

# Опыт разработки и освоения зажигательных горнов агломерационных машин

Л. К. Герасимов<sup>1</sup>, Г. М. Дружинин<sup>1</sup>, И. М. Хамматов<sup>1</sup>,  
Н. А. Спирин<sup>2</sup>, В. А. Чистополов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ОАО ВНИИМТ (г. Екатеринбург, Россия),

<sup>2</sup> УГТУ – УПИ (г. Екатеринбург, Россия)

*Изложена методика определения основных режимных и конструктивных параметров зажигательного горна для агломерационных машин на основании конкретных исходных данных. Методика использована при разработке конструкции малогабаритных горнов для комбинированного нагрева шихты. Горны разработанной конструкции установлены на десяти агломашинах с шириной спекательных тележек 3 м и позволяют без ухудшения качества агломерата верхнего слоя уменьшить удельный расход тепла на зажигание вдвое по сравнению с показателями распространенных в 1960 – 1970-е годы удлиненных горнов.*

**Ключевые слова:** агломашин, агломерат, горн, зажигание, тепло, шихта.

Основная задача нагрева шихты от внешнего источника — создание первоначальной тепловой волны, т. е. зажигание твердого топлива в верхней части слоя шихты и прогрев на глубину, обеспечивающую в дальнейшем воспламенение топлива в нижележащих частях слоя. Это осуществляется путем просасывания через слой продуктов сгорания топлива, которое сжигается в горне.

Нагрев шихты от внешнего источника тепла принято характеризовать следующими показателями [1]: температурой продуктов сгорания на входе в слой шихты ( $t_r$ ); продолжительностью зажигания ( $\tau_{зж}$ , мин); интенсивностью зажигания, отнесенной к площади поперечного сечения горна ( $I$ , кДж/(м<sup>2</sup> · мин)); количеством тепла, полученного слоем от внешнего источника ( $Q'$ , кДж/м<sup>2</sup>); удельным расходом тепла на зажигание ( $q_{зж}$ , кДж/т агломерата).

Температура продуктов сгорания на входе в слой при зажигании шихты составляет обычно 1150 – 1300 °С. Продолжительность зажигания определяется теплофизическими свойствами спекаемых шихтовых материалов. Для работающего агрегата продолжительность зажигания зависит от соотношения между длиной горна ( $l_r$ ) и длиной зоны спекания агломашин ( $l$ ) и обратно пропорциональна скорости движения спекательных тележек ( $U_l$ , м/мин):

$$\tau_{зж} = l_r / U_l \quad (1)$$

Интенсивность зажигания

$$I = 60 c_r \cdot t_r \cdot w_r \quad (2)$$

прямо пропорциональна скорости фильтрации на входе в слой ( $w_r$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup> · с)) и теплоемкости продуктов сгорания ( $c$ , кДж/(м<sup>3</sup> · К)).

Количество тепла, полученное слоем от внешнего источника при зажигании,

$$Q' = I \cdot \tau_{зж} \quad (3)$$

Удельный расход тепла на зажигание

$$q_{зж} = 1000 Q' / (H \cdot k_{ш} \cdot \rho_{ш}) = \\ = 6 \cdot 10^4 c_r \cdot t_r \cdot w_r \cdot \tau_{зж} / (H \cdot k_{ш} \cdot \rho_{ш}), \quad (4)$$

где  $H$  — высота слоя шихты, м;  $k_{ш}$  — выход годного агломерата из влажной шихты, кг/кг;  $\rho_{ш}$  — плотность (насыпная масса) шихты, кг/м<sup>3</sup>. Формулы (2) – (4) не учитывают потерь тепла в окружающее пространство ( $\epsilon = t_r/t$ ), величина которых составляет 6 – 10 %.

По обобщенным в работе [1] данным зарубежных исследователей, удовлетворительная прочность агломерата в верхнем слое обеспечивается при  $Q' = 45 – 50$  МДж/м<sup>2</sup> и  $I = 33 – 42$  МДж/(м<sup>2</sup> · мин). При этом продолжительность зажигания, включающая нагрев шихты до температуры воспламенения твердого топлива и его выгорание в верхней части слоя, должна составлять 1,2 – 1,5 мин. По данным отечественных исследователей [2],  $Q' = 44 – 76$  МДж/м<sup>2</sup> и  $q_{зж} = 145 – 170$  МДж/т агломерата для неофлюсованных шихт,  $Q' = 75 – 92$  МДж/м<sup>2</sup> — для офлюсованных шихт,  $\tau_{зж} = 1,0 – 1,5$  мин.

При спекании шихты в слое высотой 150 – 250 мм на отечественных агломашинах продолжительность зажигания составляла менее 1 мин [1, 2]. Этим объясняются положительные результаты, полученные при установке за горном дополнительных газогорелочных устройств, а в последующем и при внедрении горнов для комбинированного нагрева шихты (КНШ). Подача в слой после зажигания нагретого воздуха или продуктов сгорания с содержанием 8 – 10 % свободного кислорода позволяет обеспечить максимальный уровень температур и соответственно одинаковые условия образования агломерата по всей высоте слоя. Повсеместная установка удлиненных горнов для КНШ привела к сокращению расхода твердого топлива в шихту и содержания мелочи в агломерате, увеличению выхода годного и производительности агломашин, однако при этом примерно вдвое возрос удельный расход тепла на зажигание, что в среднем по аглофабрикам черной металлургии составило 255, 290 и 268 МДж/т агломерата в 1973, 1976 и 1989 г. [3].

В условиях непрерывного роста цен на энергоносители появилась необходимость в горне нового образца, позволяющем при низком удельном расходе тепла, характерном для горнов с длительностью зажигания около 1 мин, обеспечить зажигание шихты и частично дополнительный нагрев слоя.

При модернизации работающих агломашин и при проектировании новых, как правило, известными (заданными) величинами являются характеристики шихты, высота слоя, вид газообразного топлива для зажигания, ширина тележек и удельный расход тепла на зажигание и подогрев спека. Для разработки конструкции горна необходимо определить лишь его длину, т. е. длительность пребывания спека под горном.

Если принять во внимание, как было уже показано, что непосредственно для зажигания шихты необходимо 1 – 1,5 мин, то общая продолжительность пребывания слоя под горном при режиме КНШ может быть определена из условия равенства поставляемого горного тепла и энтальпии продуктов сгорания путем преобразования уравнения (4):

$$\tau_{\text{зж}} = q_{\text{зж}} H K_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} / (6 \cdot 10^4 c_{\text{г}} t_{\text{г}} w_{\text{г}}). \quad (5)$$

Продолжительность зажигания включает нагрев исходной шихты до температуры воспламенения твердого топлива, образования зоны его горения и частично дополнительный нагрев спека, который осуществляется главным образом под козырьком, примыкающим к горну, и реализуется за счет теплообмена между спеком и козырьком. Считается, что режим дополнительного нагрева спека близок к режиму основного периода спекания и характеризуется одинаковой с ним скоростью фильтрации.

Для определения скорости фильтрации воздуха через слой используется величина удельного расхода воздуха ( $V_{\text{в}}$ ) на процесс спекания, который рассчитывается на основании следующих предпосылок.

Проходящий через агломерируемый слой воздух расходуется на горение углерода топлива шихты ( $V_{\text{с}}^{\text{гор}}$ ), окисление двухвалентного железа ( $V_{\text{FeO}}$ ), окисление сульфидной серы ( $V_{\text{S}}$ ) и горение топлива в зажигательном горне ( $V_{\text{г}}$ ). Кроме того, в обычных условиях агломерации железорудных материалов имеется избыточный воздух ( $V_{\text{изб}}$ ), который переходит в агломерационный газ, не участвуя в перечисленных химических процессах. Таким образом, можно записать:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{с}}^{\text{гор}} + V_{\text{FeO}} + V_{\text{S}} + V_{\text{г}} + V_{\text{изб}}. \quad (6)$$

Расход воздуха на окисление топлива в зажигательном горне, монооксида железа и серы шихты может быть найден по стехиометрическим соотношениям их химического взаимодействия с кислородом:

$$V_{\text{FeO}} = (4,76/9\rho_{\text{O}_2}) k_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} (\text{FeO}'_{\text{ш}} - \text{FeO}'_{\text{а}}); \quad (7)$$

$$V_{\text{S}} = (0,0476/9\rho_{\text{O}_2}) k_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} (S'_{\text{ш}} - S_{\text{а}}); \quad (8)$$

$$V_{\text{г}} = 0,0476 k_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} [0,5(\text{H}_2 - \text{CO}) + \text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_4 + 1,5\text{H}_2\text{S} - \text{O}_2] \cdot V_{\text{г}}^T, \quad (9)$$

где  $\text{FeO}'$  и  $S'$  — содержание в шихте без возврата и в агломерате;  $V_{\text{г}}^T$  — расход топлива в горне, м<sup>3</sup>/т агломерата.

Выражение для расчета расхода воздуха на горение углерода шихты (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup><sub>ш</sub>) с учетом химической неполноты его горения и избытка воздуха имеет вид

$$V_{\text{с}} = V_{\text{с}}^{\text{гор}} + V_{\text{изб}} = [37,5 + (\beta - 0,375) O_2''] B_{\text{с}} / [0,375(21 - O_2'') \rho_{\text{O}_2} \beta], \quad (10)$$

где  $\beta$  — стехиометрический фактор, кг углерода на кг O<sub>2</sub>; O<sub>2</sub>'' — содержание кислорода в продуктах сгорания углерода шихты, %;  $\rho_{\text{O}_2}$  — плотность кислорода при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;  $B_{\text{с}}$  — объемная концентрация горючего углерода в слое шихты, кг/м<sup>3</sup>.

При статистической обработке данных промышленных исследований было установлено [4], что средняя величина стехиометрического фактора при агломерации различных по составу шихт равна  $0,426 \pm 0,008$ , а зависимость между содержанием кислорода в продуктах сгорания и концентрацией горючего углерода в слое  $B_{\text{с}}$  в диапазоне ее изменения от 40 до 70 кг/м<sup>3</sup> удовлетворительно описывается уравнением

$$O_2'' = 21 - 1/(2,647/B_{\text{с}} + 0,0235). \quad (11)$$

После соответствующей подстановки выражение для расчета расхода воздуха на горение углерода шихты принимает вид

$$V_{\text{с}} = 448,2 + 3,76 B_{\text{с}}. \quad (12)$$

По величине удельного расхода воздуха рассчитывают скорость фильтрации через слой и затем коэффициент гидравлического сопротивления  $A$ :

$$w_{\text{в}} = 0,167 \cdot 10^{-4} V_{\text{в}} \cdot U, \quad (13)$$

где  $U = H \cdot U_{\text{л}}/l$  — вертикальная скорость спекания, мм/мин;

$$A = \Delta P_{\text{сл}} / (H \cdot w_{\text{в}}^{1,59}) \quad (14)$$

с учетом того, что сопротивление  $\Delta P_{\text{сл}}$  составляет примерно 95 % величины разрежения в вакуум-камерах ( $\Delta P_{\text{вк}}$ ).

В режиме образования зоны горения твердого топлива имеет место дефицит кислорода в продуктах сгорания, что снижает скорость перемещения фронта горения по глубине слоя. В связи с этим скорость фильтрации газа через слой при зажигании  $w_{\text{зж}}$  должна иметь значение, при котором не происходит рассогласования между фронтами теплопередачи и горения топлива [5]:

$$w_{\text{зж}} = 0,854 \left( 1,420 - \frac{4,5}{O_2} + \frac{6,74}{O_2^2} \right) \left( \frac{1}{1,108 - 0,204/C_{\text{ш}}} \right) \cdot w_{\text{в}}. \quad (15)$$

По скорости фильтрации в режиме зажигания и коэффициенту гидравлического сопротивления слоя (14) определяется сопротивление слоя в режиме зажигания ( $\Delta P_{\text{зж}}$ ). Затем рассчитывается величина дросселирования вакуум-камер в режиме зажигания:

$$\Delta P_{\text{др}} = \Delta P_{\text{вк}} - \Delta P_{\text{зж}}. \quad (16)$$

В отличие от основного периода спекания исходная шихта обладает существенно большей газопроницаемостью. По данным [5], коэффициент гидравлического сопротивления на исходной шихте в 1,7 – 1,8 раза меньше, чем в режиме спекания:

$$\zeta_{\text{исх}} = A/(1,7 - 1,8). \quad (17)$$

При этом сопротивление слоя исходной шихты

$$\Delta P_{\text{исх}} = \zeta_{\text{исх}} \cdot H \cdot w_{\text{зж}}^{1,59}, \quad (18)$$

а величина дросселирования первой вакуум-камеры

$$\Delta P_{\text{др1}} = \Delta P_{\text{вк}} - \Delta P_{\text{исх}}. \quad (19)$$

Дросселирование первой вакуум-камеры и плавный нагрев исходной шихты предотвращают усадку слоя и положительно влияют на газопроницаемость шихты в основном периоде спекания.

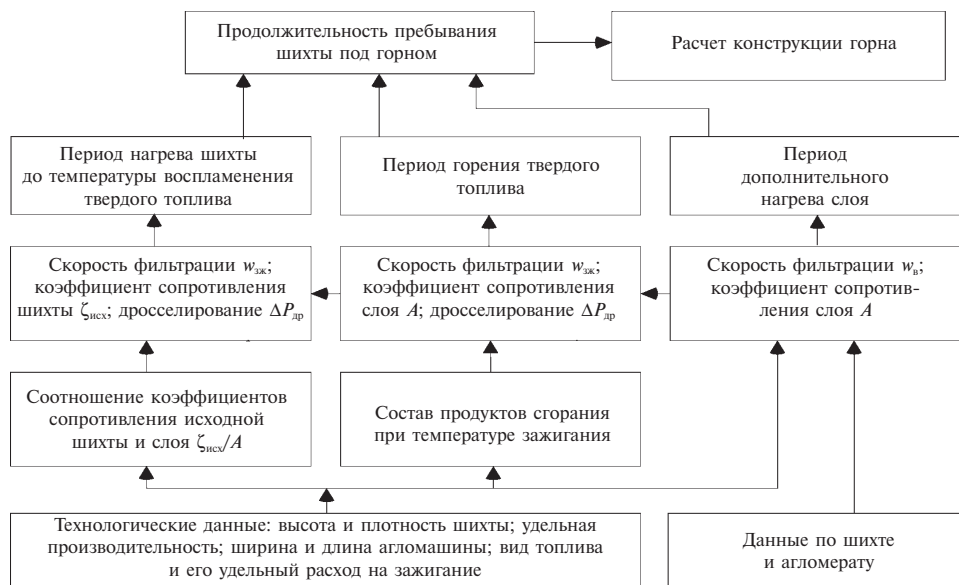


Рис. 1. Схема расчета скоростей фильтрации и величины дросселирования воздуха камер

Схема расчета скоростей фильтрации и величины дросселирования вакуум-камер приведена на рис. 1. Дросселирование целесообразно осуществлять в две ступени. В нижней части патрубка вакуум-камеры установить стационарное сужающее устройство, рассчитанное на величину минимально необходимого снижения разрежения, в верхней части патрубка — мотыльковый шибер для поддержания разрежения в вакуум-камере в автоматическом режиме.

В соответствии с изложенными выше принципами и использованием расчетной методики во ВНИИМТе был разработан малогабаритный горн нового образца [6], который прошел опытно-промышленные испытания на агломашине МАК-75 ОАО “Мечел” [7]. При высоте слоя шихты 240 – 260 мм и скорости движения спекательных тележек 2,0 – 2,1 м/мин времени пребывания шихты в зоне высоких температур оказалось недостаточно, и в период очередного ремонта была установлена дополнительная, третья панель с горелками. При этом удельный расход тепла на зажигание составил 130 – 140 МДж/т агломерата. В дальнейшем горны агломашин МАК-75 ОАО “Мечел” и ОАО “Высокогорский ГОК” оснащались тремя панелями [8].

К особенностям горна относятся малый объем топочного пространства, отсутствие водяных холодильников, воздушная защита бортов и роликов спекательных тележек и конструкция горелочных панелей, позволяющая утилизировать тепловые потери свода с воздухом, подаваемым в горелки.

Передняя стенка горна (рис. 2) выполнена в виде арки с увеличивающимся по ходу движения спекательных тележек объемом. Это позволяет осуществлять плавный нагрев шихты с температурой, возрастающей по длине арки от температуры шихты до температуры продуктов сгорания газа в горне. При этом отпадает необходимость в установке водяного холодильника передней стенки горна.

Отапливаемая часть горна состоит из съемных па-

нелей, количество и размер которых определяются длиной горна (продолжительностью пребывания шихты под горном). Панель выполнена в виде  $\perp$ -образного короба с гнездами для установки горелок. Корпус панели одновременно несет функцию распределительного коллектора, к которому подсоединены воздушные патрубки горелки. К основанию панели подвешены балки для монтажа горелочных блоков. Тепло, поступающее из рабочего пространства горна через горелочные блоки к основанию панели, отнимается воздухом горения и возвращается в горн. Таким образом, наружная поверхность свода горна имеет температуру, близкую к температуре окружающей среды [8].

Горелки короткофакельные, определенной тепловой мощности. Их количество, а также расстояние от среза горелочного тоннеля до шихты выбираются из условий обеспечения равномерного температурного поля по ширине тележки и уменьшения потерь тепла через боковые стенки горна. С учетом сказанного расстояние от поверхности шихты до горелочных тоннелей составляет 500 – 600 мм. За панелями установлен козырек — арочный из стандартного огнеупорного кирпича или подвесной из теплоизоляционных Z-блоков. Козырек защищает верхнюю часть слоя от теплового удара холодным воздухом и обеспечивает ее постепенное охлаждение.

При проведении испытаний на агломашине № 3 ВГОКа выполнили измерения температур поверхности шихты в горне. Агломашина производила офлюсованный агломерат, температура шихты составляла 38 °С, высота слоя — 240 мм, плотность шихты — 1970 кг/м<sup>3</sup>, содержание возврата — 27,3 %, влага — 8,1 %, выход годного — 0,592 кг агломерата/кг влажной шихты, скорость движения спекательных тележек — 1,8 м/мин. В патрубках двух первых вакуум-камер агломашин установлены плиты для дросселирования со стационарными отверстиями разного сечения.

По результатам определений доля фракции > 3 мм

в топливе (коксовой мелочи) с весодозаторов составляла 5,9 %, фракции < 0,5 мм — 39,2 %, среднелогарифмический диаметр топлива — 0,80 мм. Среднелогарифмический диаметр частиц шихты после окомкователя — 2,62 мм, содержание углерода — 4,18 %. Характеристики шихты и спека по пробам, отобраным со спекательных тележек, приведены в таблице.

Горн работал с автоматическим управлением тепловым режимом. По термопаре, установленной в боковой стенке под второй панелью на расстоянии 20 мм выше кромки борта спекательных тележек, регулировался расход газа (заданная температура — 1170 °С). Средний расход газа на отопление горна составил 430 м<sup>3</sup>/ч (14,4 МДж/ч), соотношение расходов воздух — газ на горелки — 14,4:1. Температуру поверхности шихты измеряли пирометром через боковые стенки горна и со стороны козырька.

Результаты измерений в горне сводятся к следующему. При скорости фильтрации, рассчитанной как объем продуктов сгорания, отнесенный к площади отапливаемой части горна ( $w_{зж} = 0,204 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ), воспламенение твердого топлива на поверхности шихты происходило на расстоянии 400 — 500 мм от начала арки при ее протяженности по горизонтали 700 мм. Температура поверхности шихты в центре горна под второй панелью, под третьей, в начале козырька и на выходе из-под него составляла соответственно 1260, 1170, 1130 и 670 °С.

Для частиц шихты и топлива со среднелогарифмическим диаметром соответственно 2,04 и 0,80 мм расчетная продолжительность нагрева от 38 °С до температуры воспламенения (~ 700 °С), горения топлива на поверхности слоя, дополнительного нагрева и охлаж-

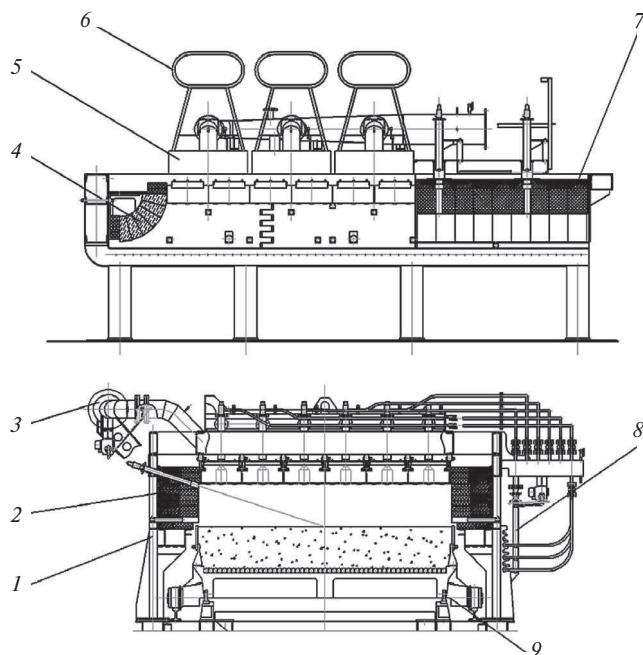


Рис. 2. Горн для зажигания шихты: 1 — корпус; 2 — футеровка боковых стен; 3 — воздухопровод; 4 — передняя стенка; 5 — съемная панель; 6 — съемные площадки обслуживания; 7 — козырек; 8 — газопровод; 9 — спекательная тележка с шихтой

#### Характеристики шихты и спека по пробам, отобраным со спекательных тележек

Расстояние от верха слоя, мм	Шихта		С, %	FeO, %	Спек, прочность по ГОСТ 15137-77, %	
	плотность, кг/м <sup>3</sup>	диаметр частиц, мм			> 5 мм	< 0,5 мм
80 — 160	1940	2,25	4,48	15,1	58,5	6,0
160 — 240	2100	3,48	3,69	12,4	66,1	7,3

дения поверхности спека до 670 °С составила 0,2 — 0,3, 1,4 — 1,5, 1,3 — 1,4 мин соответственно. Для выгорания твердого топлива по всей высоте слоя средняя скорость перемещения зоны горения должна быть не менее 19,6 мм/мин. При этом высота зоны горения на момент  $\tau_{зж} = 1,7$  мин составит 27 — 29 мм.

Прочность и истираемость спека из верхней части слоя были выше, чем из середины (см. таблицу). Процесс зажигания шихты характеризовался следующими показателями:  $I = 26,7 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ ,  $Q' = 45,4 \text{ МДж}/\text{м}^2$ ,  $q_{зж} = 160 \text{ МДж}/\text{т}$  агломерата. В связи с этим представляется возможным уменьшить расход тепла на зажигание за счет сокращения продолжительности дополнительного нагрева в отапливаемой части горна и реализации режима “нулевого давления” в рабочем пространстве горна на уровне бортов тележек с использованием АСУ.

Горн для зажигания шихты с  $q_{зж} = 105 \text{ МДж}/\text{т}$  агломерата в слое высотой 500 мм с автоматическим управлением тепловым и газодинамическим режимами был поставлен в составе агломашины МАК-75 на металлургический комбинат “Запорожсталь”.

В отечественной практике известны случаи [9], когда часть химического тепла от сжигания газа заменяют физическим теплом воздуха с охладителя агломерата. Подогретый воздух подают в горелки горна и в укрытие за ним. Для агломашины МАК-408, изготовленной ОАО “МК ОРМЕТО — ЮУМЗ” и монтируемой на Визакхапатнамском металлургическом заводе в Индии, проектный расход тепла на зажигание составляет 62,8 МДж/т агломерата. Кроме того, в горелки горна и в укрытие за ним протяженностью 37 м предусмотрена подача воздуха с температурой 275 °С с охладителя агломерата. Дополнительный приход тепла с воздухом в верхнюю часть слоя составит 167,4 МДж/т агломерата. Таким образом, на зажигание и дополнительный подогрев шихты потребуется тепла 230,2 МДж/т агломерата, причем на 73 % — это утилизированное (возвращенное в процесс агломерации) тепло.

#### Заключение

Приведена схема расчета продолжительности зажигания аглошихты с использованием удельного расхода воздуха на процесс спекания, величина которого определяется теплопотребностью шихты, температурой ее плавления и условиями теплообмена между возду-

хом и спеком (верхняя ступень теплообмена), продуктами сгорания и шихтой (нижняя ступень теплообмена). Расчет проводится на основании исходных данных, задаваемых при проектировании нового горна (агломашины), или с использованием сведений о работе конкретного агрегата. Изложенная методика применена при разработке зажигательных малогабаритных горнов конструкции ВНИИМТа для агломашин различной производительности.

Горнами данной конструкции, оснащенными АСУ различной комплектации, оборудованы десять агломашин с шириной спекательных тележек 3 м. Во всех случаях без ухудшения качества агломерата верхнего слоя получено сокращение удельного расхода тепла в 2 – 2,5 раза, что позволяет заменять распространенные ранее удлиненные горны для комбинированного нагрева шихты. Дальнейшие направления сокращения удельного расхода тепла на зажигание — повышение уровня автоматического управления тепловым и газодинамическим режимами и использование в процессе зажигания и для подогрева верхнего слоя горячего воздуха с охладителя агломерата.

УДК 621.783.2:669.054

## Агрегат для тепловой обработки дисперсных материалов и его промышленная реализация

*Изложен принцип работы роторно-вихревых агрегатов для тепловой обработки пастообразных дисперсных материалов фракции 3 – 0 мм. Приведена математическая модель тепло- и массообмена вихревого потока теплоносителя с пересыпающимся слоем дисперсного материала, разработанная на основании лабораторных исследований во ВНИИМТе и промышленных испытаний установки утилизации маслосодержащей окалины ОАО “Синарский трубный завод” производительностью 600 кг/ч.*

**Ключевые слова:** обжиг, пастообразные дисперсные материалы, роторно-вихревой агрегат.

Тепловая обработка железосодержащих дисперсных материалов — важная составная часть многих промышленных технологических процессов черной металлургии, и от ее правильной организации зависят экономика процесса, качество продукции и экологическая обстановка.

В настоящее время тепловую обработку дисперсных материалов проводят в основном в печах трех типов: вращающихся (барабанных), кипящего слоя и циклонных (вихревых). Циклонный способ обжига материала позволяет существенно интенсифицировать процесс по сравнению с печами кипящего слоя и тем более вращающимися. Это достигается за счет полного использования реакционной поверхности материала и высокой скорости движения газа-теплоносителя относительно частиц. Сочетание достоинств

## Библиографический список

1. **Базилевич С. В., Вегман Е. Ф.** Агломерация. — М.: Металлургия, 1967. — 368 с.
2. **Сигов А. А., Шурхал В. А.** Агломерационный процесс. — Киев: Техника, 1969. — 232 с.
3. Сводные технико-экономические показатели работы фабрик окискования черной металлургии СССР. — Днепропетровск: Укрспиромез, 1974, 1977 и 1990.
4. **Герасимов Л. К., Фролов Ю. А., Коротич В. И.** и др. Определение газодинамических характеристик агломерационных машин // Научные основы построения АСУТП окискования сыпучих материалов: сб. науч. тр. — Киев: Наукова думка, 1980. С. 70 – 83.
5. **Фролов Ю. А.** Теплотехнические аспекты начального периода агломерации // Сталь. 2004. № 1. С. 2 – 10.
6. **Пат. 2275435 РФ, МПК С 22 В 1/20, F 27 В 21/08.** Способ зажигания агломерационной шихты, перемещающейся на спекательных тележках / Герасимов Л. К., Дружинин Г. М., Чистополов В. А. и др. — № 2004124674/02; опублик. 27.04.2006, Бюл. № 12. — 5 с.
7. **Герасимов Л. К., Чистополов В. А., Дружинин Г. М.** и др. Горн нового образца для зажигания агломерационной шихты // Сталь. 2000. № 3. С. 13 – 15.
8. **Герасимов Л. К., Дружинин Г. М., Хамматов И. М.** и др. Новый горн для зажигания агломерационной шихты и система управления тепловым режимом // Сталь. 2005. № 3. С. 13 – 16.
9. **Герасимов Л. К., Викулов Г. С., Кабанов Ю. А., Добряков Г. Г.** Результаты освоения установки по утилизации тепла охлаждения агломерата на агломашине АКМ-312 // Сталь. 1998. № 3. С. 8 – 9.

**Е. Г. Подковыркин<sup>1</sup>, Ю. С. Жуков<sup>1</sup>, Н. Г. Коршунова<sup>1</sup>,  
А. В. Бакон<sup>1</sup>, В. Л. Советкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ОАО ВНИИМТ (г. Екатеринбург, Россия),

<sup>2</sup> УГТУ – УПИ (г. Екатеринбург, Россия)

циклонного способа обработки (высокая скорость теплообменного процесса) и обработки в пересыпающемся слое (регулируемая продолжительность обработки материала) реализовано в роторно-вихревом агрегате.

Роторно-вихревой агрегат — это неподвижная горизонтальная циклонная печь со встроенным механизмом перемещения материала — ротором. Схема подачи теплоносителя в рабочее пространство печи и движение материала показаны на рисунке. Теплоноситель подается тангенциально через сужающееся сопло. Двигаясь в реакторе навстречу потоку теплоносителя, материал нагревается. Движение происходит за счет вращения ротора и небольшого угла наклона корпуса реактора к горизонту. Роторно-вихревые агрегаты используются для сушки шламов с влажностью

## **Контактная информация**

Данная статья опубликована в журнале Сталь № 3, 2010 г., посвященном 80 летнему юбилею Научно-исследовательского института ВНИИМТ. Институт ВНИИМТ предлагает эффективные технологии переработки металлургического сырья и энергоэффективные печные агрегаты для металлургии и машиностроения.

Если Вас заинтересовала информация, представленная в данной статье Вы можете обратиться по следующим координатам.

Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники - ВНИИМТ  
620137, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 16

Генеральный директор

Зайнуллин Лик Анварович

Тел. +7 (343) 374-03-80

Факс.: +7 (343) 374-29-23

Email: [aup@vniimt.ru](mailto:aup@vniimt.ru)

[www.vniimt.ru](http://www.vniimt.ru)