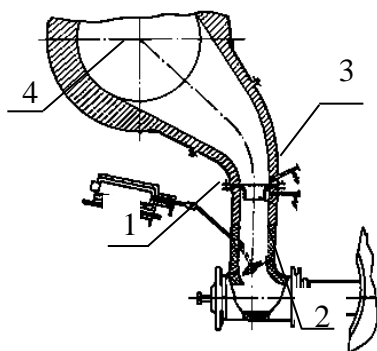


Рис. 2. Расположение измерительного сопла и регулирующего дросселя в фурменном приборе: 1 – рычаг управления дросселем; 2 – дроссельная заслонка; 3 – измерительное сопло; 4 – кольцевой воздухопровод

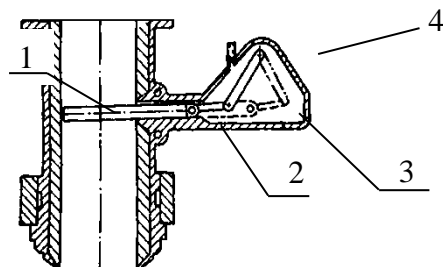


Рис. 3. Шиберное устройство для регулирования расхода дутья через фурму печи: 1 – неподвижный патрубок; 2 – шибер; 3 – рычаг; 4 – кожух

Однозначно, что повышение равномерности распределения дутья по фурмам будет способствовать лучшему использованию тепловой и химической энергий газа. Новый им-

пульс к возобновлению этих работ на более высоком уровне может придать предложение кафедры металлургии черных металлов МГТУ имени Г. И. Носова о регулировании расхода дутья по фурмам изменением места ввода природного газа (топливной добавки) в фурменном приборе. Увеличение расстояния места ввода природного газа от носка фурмы (следовательно – времени пребывания его в фурменном приборе) способствует росту степени полного горения и температуры газозвдушной смеси, а значит объема, скорости истечения и, в конечном итоге, сопротивления. Расход дутья через данную фурму упадет, а на остальные – увеличится. Необходимо устроить несколько мест ввода природного газа и поставить краны для подключения их к магистрали [5]. На фурменном приборе типовой конструкции можно организовать два места ввода: во фланец (как делалось раньше) и в средней части фурмы. На фурменном приборе сильфонного (карданного) типа можно организовать три места ввода: одно в соплах и два в фурме, если она герметично соединена.

Наиболее убедительным подтверждением того, что контроль распределения дутья по фурмам необходим, являются данные, которые были получены на печах № 9 и № 10 ОАО «ММК». Усредненные значения о почасовых расходах горячего дутья по фурмам доменных печей представлены в таблицах 1 и 2. Разность расходов дутья по фурмам доменной печи № 9 достигает 17–28 %, на доменной печи № 10 отклонения составили 13–39 %. Графически распределения горячего дутья по фурмам доменных печей № 9 и № 10 представлены на рис. 4.

Сочетание «бесконтактного» замера расхода дутья на фурму с «бесконтактным» способом его регулирования гарантирует надежную и продолжительную службу локальной системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам в горне доменных печей.

#### **Список использованных источников**

1. Разработка и внедрение системы автоматического распределения дутья по фурмам / Н. Н. Сажнев, Н. И. Иванов, М. А. Стефанович и др. // Вопросы теплотехники и автоматизации металлургического производства: сборник научн. Трудов МГМИ им. Г. И. Носова. Магнитогорск, 1970. Вып. 76. С. 4–9.

2. Автоматическое регулирование распределения дутья по фурмам доменной печи Кузнецкого металлургического комбината / Б. Н. Жеребин, В. А. Хромов, П. П. Мишин и др. // Сталь. 1964. № 4. С. 292–296.

3. Анализ работы доменной печи при автоматическом регулировании дутья по воздушным фурмам / Г. Е. Сенько, В. Н. Оноприенко, А. П. Царицын и др. // Сталь. 1965. № 7. С. 590–593.

4. Сажнев Н. Н. Система автоматического распределения дутья по фурмам доменной печи // Бюллетень ЦИИН. 1969. № 13. С. 37–39.

Таблица 1

Усредненные данные о почасовых расходах ( $Q$ , м<sup>3</sup>/ч) горячего дутья по фурмам ( $n$ )  
с 01.12.2013 по 10.12.2013 доменной печи № 9 ОАО «ММК»

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$Q$	7358	7966	7149	7349	8928	8191	8519	8280	7502	7744	7387	8714	7280

Продолжение табл. 1

$n$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$Q$	7109	7592	7557	9503	7718	6833	6712	5583	7170	7355	7356	8449

Таблица 2

Усредненные данные о почасовых расходах ( $Q$ , м<sup>3</sup>/ч) горячего дутья по фурмам ( $n$ )  
с 01.12.2013 по 10.12.2013 доменной печи № 10 ОАО «ММК»

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Q$	8826	9509	9200	9361	9550	9398	9236	16424	9414	16316	9388	9727	9493	9293

Продолжение табл. 2

$n$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$Q$	9293	9290	8923	10084	9760	9843	9028	8830	9480	8529	8681	10037

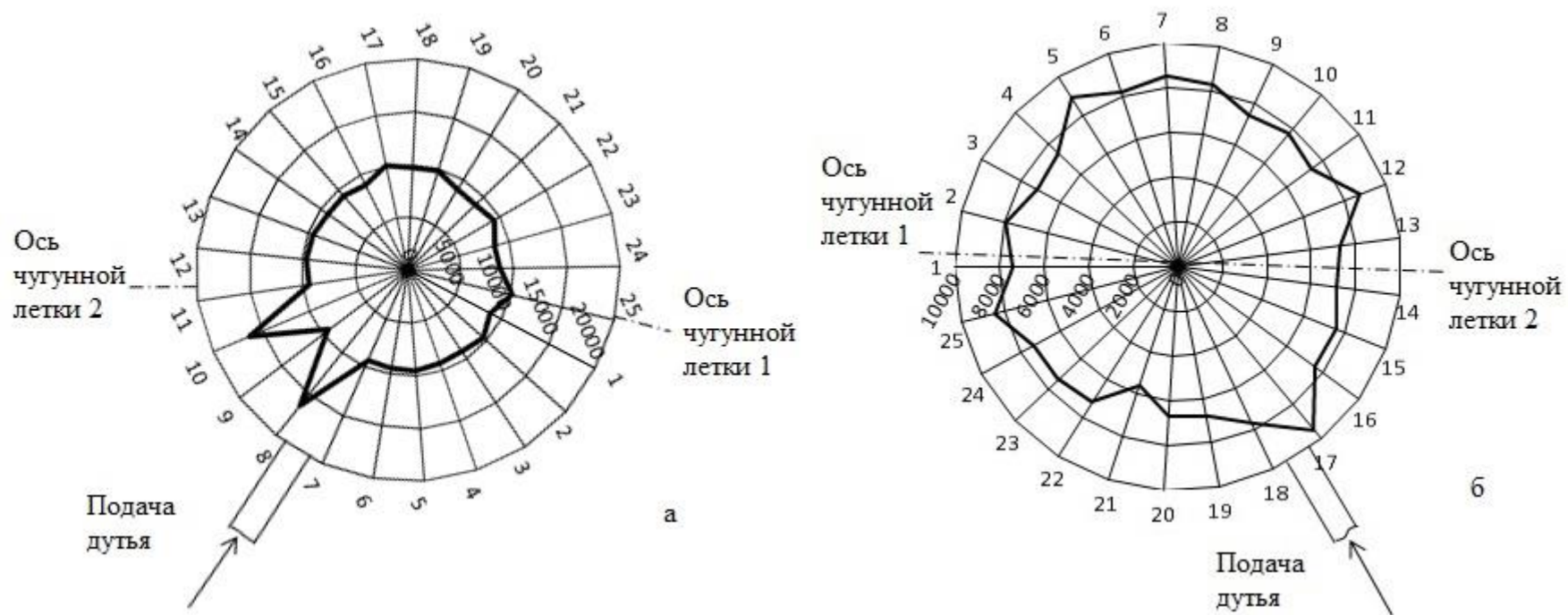


Рис. 4. Распределения горячего дутья по фурмам доменных печей № 10 (а) и № 9 (б) ОАО «ММК»

5. Необходимость и возможность оснащения современных доменных печей системами автоматического распределения дутья нового поколения / Дружков В. Г., Ваганов А. И., Прохоров И. Е., Ширшов М. Ю. // Теплофизика и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2013) с международным участием. Екатеринбург: УрФУ, 2013. С. 182–184.

УДК 669.042

*А. О. Еремин\**, *М. Д. Казяев\*\**

\* Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепропетровск, Украина,

\*\* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПЕЧНЫХ ГАЗОВ В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НАГРЕВА МЕТАЛЛА**

### **Аннотация**

*Исследование посвящено решению проблемы повышения качества нагрева металла за счет управления движением печных газов и тепло-массообменными процессами в промышленных нагревательных печах. В работе показана возможность повышения энергоэффективности управления процессами тепло- и массообмена в рабочем пространстве нагревательных печей с целью экономичного и высококачественного нагрева металла за счет распределенного объемного сжигания топлива и крупномасштабной внутренней рециркуляции печных газов.*

*Ключевые слова: математическое моделирование, распределенное горение, температурное поле, рециркуляция, качество нагрева, нагревательные печи.*

### **Abstract**

*The research focuses on the solution of the problem related to the increase in metal heating quality due to control of flue gases movement as well as heat and mass exchange processes in industrial thermal furnaces. The research has proved the possibility to raise the efficiency of managing heat and mass exchange processes in the working space of thermal furnaces for the purpose of economical and high quality of metal heating due to distributed voluminous fuel combustion and large-scale inner recirculation of flue gases.*

*Keywords: mathematic modeling, distributed fuel combustion, temperature field, recirculation, power-efficiency, heating furnaces.*