

УДК 669.162.21

**Большаков В.И. /д.т.н./, Муравьева И.Г. /к.т.н./, Семенов Ю.С., Шулико С.Т.**

Институт черной металлургии НАН Украины

## Оценка формирования слоев шихты на колошнике доменной печи с помощью радиолокационного профилемера

Представлены результаты оценки формирования слоев шихтовых материалов на колошнике доменной печи объемом 5000 м<sup>3</sup>, полученной с помощью радиолокационной системы измерения профиля поверхности засыпи при использовании различных программ загрузки. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 4 назв.

**доменная печь, профиль поверхности засыпи, радиолокационный профилемер, параметры состояния поверхности, уровень засыпи шихты, рудная нагрузка**

Для эффективной реализации возможностей управления распределением шихты в доменных печах, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами (БЗУ), необходимо совершенствование средств контроля процесса плавки и изучение взаимосвязей между измеряемыми показателями хода печи и основными параметрами доменной плавки. Основными показателями, по которым осуществляется управление ходом современных печей, являются распределение шихтовых материалов – их объемов и рудных нагрузок по радиусу печи. Главным контролируемым показателем, по которому оцениваются и корректируются программы загрузки, является распределение объемной доли CO<sub>2</sub> по радиусу печи, характер которого достаточно хорошо коррелируется с распределением рудных нагрузок [1, 2].

Одной из важных задач, которая может решаться с помощью профилемера, является определение рудных нагрузок путем оценки объемов кокса и железосодержащих материалов в слое после выгрузки каждой порции в печь и суммирования их за цикл загрузки.

Доменная печь № 9 (ДП-9) «Криво-рождстали» (V<sub>п</sub> = 5000 м<sup>3</sup>) в 2003 г. впервые в СНГ была оснащена радиолокационной системой измерения профиля засыпи на колошнике для контроля состояния поверхности засыпи шихты и выбора обоснованных управляющих воздействий на ход печи изменением программы загрузки шихтовых материалов лотковым БЗУ фирмы “Paul Wurth” [3, 4]. Особенностью этой системы измерения профиля засыпи является возможность непрерывного контроля параметров поверхности засыпи в различных сечениях колошника.

Для оценки изменения конфигурации профиля поверхности засыпи шихты в за-

висимости от программ загрузки проанализированы различные периоды работы ДП-9. Показания радиолокационных измерителей (РДУ-Х2), входящих в систему, отображались на видеокadre в виде профилей поверхности засыпи, построенных путем соединения значений расстояния по вертикали от технологического нуля (отм. 42100) до точек измерения по четырем радиусам печи. Точки измерения располагались по радиусу колошника от оси печи на расстояниях: 5,05 м (периферийная зона – ПФ), 3,8 м и 2,5 м (первая и вторая промежуточные зоны – 1П и 2П), 1,0 м (центральная зона – Ц). Профили поверхности засыпи после выгрузки порции шихтовых материалов регистрировались через 5 с. после закрытия шихтового затвора бункера БЗУ. Профили перед выгрузкой порции (исходные) фиксировались в момент поступления команды на открытие шихтового затвора. Положение и форма исходных профилей за время выгрузки порции корректировалось с учетом скоростей опускания точек профиля, определяемых после выгрузки предыдущей порции шихты. Профили поверхности засыпи и образующийся между ними слой шихтовых материалов после выгрузки каждой очередной порции

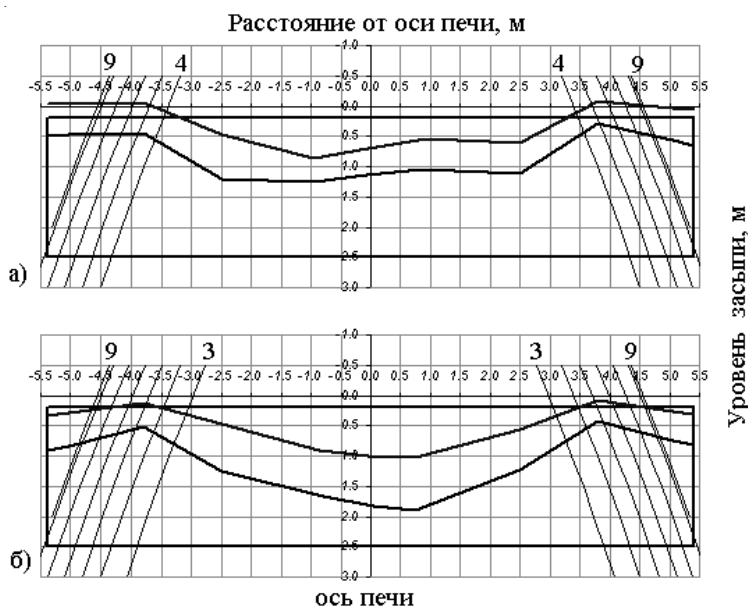


Рис. 1. Конфигурация слоя шихтовых материалов после выгрузки порции смеси АО массой 111 т и 121 т из 9-4 (а) и 9-3 (б) угловых положений лотка

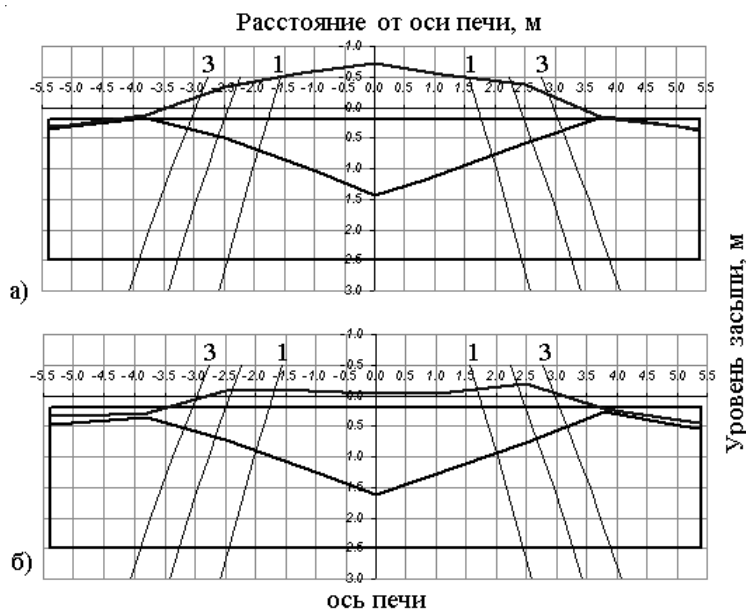


Рис. 2. Конфигурация слоя на поверхности засыпи после выгрузки порций кокса массой 26,7 т (а) и 22,0 т (б) из 3–1 угловых положений лотка БЗУ

отображались на видеокадре.

Анализ полученных данных о состоянии поверхности засыпи показывает, что увеличение в программе загрузки печи массы выгружаемой порции от 111 т до 121 т при выгрузке порции смеси агломерата (А) и окатышей (О) приводило к увеличению, как это следует из рис. 1, средней толщины слоя ( $H_{cp}$ ) от 0,55 м до 0,66 м. Кроме того, изменение угловых положений распределителя шихты (лотка) БЗУ при выгрузке порций смеси агломерата и окатышей – АО с 9–4 на 9–3 способствовало увеличению толщины слоя материалов, расположенного в центральной зоне колошника печи ( $r=3,0$  м) по сравнению с периферийной кольцевой зоной ( $r=3,0-5,4$  м). При этом, средняя высота слоя в центральной зоне печи ( $H_{ц}^{cp}$ ) увеличилась с 0,56 м до 0,80 м, а отношение средней толщины слоя в центральной ( $H_{ц}^{cp}$ ) и периферийной ( $H_{нф}^{cp}$ ) зонах колошника ( $H_{ц}^{cp} : H_{нф}^{cp}$ ) возросло от 1,03 ед. до 1,68 ед. Указанные изменения параметров профиля засыпи вызваны смещением траекторий ссыпания материалов с лотка к оси печи при использовании третьего его углового положения, а также увеличением угла наклона (откоса) исходного профиля засыпи к оси печи ( $\alpha_1$ ) от  $20^\circ$  до  $26^\circ$ .

В другом случае, уменьшение на 21,4 % массы (объема) кокса с 26,7 т ( $53,4 \text{ м}^3$ ) до 22,0 т ( $44,0 \text{ м}^3$ ) в порциях, выгружаемых с угловых позиций лотка 3–1 («осевого» кокса) на поверхность засыпи с углами откоса исходного профиля к оси печи  $\alpha_1=20-24^\circ$ , характеризовалось уменьшением высоты слоя в центре колошника ( $r=3,75$  м) на 19 % и выравниванием профиля поверхности засыпи в этой зоне (рис. 2).

Во время работы печи 16.10.2004 г. (период I) были получены профили, образованные после выгрузки в печь каждой порции шихтовых материалов

с использованием программы I, в которой один полуцикл состоял из 9 порций: К 3–1; АШ<sub>о</sub> 9–6; К 8–5; АО 9–3; КО 3–1; КШ<sub>о</sub> 8–4; АО 8–4; К 8–4; АО 9–3, где К – кокс, Ш<sub>о</sub> – обогащенный шлак, 9...1 – угловые позиции лотка БЗУ. В этом и последующих периодах работы печи цикл загрузки условно разделен на два аналогичных по выгружаемым порциям материалов полуцикла. Причем, по окончании полуцикла производится смена вида материала из выгружаемых бункеров. Загрузка шихты велась на уровень засыпи 1,0 м (по показаниям РДУ–Х2), масса рудной сыпи в подаче составляла 120,7 т, рудная нагрузка – 3,81 т/т кокса,  $\eta_{CO}=0,459$ .

Для десяти загруженных полуциклов (за 8 ч) были определены средние профили и высоты слоев материалов по диаметрам колошника после выгрузки каждой порции, а затем приведены к одному радиусу печи (рис. 3а).

Аналогичные исследования были выполнены во время работы печи 16.11.2004 г. (период II) с увеличенной до 163,5 т массой рудной составляющей подачи (рудная нагрузка 3,80 т/т кокса), загрузкой шихты на уровень засыпи 0,75 м (по показаниям РДУ–Х2) и при  $\eta_{CO}=0,431$ , при опробовании программы II, включающей 7 порций в полуцикле: К 3–1; АШ<sub>о</sub> 9–6; АО 6–3; К 8–4; А 9–6; АО 6–3; К 8–4. В связи с увеличением массы рудной части подачи до 163,5 т ( $V_{подачи} 85-90 \text{ м}^3$ ), при объеме бункера БЗУ=75  $\text{м}^3$ , рудная сыпь выгружалась двумя порциями – А 9–6 и «следом» без «меры» – АО 6–3. Для программы II усреднялись профили, образованные по двум диаметрам колошника после загрузки 13 полуциклов (в течение 8 ч) и приводились к одному радиусу печи (рис. 3б). В анализируемые периоды доменная печь работала с близкими параметрами дутьевого и газодинамического режимов. В первом и во втором периодах в печь подавалось (через 42 воздушные фурмы диаметром 150 мм) 7013  $\text{м}^3/\text{мин}$  и 6847  $\text{м}^3/\text{мин}$  дутья нагретого до  $1104^\circ\text{C}$  и  $1145^\circ\text{C}$ , при этом доля кислорода в дутье составляла 28,1% и 27,2%, а расход природного газа – 510  $\text{м}^3/\text{мин}$  и 516  $\text{м}^3/\text{мин}$ . Давление дутья в первом периоде равнялось 3,23 ати (верхний перепад давления в печи – 0,48 ати, нижний – 1,55 ати), во втором периоде – 3,10 ати (при верхнем и нижнем перепадах давления 0,57 ати и 1,47 ати). Параметры дутьевого режима обеспечивали скорость истечения дутья из воздушных фурм 201,2 м/с в первом периоде и 209,6 м/с во втором.

Из данных, приведенных на рис. 3 а, б, следует, что при близких параметрах дутьевого режима изменение программ загрузки и уровня засыпи от 1,0 м в программе I до 0,75 м в программе II существенно влияет на состояние поверхности засыпи и формирование слоев шихтовых материалов на колошнике печи. После выгрузки в печь порции «осевого» кокса – К 3–1 в полуциклах загрузки по

программам I и II (рис. 3 а, порция (1) и рис. 3 б, порция (2)) на исходный профиль, образованный, соответственно, после выгрузки порций АО 9–3 и К 8–4 с углами откоса  $\alpha_1^I=20^\circ$  и  $\alpha_1^{II}=25^\circ$  «гребень» профиля засыпи удалялся от оси печи с 1,0 м до 2,6 м. При этом, высота (толщина) слоя кокса в «гребне» во втором случае, в сравнении с первым, была меньше в 1,25 раза и составила 0,75 м. В центре печи высота образовавшегося слоя «осевого» кокса при использовании программы I составила 1,5 м, а при программе II уменьшилась до 1,25 м, т.е. кокс переместился ближе к стенке печи, в промежуточную зону колошника. Расположение слоя кокса после выгрузки его с 8...4 угловых позиций лотка БЗУ (рис. 3 а, порция (8) и рис. 3 б, порция (5)) на поверхность засыпи, образованную после выгрузки порций АО 8–4 (программа I,  $\alpha_1^I=18^\circ$ ) и АО 6–3 (программа II,  $\alpha_1^{II}=15^\circ$ ), также характеризовалась утолщением его в направлении промежуточной зоны и к стенке печи. После выгрузки порций АШо 9–6 на профиль поверхности засыпи, зафиксированный после выгрузки порции К 3–1 (рис. 3 а, порция (2) и рис. 3 б, порция (3)), высота слоя рудных материалов в периферийной зоне печи при загрузке по программе I была выше, чем при программе II и составила, соответственно 0,8 м и 0,5 м. Выгрузка в печь порций АО 6–3 на поверхность из агломерата и окатышей при использовании программы II, в отличие от загрузки порций АО 9–3 и АО 8–4, используемых в полуциклах и выгружаемых на поверхность коксового слоя программы I, способствовала перемещению рудных материалов в промежуточную и осевую зону печи и уменьшению высоты слоя в этих зонах (рис. 3 а, порции (4, 7, 9) и рис. 3 б, порции (4, 7)).

Для двух анализируемых периодов работы печи были определены значения рудных нагрузок в четырех сечениях колошника, в которых производится измерение расстояния до поверхности засыпи. Рудная нагрузка определялась как отношение массы рудной составляющей шихтовых материалов к массе кокса в цикле загрузки шихтовых материалов. В свою очередь, масса каждого материала рассчитывалась в соответствии с измеренным после выгрузки каждой порции объемом в каждой из зон колошника и насыпным весом материала ( $\gamma$ ), значения которого составляли: для кокса - 0,5 т/м<sup>3</sup>, агломерата - 1,7 т/м<sup>3</sup>, окатышей - 1,95 т/м<sup>3</sup> и обогащенного шлака - 1,6 т/м<sup>3</sup>. С учетом особенностей формирования смешанных порций на конвейере и распределения их на поверхности засыпи при расчете объемов материалов в слое принимались следующие допущения. Для всех смешанных порций агломерата

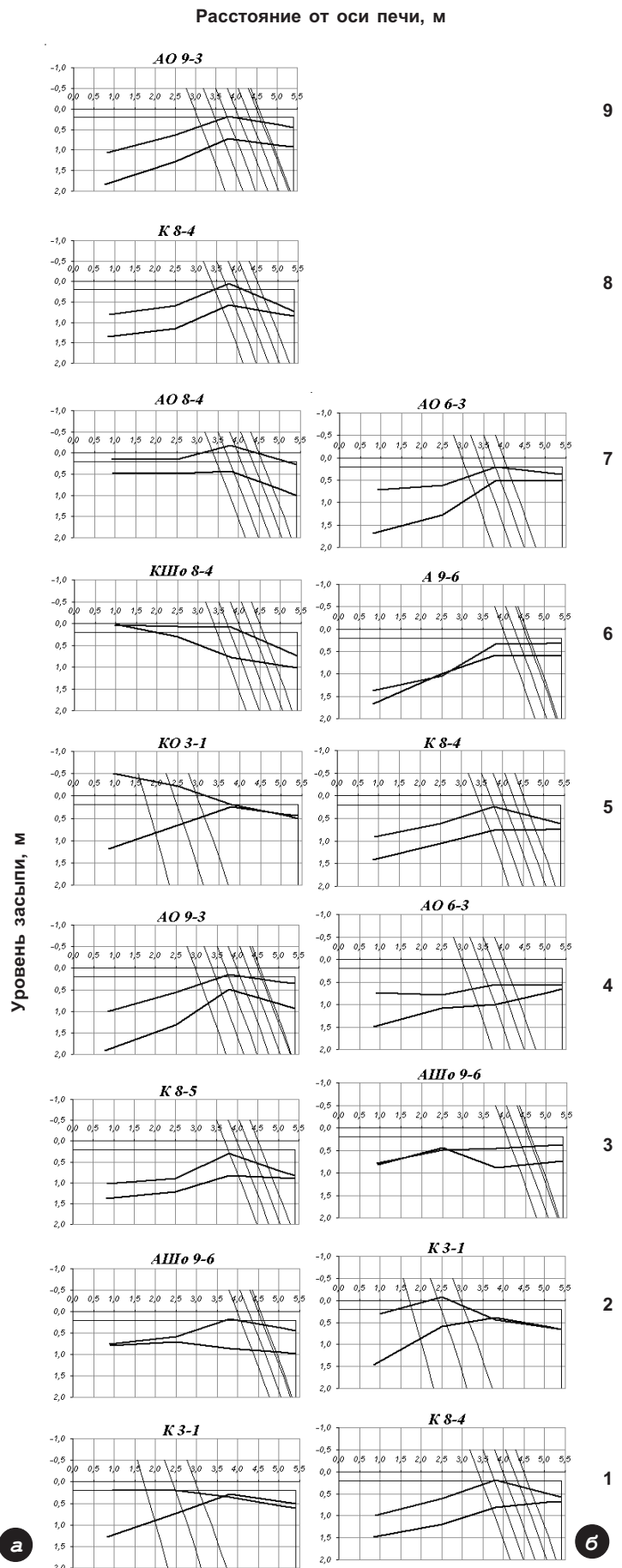


Рис. 3. Профили поверхности засыпи и слоя шихтовых материалов, усредненные и приведенные к одному радиусу колошника, после загрузки в печь порций шихты (1)...(9) по программам I (а) и II (б): наклонные линии – траектории центров тяжести потоков шихтовых материалов, сходящихся с лотка БЗУ при использовании 9...1 его угловых позиций.

**Таблица 1. Объемы кокса и железосодержащих материалов в слое после выгрузки порций и рассчитанные на их основе рудные нагрузки ( $R_i$ ) за 8 часов работы печи периода I**

Программа загрузки	Объемы материалов в четырех зонах сечения колошника, м <sup>3</sup>				
	$V_{пф}$	$V_{1п}$	$V_{2п}$	$V_{ц}$	$\Sigma$
1 – К 3-1	0,000	5,387	12,884	2,921	21,192
2 – АШ <sub>о</sub> 9-6	28,021	10,907	1,516	0,069	40,513
3 – К 8-5	13,012	11,121	5,944	0,740	30,817
4 – АО 9-3	21,812	13,678	14,175	1,726	51,391
5 – КО 3-1	0,084	11,487	21,052	4,604	37,227
6 – КШ <sub>о</sub> 8-4	21,879	12,362	2,105	0,000	36,346
7 – АО 8-4	31,171	12,203	5,583	0,848	49,805
8 – К 8-4	13,800	13,601	9,514	0,771	37,686
9 – АО 9-3	23,504	15,212	12,127	1,444	52,287
$\Sigma V_k \cdot \gamma_k$ , т	24,388	23,108	23,337	4,046	74,878
$\Sigma V_{жсм} \cdot \gamma_{жсм}$ , т	177,664	95,296	67,483	8,995	349,438
$\delta_i$ , ед	0,291	0,201	0,161	0,025	0,678
$R_i$ , т/т	7,285	4,124	2,892	2,223	

**Таблица 2. Объемы кокса и железосодержащих материалов в слое после выгрузки порций и рассчитанные на их основе рудные нагрузки ( $R_i$ ) за 8 часов работы печи периода II**

Программа загрузки	Объемы материалов в четырех зонах сечения колошника, м <sup>3</sup>				
	$V_{пф}$	$V_{1п}$	$V_{2п}$	$V_{ц}$	$\Sigma$
1 – К 8-4	11,243	11,476	6,570	0,759	30,048
2 – К 3-1	0,191	11,297	16,407	2,835	30,730
3 – АШ <sub>о</sub> 9-6	23,420	6,001	0,000	0,056	29,477
4 – АО 6-3	9,963	7,878	6,614	1,558	26,013
5 – К 8-4	15,133	12,971	6,780	0,827	35,711
6 – А 9-6	16,561	2,528	0,694	0,349	20,132
7 – АО 6-3	9,661	11,708	12,275	2,132	35,776
$\Sigma V_k \cdot \gamma_k$ , т	13,284	17,872	15,498	2,332	48,986
$\Sigma V_{жсм} \cdot \gamma_{жсм}$ , т	101,329	46,140	31,920	6,689	186,077
$\delta_i$ , ед	0,235	0,175	0,135	0,023	0,568
$R_i$ , т/т	7,628	2,582	2,060	2,868	

и окатышей, доля которых составляла 28 % для первого периода и 35% – для второго периода работы печи, а также смешанных порций кокса и обогащенного шлака, доля которого составила 41 % (для первого периода работы печи), было исключено попадание окатышей и обогащенного шлака в периферийную зону сечения колошника, в 1П, 2П и Ц зоны компоненты порций распределялись в соответствии с процентным содержанием их в порции. При расчете объема материалов в слое, образованном после выгрузки смешанной порции агломерата и обогащенного шлака, насыпной вес принимался средним, значение которого составило 1,65 т/м<sup>3</sup>. Для смешанных осевых порций кокса и окатышей, доля которых составила 23 %, материалы распределялись в соответствии с процентным содержанием их в порции в 1П, 2П и Ц зоны сечения колошника, за исключением периферийной, из которой окатыши были исключены. В табл. 1 приведены для I периода работы печи значения образованных после выгруз-

ки порций шихтовых материалов объемов в четырех зонах колошника, а также рассчитанных рудных нагрузок. Коэффициент корреляции рудных нагрузок по радиусу печи с распределением объемной доли CO<sub>2</sub> составил 0,682. Полученное значение коэффициента корреляции свидетельствует о возможности определения рудных нагрузок в сечениях колошника расчетным путем по измеренным с помощью радиолокационной системы параметрам поверхности засыпи. Для II периода работы печи значение коэффициента корреляции рудных нагрузок по радиусу печи с распределением объемной доли CO<sub>2</sub> составило 0,291. В табл. 2 для этого периода работы печи приведены значения объемов, образованных после выгрузки порций шихтовых материалов в четырех зонах колошника и рассчитанных на их основе рудных нагрузок. Практическое отсутствие взаимосвязи рудных нагрузок с CO<sub>2</sub> объясняется особенностями работы печи при данной программе загрузки. Прежде всего, для этого периода работы печи

Таблица 3. Объемы кокса и железосодержащих материалов в слое после выгрузки порций и рассчитанные на их основе рудные нагрузки ( $R_i$ ) за 8 часов работы печи 24.06.05 г.

Программа загрузки	Объемы материалов в четырех зонах сечения колошника, м <sup>3</sup>				
	$V_{пф}$	$V_{1п}$	$V_{2п}$	$V_{ц}$	
1 – К 3-1	0,000	5,666	8,191	1,175	15,032
2 – АШ <sub>о</sub> 9-5	36,121	9,212	0,428	0,144	45,905
3 – К 8-4	20,324	9,821	3,060	0,285	33,490
4 – АО 9-4	31,872	12,142	8,524	0,874	53,412
5 – К 4-1	6,558	14,251	17,514	2,708	41,031
6 – К 8-4	25,682	7,961	0,000	0,000	33,643
7 – АШ <sub>о</sub> 9-4	27,418	8,862	1,995	0,252	38,527
8 – К 7-3	20,160	12,044	6,469	0,850	39,523
9 – АО 9-3	34,291	10,003	7,904	1,377	53,575
$V_k Y_k, T$	36,362	24,872	17,628	2,511	81,372
$V_{жсм} Y_{жсм}, T$	220,493	68,978	32,712	4,588	326,772
$i, ед$	0,479	0,213	0,128	0,018	0,839
$R_i, т/т$	6,064	2,773	1,856	1,827	

характерно возникновение взвешенного слоя шихты над поверхностью засыпи в Ц и 2П зонах сечения колошника после выгрузки порций железосодержащих материалов АО 6-3. Наличие взвешенного слоя, фиксируемое радиолокационной системой, не позволяет достоверно определить толщину основного слоя железосодержащих компонентов шихты и таким образом вносит погрешность в расчет рудных нагрузок в цикле. Для исключения влияния взвешенного слоя на показания измерителей и повышения достоверности расчета параметров поверхности засыпи необходимо внесение в алгоритмы информационной системы отображения информации о состоянии параметров поверхности засыпи шихты дополнительных условий.

Распределение рудных нагрузок было определено еще для одного (третьего) периода работы печи – 24.06.05 г., в котором один полуцикл состоял из 9 порций: К 3-1; АШ<sub>о</sub> 9-5; К 8-4; АО 9-4; К 4-1; К 8-4; АШ<sub>о</sub> 9-4; К 7-3; АО 9-3. Загрузка шихты по показаниям РДУ-Х2 велась на уровень засыпи 1,4 м, масса рудной сыпи в подаче составляла 115,0 т, доля окатышей в железорудной части шихты – 18 %, рудная нагрузка – 3,86 т/т кокса,  $\eta_{со}=0,437$ .

Для трех периодов работы печи были выполнены расчеты средних рудных нагрузок в зависимости от величин частных рудных нагрузок и объемов шихтовых материалов [2] в соответствии с выражением:

$$R = \frac{\rho \sum \frac{R_i \delta_i}{\rho + R_i}}{1 - \sum \frac{R_i \delta_i}{\rho + R_i}},$$

где  $R$  – средняя рудная нагрузка в цикле, ед;  $R_i$  – рудная нагрузка в  $i$ -ой кольцевой зоне ( $i=1...4$ ), ед;  $\rho$  – отношение насыпных масс железосодержащих

и кокса, ед;  $\delta_i$  – доля объема материала, загруженного за цикл в  $i$ -ю кольцевую зону в частях от общего объема материалов за цикл, ед.

Значения средней рудной нагрузки для трех периодов работы печи составили соответственно: 2,216; 1,471; 2,850. Эти значения меньше фактического значения рудных нагрузок, которое составляет 3,8 ед. Особенно существенно, более чем в два раза, различие расчетного и фактического значений рудных нагрузок в случае работы печи во втором периоде. Это подтверждает необходимость усовершенствования методики расчета показателей распределения шихтовых материалов по результатам измерений профиля.

В табл. 3 приведены значения измеренных объемов шихтовых материалов и рассчитанных рудных нагрузок для этого периода работы печи.

Коэффициент корреляции рудных нагрузок по радиусу печи с распределением объемной доли  $CO_2$  составил 0,488. Невысокое значение коэффициента корреляции может быть объяснено происходящими процессами вытеснения кокса в результате выгрузки на него железосодержащих компонентов шихтовых материалов. Для учета этих процессов, которые вызывают изменение толщин слоев в цикле загрузки, необходима разработка специальных методик. В первом приближении, вытеснение кокса может быть учтено смещением части его массы к оси печи. С целью подтверждения правомерности этого предположения была предпринята попытка вытеснения 4 % массы кокса, выгруженного в 3-ей и 6-ой порциях из позиций лотка 84. Принятая величина вытесненного кокса основана на результатах исследований, проведенных перед задувкой ДП-9 и ДП-4 ОАО «Северсталь». Значение коэффициента корреляции рудных нагрузок по радиусу печи с распределением объемной доли  $CO_2$  возросло и составило 0,541. Это свидетельствует о том, что для повышения достоверности определения рудных на

грузок с помощью радиолокационной системы измерения профиля засыпи их расчет должен учитывать процессы уплотнения и перемещения материалов последующих порций.

Приведенные в таблицах значения удельных объемов в четырех зонах сечения колошника, полученных на основании толщин слоев, измеренных с помощью радиолокационной системы, меньше по сравнению с рассчитанными фактическими. Одной из причин несоответствия объемов может быть возможная уминка материалов при их выгрузке на поверхность засыпи, что не учтено в расчетах и требует дополнительных исследований.

В статье описана первая попытка оценки показателей распределения шихтовых материалов на основании обработки показаний профилемера при трех различных программах загрузки. Первая программа загрузки является характерной для длительного предшествующего периода работы ДП-9, она была разработана и корректировалась по методике ИЧМ. Вторая программа загрузки была экспериментальной, она введена по предложению персонала комбината и преследовала цель формирования утолщенных слоев кокса и железосодержащих материалов в рамках укороченного цикла загрузки. Третья программа загрузки представляет собою скорректированный вариант первой программы загрузки. При всех трех программах загрузки величина средней рудной нагрузки примерно одинакова, а степень использования восстановительной способности газов наибольшая при использовании первой программы и наименьшая при использовании второй программы. Во всех программах наибольшая рудная нагрузка и наибольший объем материалов создаются в периферийной зоне. Но если в первой и третьей программах эти показатели монотонно уменьшаются в направлении оси печи, то во второй программе меньшие рудные нагрузки наблюдаются в промежуточных зонах и увеличиваются в центральной.

Как показали результаты анализа, полученные на основании измерений профилемера данных, общей их особенностью являются меньшие расчетные величины рудных нагрузок и массы материала в слоях по сравнению с выгруженными из бункеров БЗУ. Это свидетельствует о том, что методики расчета и обработки результатов измерений и показателей насыпной массы материалов требуют дальнейшего уточнения и усовершенствования.

## Выводы

Выполненные на доменной печи исследования показали, что радиолокационная система измерения профиля поверхности засыпи шихты позволяет контролировать формирование слоев шихтовых материалов, образующихся в результате их выгрузки. Установлено существенное влияние на формирование профиля и слоев шихтовых материалов на колошнике изменений в программе загрузки печи: увеличения массы выгружаемой порции смеси агломерата и окатышей, изменения угловых положений распределительного лотка, уменьшения массы порций кокса. Показано, что по данным измерений радиолокационной системы могут быть приближенно рассчитаны значения рудных нагрузок в различных сечениях колошника, достоверность которых подтверждается для одного из периодов работы печи достаточно высоким коэффициентом их корреляции с распределением объемной доли  $\text{CO}_2$ . Увеличить точность и достоверность результатов оценки можно путем обеспечения однообразия отбора газа по радиусу, учета процессов смещения компонентов шихты, уточнения показателей плотности укладки шихтовых материалов на поверхности засыпи и методики обработки информации профилемера, что требует проведения дальнейших исследований.

## Библиографический список

1. Большаков В. И. Теория и практика загрузки доменных печей. М.: Металлургия, 1990. – 256 с.
2. Доменное производство «Криворожстали». Монография под редакцией чл.-корр. НАН Украины В. И. Большакова. Изд.: Криворожсталь – ИЧМ. - Дн-вск: 2004. – 376 с.
3. Технологические особенности автоматизированного измерения профиля засыпи шихты в доменной печи, оснащенной БЗУ / Большаков В. И., Муравьева И. Г., Шулико С. Т., Семенов Ю. С., Листопадов В. С., Орел Г. И // *Металлург. и горноруд. пр.* – 2003. - №4. - С. 123–127.
4. Перспективы использования профилемеров в управлении распределением шихтовых материалов в доменной печи / Большаков В. И., Муравьева И. Г., Шулико С. Т., Семенов Ю. С., Листопадов В. С. // *Теория и практика производства чугуна. Тр. Междунар. научно-технич. конференции к 70-летию КГГМК “Криворожсталь”*. - С. 404 – 408.

**Поступила 03.03.06**

