

В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ СТАЦИОНАРНЫМ ПРОФИЛЕМЕРОМ

Институт черной металлургии НАН Украины

Результаты эксплуатации отечественной радиолокационной системы измерения профиля поверхности засыпи шихты на колошнике ДП№9 показали, что эффективность использования представляемой системой информации зависит, прежде всего, от применяемых в ней алгоритмов расчета параметров профиля поверхности и визуализации полученных результатов.

В работе [1] выполнен анализ применения на доменных печах профиломеров различных конструкций для контроля изменений профиля поверхности засыпи, показана целесообразность применения многопозиционных стационарных профиломеров. Установлено, что использование стационарных профиломеров, обработка результатов их измерений позволяет получить большой объем информации об изменениях профиля засыпи и распределении скоростей опускания шихты, а также устанавливать взаимосвязь указанных параметров с режимами загрузки и характеристиками технологических процессов плавки.

В 2003 г. на доменной печи № 9 ОАО «Криворожсталь», оснащенной двухтрактовым лотковым БЗУ фирмы «Paul Wurth», в соответствии с технологическим заданием ИЧМ, установлена отечественная система контроля профиля поверхности засыпи шихты, в основу которой положен радиолокационный принцип измерения [2]. Эта система состоит из стационарно установленных пяти измерителей на куполе и пятнадцати на переходном конусе печи, расположенных по двум взаимно перпендикулярным диаметрам под указанными в технологическом задании углами наклона к вертикали. Требования к установке измерителей были сформулированы таким образом, чтобы обеспечить получение возможно полной информации о рельефе поверхности засыпи шихты [2]. С этой целью измерение уровней засыпи производится в четырех зонах сечения колошника:

- в периферийной зоне (ПФ) измерители располагаются вертикально на расстоянии не менее 0,35 м от колошниковой защиты;
- в первой промежуточной зоне (Ш) измерители располагаются на расстоянии 1,5-1,6 м от стенки печи и должны фиксировать расположение геометрического «ребра»;
- во второй промежуточной зоне (2П), которая расположена между первой промежуточной и осевой зонами, в которой должен быть определен откос профиля к оси печи, измерители располагаются под заданными углами наклона;
- в осевой зоне (Ц), которая занимает круг радиусом 1,0 м от оси

печи, для контроля осевой воронки и профиля засыпи после выгрузки порций в осевую зону, измерители располагаются под различными углами наклона.

Целью установки системы измерения профиля засыпи шихты является непрерывный контроль профиля поверхности засыпи и распределения скоростей опускания шихты на колошнике для совершенствования управления распределением шихты и газового потока по сечению печи, повышения степени использования теплового и восстановительного потенциала газового потока, обеспечения ровности хода печи, уменьшения расхода кокса, увеличения производительности доменной печи и стабилизации состава чугуна [2–5].

Для расчета и отображения в режиме реального времени параметров, характеризующих состояние поверхности засыпи шихтовых материалов на колошнике ДПП №9, ИЧМ разработана и установлена информационная система отображения состояния поверхности засыпи и движения шихтовых материалов. Рассмотрим представление информации профилемера для технологического персонала на примере характерной программы загрузки многокомпонентных порций шихты, состав и показатели которой представлены в табл.1. Информационная система позволяет определять и представлять на видеокдрах следующие параметры поверхности засыпи шихты на колошнике [4]:

1. Профили поверхности засыпи шихты по диаметрам колошника до и после выгрузки порции. На рис.1 приведены измеренные профили поверхности засыпи, при загрузке в печь порций № 2, 3 и 5. Эти данные позволяют определять толщину слоев материалов, углы откоса, глубину и смещение осевой воронки. Особенностью построения профиля поверхности засыпи является определение расчетным путем положения центральной точки воронки профиля, которое осуществляется с помощью разработанной авторами методики [6].

2. Форму и сечение слоев выгруженных порций шихты измеряемых по двум диаметрам колошника. На рис.2,а представлена совокупность слоев шихтовых материалов, образованных в столбе шихты за цикл загрузки печи. Толщина слоев определяется на основе данных о профиле поверхности засыпи с учетом выгруженного в каждой порции объема материала.

3. Распределение скоростей опускания шихтовых материалов по диаметру колошника за цикл загрузки (рис.2,б).

4. Представляется также диаграмма изменения уровней поверхности засыпи шихты по окружности печи

Информация о параметрах поверхности засыпи позволяет технологическому персоналу цеха принимать соответствующие решения по управлению ходом доменного процесса и может быть использована для установления взаимосвязи параметров профиля и технологических показателей процесса.

Таблица 1 – Состав и показатели характерной программы загрузки доменной печи объемом 5000 м³

Задание по составу подачи:

К (Орех) А О Р Изв Антр Ш Цуг.скр РН
 27,72 0,00 81,56 18,50 0,00 0,92 3,50 4,00 3,00 3,46

Состав и масса порций, т

№	К	(Орех)	А	О	Р	Изв	Антр	Ш	Цуг.скр	Сумма
10	КО 2-1	17,36		4,03						21,38
9	АОШ 9-3		81,79	17,57			3,49	3,26	3,04	109,15
8	К 8-4	19,07								19,07
7	АОШ 9-3		81,36	17,49		1,86	3,51	3,18	2,97	110,37
6	К 8-4	19,16								19,16
5	КШ 2-1	17,43						3,21		20,64
4	АОШ 9-3		81,46	17,40			3,50	3,18	3,02	108,57
3	К 8-4	18,94								18,94
2	АОШ 9-3		81,63	17,51		1,81	3,50	3,17	2,96	110,58
1	К 8-4	18,94								18,94
Сумма материалов		110,88	326,24	74,00		3,67	14,00	16,00	12,00	556,80

Распределение массы порций по позициям лотка, т

№ порции	Угловая позиция распределителя										Всего	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1		
10												21,38
9	КО 2-1	16,49	29,01	19,87	14,04	11,93	13,03	4,77		6,46	14,93	109,15
8	АОШ 9-3		2,47	3,52	3,92	4,53	4,62					19,07
7	АОШ 9-3	16,56	28,87	19,98	11,57	12,13	16,16	5,10				110,37
6	К 8-4		2,13	3,89	4,36	4,70	4,07					19,16
5	КШ 2-1									5,89	14,75	20,64
4	АОШ 9-3	16,38	29,17	19,86	12,70	11,42	14,74	4,29				108,57
3	К 8-4		2,73	3,38	4,00	4,32	4,51					18,94
2	АОШ 9-3	16,53	28,68	20,17	12,68	12,30	15,38	4,86				110,58
1	К 8-4		3,13	2,95	4,24	4,59	4,02					18,94

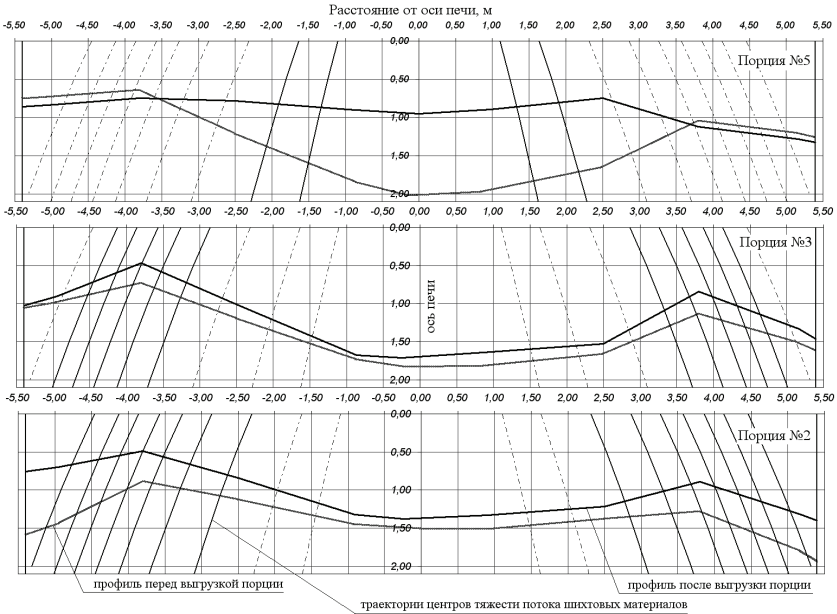
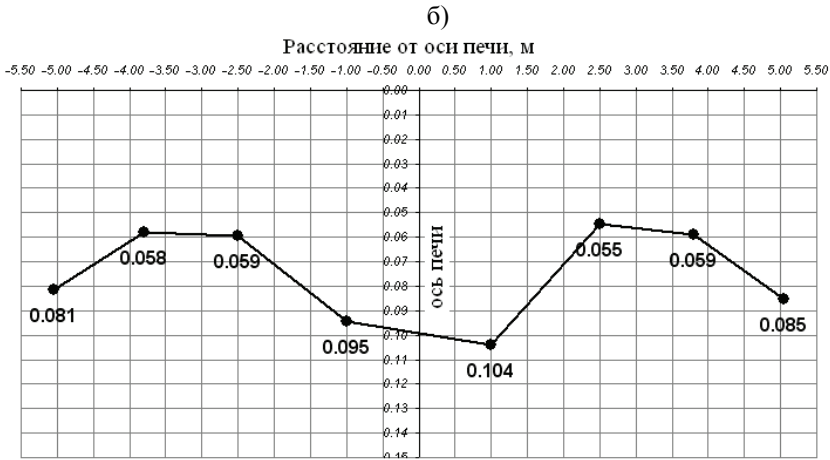
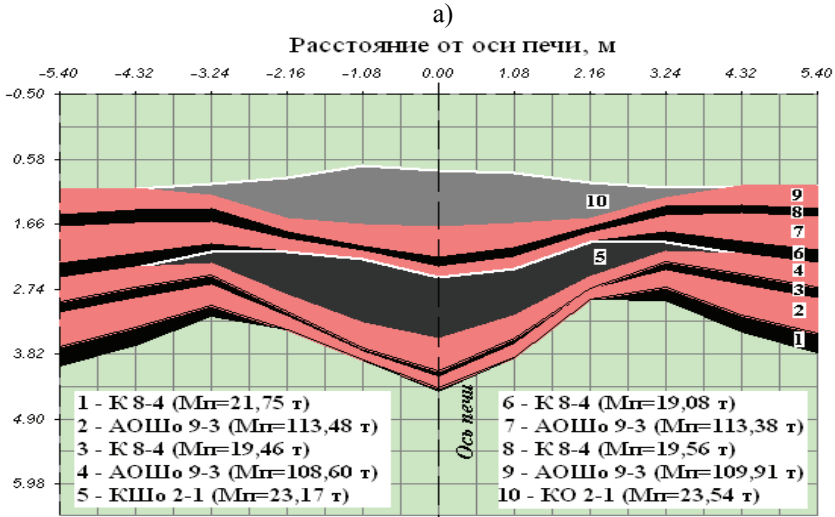


Рис.1. Профили поверхности засыпи перед и после выгрузки порций № 2, 3 и 5 программы загрузки (табл.1). Сплошными линиями показаны траектории центров тяжести потоков шихтовых материалов, использованные при загрузке данной порции.

На основании опыта эксплуатации радиолокационной системы измерения профиля засыпи шихты установлены ее технологические возможности. Важным параметром, по которому оценивается ход печи, является профиль поверхности засыпи. В зависимости от формы профиля можно оценивать распределение интенсивности движения газового потока в печи. Образующийся после выгрузки шихты выположенный или практически горизонтальный профиль поверхности засыпи является свидетельством периферийного хода печи и уменьшения степени использования восстановительных газов. В этом случае необходимо разгружать осевую зону. Такие параметры профиля, как глубина и смещение осевой воронки относительно оси печи характеризуют особенности ее хода. Например, при развитом осевом газовом потоке печи осевая воронка характеризуется большими, чем на остальной части радиусов, значениями углов откоса материала. Смещение воронки относительно оси печи характеризует нарушение хода печи, и как следствие, уменьшение ее производительности. Форма профиля засыпи шихты влияет на величину и распределение тепловых нагрузок на ограждение печи, стойкость футеровки и расход топлива. По показаниям измерителей, входящих в систему, можно обнаруживать обрывы шихты в различных сечениях печи.



Распределение скоростей опускания шихты по диаметру колошника печи, м/мин

Рис.2. Представление усредненных за 13 циклов загрузки (8 часов) результатов измерений профилюмером формы слоев шихты за цикл загрузки (а) и распределения по диаметру печи скоростей опускания шихты (б).

Важной для контроля, управления загрузкой шихты и исследований является информация об образованных за цикл загрузки слоях шихтовых материалов [7]. Форма и толщина этих слоев являются исходной информацией для прогнозирования формирования в шахте печи структуры столба шихты. Параметры сформированных за цикл загрузки слоев явля-

ются основой для корректировки либо изменения программы загрузки, что особенно важно в случае применения многокомпонентной шихты, используемой на ДПП№9. Для выбора или корректировки программ загрузки необходимо знать распределение рудных нагрузок по радиусу печи. Полученная с помощью профилемера информация об образованных за цикл загрузки слоях необходима для оценки распределения рудных нагрузок в различных сечениях колошника.

Одним из параметров, характеризующих ход печи, является скорость опускания шихтовых материалов [8]. В отличие от известных профиломеров, стационарная система позволяет одновременно измерять скорость опускания шихты в различных сечениях колошника и по характеру ее изменения судить о ходе печи. Скорость опускания шихты является индикатором распределения газового потока по сечению печи. Выполненные на ДПП№9 исследования позволили рассчитать скорость опускания шихтовых материалов в четырех сечениях колошника, значения которой для рассматриваемого периода работы печи (табл.1) составили: ПФ – 0,078-0,088 м/мин.; 1П – 0,051-0,067 м/мин.; 2П – 0,044-0,066 м/мин.; Ц – 0,089-0,106 м/мин., а в среднем по сечению колошника – 0,031-0,071 м/мин. Аналогичное распределение скоростей опускания шихты по радиусу печи, при котором скорости опускания наибольшие в оси и на периферии и имеют меньшее значение в промежуточных зонах, получено для ряда других периодов работы печи. Такое распределение скоростей объясняется особенностями программы загрузки печи с выгрузкой в цикле нескольких порций осевого кокса [8].

Оценка окружного распределения и перекосов поверхности засыпи осуществляется по изменению в периферийной зоне уровня засыпи в четырех сечениях колошника. На ДПП№9 с помощью радиолокационной системы исследовано формирование рельефа поверхности засыпи с учетом скоростей опускания шихты в различных сечениях колошника по его окружности при различных режимах работы печи. Так, например, для одного из периодов работы печи установлено понижение уровня засыпи на периферии (ПФ) на 0,5-0,7 м со стороны сектора печи, в котором скорость опускания поверхности засыпи на периферии была выше средней ее величины. Измерение окружной неравномерности уровней поверхности шихты позволяет оценить равномерность выгрузки шихты и влияние хода печи и эффективность мер по её выравниванию [9]. Контроль с помощью профилемера результатов применения различных приемов выравнивания уровня засыпи по окружности печи позволяет правильно выбирать наиболее эффективные приемы управления и необходимое время воздействия.

Профилемер позволяет изучать динамику изменения рельефа поверхности засыпи шихты между выгрузками каждой очередной и последующей порций шихтовых материалов, построить топограммы поверхности. С их помощью можно отслеживать изменение положения осевой воронки [10]. Для исследований важно оценивать процесс выгрузки шихтовых ма-

териалов из смежных положений лоткового распределителя. Такая информация позволит корректировать программу загрузки порций с учетом реальной формы поверхности засыпи, предотвращать излишнее перемещение шихты по крутым участкам откоса. Изучение поэтапной загрузки отдельных частей порции предназначено для оценки о особенностей загрузки и коррекции выгрузки отдельных порций программы.

Видеокадры информационной системы, помимо основной, содержат дополнительную информацию, характеризующую привязку измерений к временным факторам (дата, время), номер выгружаемой порции, состав порции, массу материала, направление вращения распределительного лотка, номер выгружаемого бункера, программу загрузки, текущие значения параметров дутьевого режима: расхода и давления дутья, температуры и давления колошникового газа, доли кислорода в дутье, расхода природного газа, значений верхнего и нижнего перепадов давления, индикацию времени выпуска чугуна и номера летки.

В течение четырех лет эксплуатации радиолокационного профилемера на ДП№9 сотрудниками ИЧМ выполнен большой объем исследований, направленных на изучение его функциональных и технологических возможностей. Результаты этих исследований показали, что информативность системы измерения профиля поверхности засыпи шихты на колошнике может быть обеспечена установкой меньшего числа радиолокационных измерителей. Результаты исследований на ДП№9 позволят оптимизировать структурный состав, количество и расположение датчиков радиолокационной системы измерения профиля поверхности засыпи для каждой конкретной доменной печи.

Заключение.

Результаты эксплуатации отечественной радиолокационной системы измерения профиля поверхности засыпи шихты на колошнике ДП№9 показали, что получаемая с ее помощью информация необходима как технологическому персоналу цеха для обоснованного принятия решений по выбору управляющих воздействий на ход доменной плавки, так и специалистам-исследователям для оценки, корректировки и выбора программ загрузки шихтовых материалов. Эффективность и удобство использования представляемой системой информации зависит, прежде всего, от применяемых в ней алгоритмов расчета параметров профиля поверхности и визуализации полученных результатов.

1. *Большаков В.И., Муравьева И.Г.* Средства контроля профиля поверхности засыпи шихты в доменной печи. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2002. – № 2. – С.91–94.
2. *Технологические* требования к установке радиолокационного профилемера на колошнике доменной печи. / *И.Г.Муравьева, В.И.Большаков, С.Т.Шулико и др.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2002. – № 4. – С.109–112.

3. Доменное производство «Криворожстали». Монография под ред. чл. корр. НАНУ В.И.Большакова. – Дн–ск, ИЧМ, «Криворожсталь». 2001. – 378 с.
4. *Использование информации профилемера для выбора управляющих воздействий на ход доменной плавки* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, С.Т.Шулико, В.С.Листопадов и др. // Бюл. НТЭИ. Черная металлургия. – 2006. – Вып.5. – С.29–34.
5. *Большаков В.И., Муравьева И.Г.* Перспективы управления ходом доменной печи с использованием результатов измерения профиля засыпи. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2004. – № 4. – С.81–84.
6. *Патент* UA 9308U на полезную модель 7С21В7/00. Способ определения профиля поверхности засыпи шихты на колошнике доменной печи / В.А.Шеремет, В.С.Листопадов, В.И.Большаков, С.Т.Шулико, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов. // Бюл., № 9, 2005. Заявл. 17.03.05. Опубл. 15.09.05.
7. *Оценка формирования слоев шихты на колошнике доменной печи с помощью радиолокационного профилемера* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов, С.Т.Шулико. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – № 3. – С.5–10.
8. *Анализ результатов исследований скоростей опускания шихты в доменных печах* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов, С.Т.Шулико. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Тр. ИЧМ. – 2006. – Вып.12. – С.109–117.
9. *Большаков В.И.* Особенности управления окружным распределением шихты и газов в доменных печах // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2001. – № 5. – С.80–84.
10. *Оценка положения центра воронки поверхности засыпи шихты относительно оси печи* / В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов, С.Т.Шулико. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – № 2. – С.106–111.

Сведения об авторах:

Большаков Вадим Иванович, член-корреспондент НАН Украины, директор Института черной металлургии НАН Украины

Муравьева Ирина Геннадиевна, канд.техн.наук, ст.научн.сотр. Института черной металлургии НАН Украины

Семенов Юрий Станиславович, аспирант, мл.научн.сотр. Института черной металлургии НАН Украины