



Большаков В. И. /д. т. н./,  
Семенов Ю. С. /к. т. н./,  
Шумельчик Е. И., Горупаха В. В.\*  
Институт черной металлургии  
им. З. И. Некрасова НАН Украины

Подкорытов А. Л.,  
Зубенко А. В.  
ПАО «Енакиевский металлургический завод»

## Реализация энергосберегающей технологии загрузки современной доменной печи в конъюнктурных топливно-сырьевых и технологических условиях

Приведены основные результаты освоения доменной печи № 3 ПАО «Енакиевский металлургический завод», оборудованной бесконусным загрузочным устройством фирмы «Paul Wurth» в сложившихся сырьевых и технологических условиях за период 2011-2014 гг. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 9 назв.

**Ключевые слова:** доменная печь, шихтовые материалы, программа загрузки, бесконусное загрузочное устройство, распределение шихты

*The main results of the development of the blast furnace № 3 PJSC «Enakiyev Steel», equipped with a bell less top charging device company «Paul Wurth» in the current raw materials and process conditions for the period 2011-2014.*

**Keywords:** blast furnace, charge materials, charging program, bell-less charging device, the distribution of charge

### Введение

Для эффективного управления распределением шихтовых материалов в доменной печи (ДП) необходима достоверная информация о характере движения материалов по тракту загрузочного устройства, в колошниковом пространстве и распределения их на поверхности засыпи шихты. Такая информация может быть получена при проведении предпусковых исследований распределения шихтовых материалов на колошнике [1-3]. В октябре 2011 г. после реконструкции была введена в эксплуатацию современная ДП № 3 ПАО «ЕМЗ» объемом 1719 м<sup>3</sup>. ДП № 3 оборудована лотковым однотрактным бесконусным загрузочным устройством (БЗУ) фирмы «Paul Wurth», предусматривающим возможность загрузки шихтовых материалов с температурой до 400 °С. Выполненные перед пуском ДП № 3 исследования параметров потока шихтовых материалов, распределения массы порций и их компонентов на колошнике, а также определение расходных характеристик шихтового затвора бункера БЗУ, исследование формирования профиля поверхности засыпи шихты, гранулометрического и компонентного составов слоя железосодержащих материалов по радиусу колошника позволили после задувки печи реализовать рациональные программы загрузки ДП [3].

### Модельная система поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки

На основании результатов, полученных в ходе выполнения предпусковых исследований с целью оптимизации выбора рациональных режимов загрузки печи в ИЧМ, была разработана и реализована на ДП № 3 модельная система поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки ДП, которая служит обучающим инструментом для технологов доменного цеха при освоении персоналом нового загрузочного устройства (рис. 1). В основу разработанной системы были положены алгоритмы созданной в ИЧМ ранее и доработанной в последние годы математической модели радиального распределения шихты на колошнике [4].

Модельная система разработана с учетом особенностей автоматизированной системы управления (АСУ) ДП № 3, конструктивных параметров ДП, БЗУ и оборудования системы загрузки. Реализованная система позволяет рассчитывать рудные нагрузки (РН) и объемы материалов в равных по площади кольцевых зонах колошника, что является важной информацией для корректировки существующих и выбора рациональных программ загрузки ДП № 3 [5].

Примечание. \* – В работе принимали участие от ИЧМ: Иванча Н. Г., Можаренко Н. М. /к. т. н./, Вишняков В. И., Наследов А. В.; от ПАО «ЕМЗ»: Кузнецов А. М. /к. т. н./, Сапрыкин Н. М., Хайбулаев А. С.

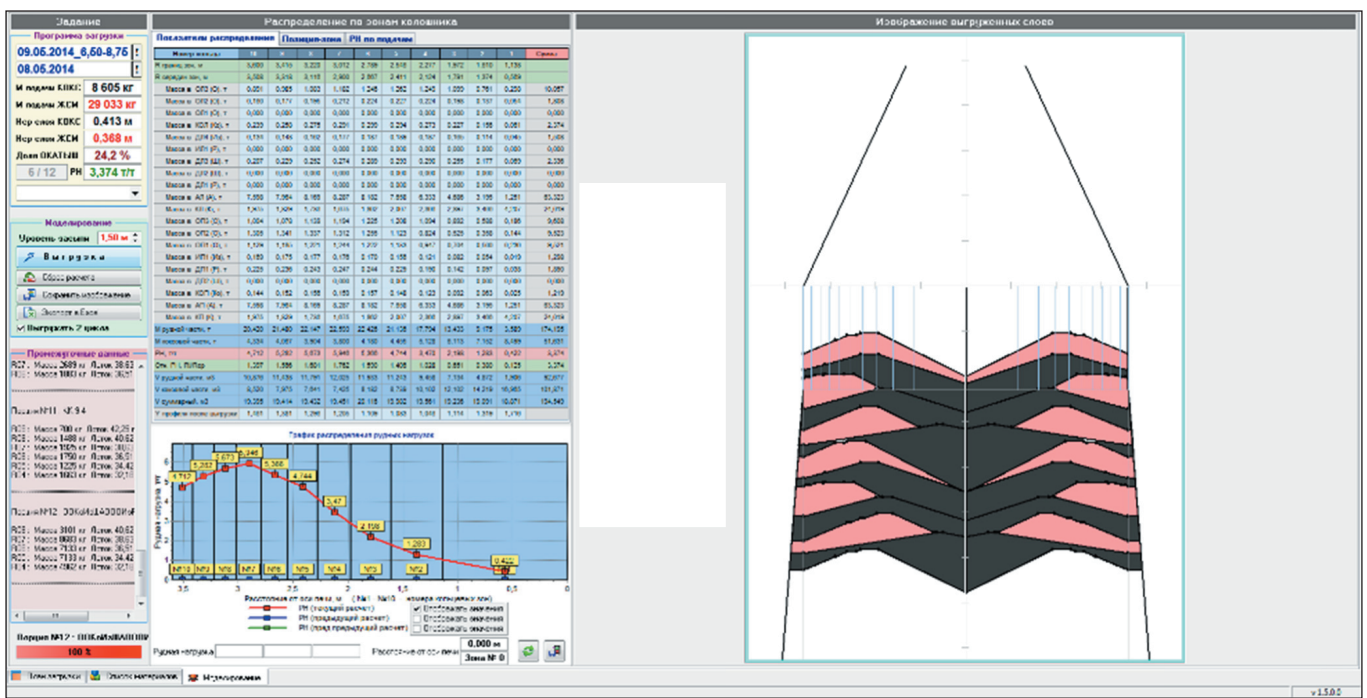


Рис. 1. Видеоквдр модельной системы поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки

Выбор рациональных режимов загрузки доменной печи для условий работы с малой массой подачи и с нестабильным качеством шихтовых материалов

На ДП № 3 с начала кампании печи использовалось более 15 вариантов программ загрузки, распределение средних расчетных РН и диапазон их изменения в равных по площади зонах колошника для используемых программ загрузки, представлены на рис. 2. Изменения программы загрузки с октября 2011 г. были направлены на обеспечение стабильной работы печи, высо-

ких технико-экономических показателей и обусловливались различными изменениями технологических и шихтовых условий, к которым относились изменения: качества кокса и железосодержащих материалов; соотношения агломерата и окатышей в составе шихты; количества в шихте добавок, таких как конвертерный шлак, коксовый орех и марганецсодержащие материалы; состава и температуры дутья; интенсивности плавки, в зависимости от потребностей предприятия.

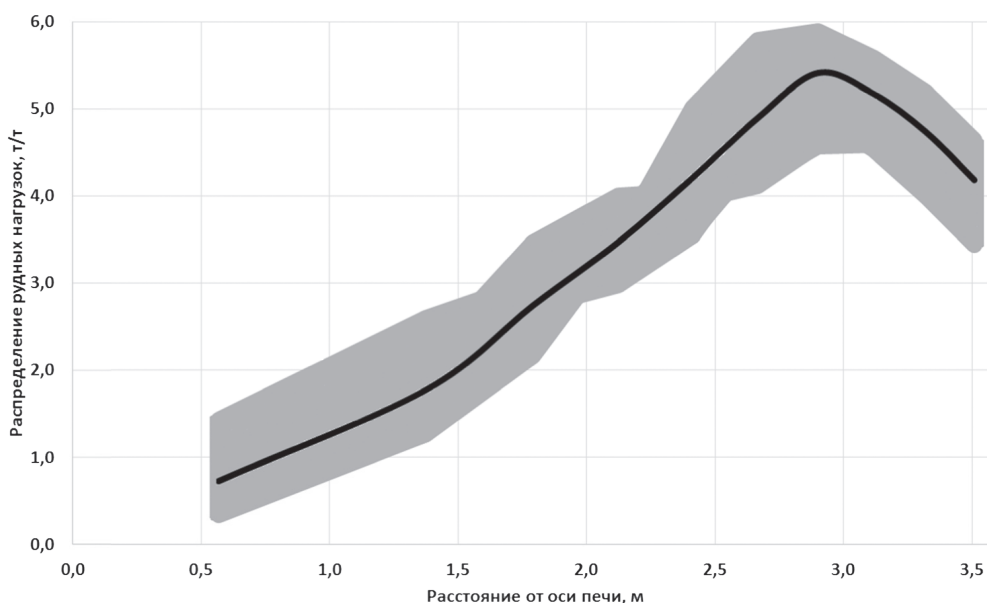


Рис. 2. Распределение средних расчетных РН и диапазон их изменения по радиусу печи для используемых на ДП № 3 программ загрузки с начала ее кампании

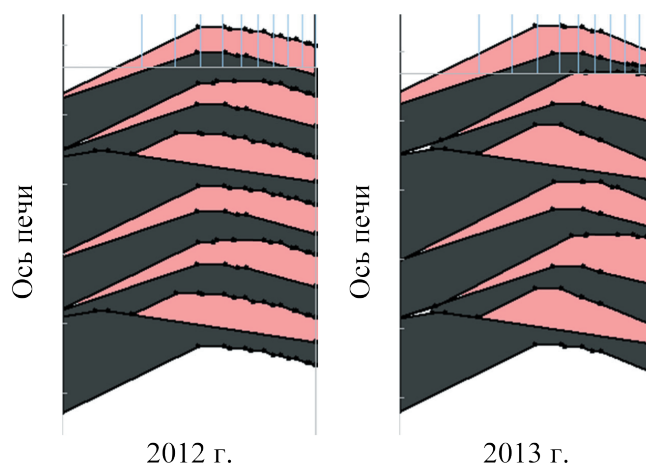
Целью используемых на ДП № 3 программ загрузки в 2011-2012 гг. являлось обеспечение стабильного хода печи и высоких технико-экономических показателей доменной плавки, и до ухудшения качества шихтовых материалов на ДП № 3 были достигнуты высокие показатели плавки [6]. Во второй половине 2012 г., после ухудшения качества и стабильности шихтовых материалов, решение поставленной задачи в полном объеме было затруднено. Помимо этого, обеспечение стабильного хода плавки осложнялось также отсутствием возможности использования промывочных материалов и работой ДП № 3 в сложившихся условиях с малой величиной подачи и низким уровнем засыпи (меньше 2,5 м). Масса коксовых порций в этих условиях составляла 7,0-8,0 т (при максимально возможной 10,5 т). При увеличении массы подачи в сложившихся условиях имели место верхние «подвисания» шихты, сопровождающиеся неровностью схода материалов.

Известно [1], что начальные и конечные позиции лотка, в которые выгружаются части порции, можно смещать по радиусу в заданной последовательности и, в конечном итоге, формировать необходимый профиль засыпи и заданное распределение РН по радиусу колошника. Так, смещая в цикле загрузки каждую первую позицию при выгрузке следующих порций железосодержащих материалов сначала к оси, а затем к периферии, в столбе шихты можно образовать на периферии достаточно значительное по высоте коксовое кольцо (в разрезе – «журавлиный клин» из железосодержащих материалов). При этом динамика образования столба шихты в рамках цикла загрузки, а именно – переменная РН при формировании столба, создает благоприятные условия для более полного использования тепловой энергии газового потока [1].

В связи с особенностями работы ДП № 3 в условиях низкого качества кокса был пересмотрен подход к выбору рациональных программ загрузки, способствующих стабилизации хода печи. А необходимость изменения программы загрузки на ДП № 3 в начале 2013 г. была также обусловлена и интенсивным горением фурм, сопровождающимся высоким расходом кокса по причине сохранявшегося, как и во второй половине 2012 г., нестабильного низкого его качества (показатель горячей прочности кокса (CSR) составлял 41,0 %, реакционной способности (CRI) – 40,6 %).

Особенностью предложенной для реализации на ДП № 3 в 2013 г. программы загрузки явилось уменьшение количества рабочих угловых положений лотка БЗУ при выгрузке пор-

ций с шести-восемью до пяти. Это позволило увеличить толщину слоев шихтовых материалов на загружаемых участках радиуса печи. Также в предложенной программе загрузки каждая последующая порция цикла загрузки смещает условный «гребень» шихтовых материалов относительно условного «гребня», сформированного выгрузкой предыдущей порции (по принципу «журавлиного клина»), что направлено на изменение направления движения газового потока и увеличение времени пребывания газов в столбе шихты. Кроме того, использование при выгрузке порции меньшего количества угловых положений лотка БЗУ увеличивает точность позиционирования лотка и дозирования шихтовых материалов в заданном угловом положении, что особенно актуально при работе на малых подачах. Расчетная структура столба шихтовых материалов для программ загрузки, используемых на ДП № 3 в 2012 и 2013 гг. представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Расчетная структура столба шихтовых материалов для программ загрузки, используемых на ДП № 3 в 2012 и 2013 гг.**

После изменения на ДП № 3 программы загрузки сход шихты стал стабильным без «подстоев» и «обрывов», температура периферийных газов уменьшилась на 65 °С от 640 °С до 575 °С, что позволило при увеличении в шихте количества горячего агломерата продлить срок службы лотка БЗУ. Температура колошникового газа увеличилась незначительно: от 295 °С до 310 °С. Распределение по радиусу печи температур поверхности засыпи шихты по показаниям стационарных термобалок характеризовалось стабильным центральным газораспределением и постепенным уменьшением температур в промежуточной и периферийной зонах печи. После изменения программы загрузки прекратилось интенсивное горение фурм, стала возможной работа без верхних «подвисаний» с уровнем

засыпи 1,3 м, которая сопровождалась относительно стабильным верхним перепадом давления [7]. Расчет влияния технологических факторов на удельный расход кокса до и после изменения программы загрузки показал, что приведенный расход кокса после изменения программы загрузки уменьшился на 2 %.

Таким образом, в условиях нестабильного качества шихтовых материалов при работе доменной печи с малой массой подачи предложен подход к выбору рациональных программ загрузки БЗУ, основанный на уменьшении количества рабочих угловых положений лотка и смещении от порции к порции центра тяжести порции вдоль радиуса колошника. Положительный опыт реализации такой программы загрузки был получен на ДП № 3 ПАО «ЕМЗ» в 2013 г.

#### Выбор рациональных углов наклона лотка БЗУ при изменении конфигурации футеровки лотка

В апреле и в октябре 2013 г. в доменном цехе для увеличения срока службы лотка БЗУ было принято техническое решение поэтапного увеличения длины ребристо-ячеистой футеровки. На рис. 4 показан чертеж лотка с указанием периодов изменения границ ребристо-ячеистой и гладкой частей лотка.

В период работы ДП № 3 октябрь 2013 г. – июнь 2014 г. длина гладкой (конечной) части лотка составляла 520 мм, что соответствует 15 % длины лотка. При пуске ДП № 3 в ноябре 2011 г. длина гладкой части составляла 1500 мм (50 % длины лотка). Таким образом, при изменении

футеровки лотка в 2013 г. увеличился коэффициент трения материалов на лотке, что привело к необходимости изменения рабочих углов его наклона для попадания центра потока в соответствующую угловому положению лотка кольцевую зону колошника. С учетом изменения соотношения гладкой и ребристо-ячеистой частей футеровки лотка расчетным способом были определены и установлены на ДП № 3 в начале октября 2013 г. новые рабочие углы наклона лотка.

Для проверки расчетных углов наклона лотка специалистами ИЧМ на остановке доменной печи были выполнены исследования по определению характеристик потока шихтовых материалов при выгрузке их в печь. Их определение было выполнено по расположению точек встречи потока с плитами колошниковой защиты, зафиксированных с помощью мерных деревянных реек по методике ИЧМ [3]. Результаты исследований показали правильность выбранных расчетным способом углов наклона лотка и явились основанием для дальнейшего их использования в АСУ загрузкой ДП № 3.

Конструкция нового лотка, установленно после капитального ремонта 3-го разряда в июне 2014 г. вновь претерпела изменений: длина гладкой части лотка была увеличена по сравнению с лотком, используемым ранее, и составила 930 мм (31 % длины лотка). Увеличение гладкой части лотка связано с его изготовлением по проекту апреля 2013 г. (см. рис. 4). Следовательно, очередное изменение конструкции лотка с уменьшением коэффициента трения материалов на лотке обусловило проведение исследо-

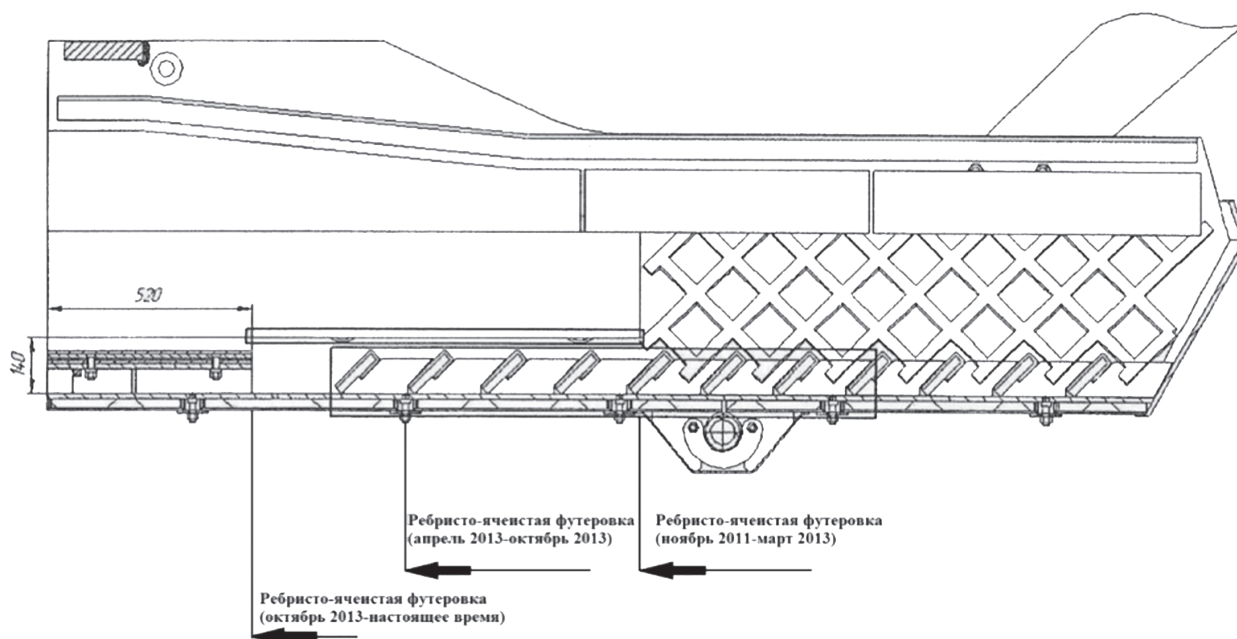


Рис. 4. Изменения длины ребристо-ячеистой футеровки лотка БЗУ ДП № 3 в апреле и в октябре 2013 г.

ваний характеристик потока шихтовых материалов, выгружаемых с лотка, которые были выполнены при загрузке задувочной шихты после проведения в июне 2014 г. капитального ремонта 3-го разряда с торкретированием шахты ДП № 3.

Результаты выполненных замеров параметров потока кокса по расположению точек встречи потока с плитами колошниковой защиты и сформированного гребня железосодержащих материалов позволили уточнить расчетные траектории движения шихтовых материалов в рабочем пространстве печи и определить углы наклона лотка, обеспечивающие требуемый диапазон регулирования распределения шихтовых материалов на колошнике. Расчетные значения углов наклона лотка, определенные на основании экспериментальных данных для различных значений уровня засыпи, были установлены в АСУ загрузкой на ДП № 3.

### **Разработка мероприятий по оперативному управлению периферийным газовым потоком, в том числе при переходе на технологию вдувания пылеугольного топлива**

Как известно, излишне развитый периферийный газовый поток возникает при работе печи с разрыхляющими периферию режимами загрузки, увеличении доли мелочи в железорудных материалах (ЖРМ), использовании малопрочного кокса и недостаточном количестве дутья, характеризуется низким содержанием  $\text{CO}_2$  у стенки печи (до 2-4 %) и высоким (10-12 %) в осевой зоне. Такое газораспределение ухудшает использование тепловой и химической энергии газов, увеличивает удельный расход кокса и уменьшает производительность печи. Длительная работа в таких условиях приводит к значительному уменьшению активности осевой зоны шахты и горна, способствует повышенному износу кладки заплечиков и шахты, а также выходу из строя холодильников и воздушных фурм. Ухудшается ровность хода печи, сопровождающаяся неравномерным опусканием шихты с подстоями и обрывами ее по ходу печи. Нередко при загромождении периферии происходит также образование канального хода. Правильная и своевременная оценка характера газового потока, на основании совместного анализа данных визуального наблюдения и контрольно-измерительной аппаратуры (для условий ДП № 3 и ДП № 5 ПАО «ЕМЗ» – термопары кладки шахты и периферийного газового потока, термопары газоотводов и термобалки, установленные над поверхностью засыпи) – позволяет достаточно быстро корректировать ход печи путем изменения параметров режима загрузки,

сохраняя при этом стабильность режима горна. Одними из наиболее эффективных способов «подгрузки» периферии являются уменьшение массы кокса и увеличение количества ЖРМ на периферии. Однако преждевременная загрузка периферии ЖРМ при низкой газопроницаемости оси приводит к «подвисанию» шихты и принудительным осадкам.

В настоящее время широкое применение получила технология вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) в горны доменных печей. Это в первую очередь связано с такими преимуществами данной технологии, как уменьшение расхода кокса; уменьшение до минимума, вплоть до исключения, использования природного газа; уменьшение содержания серы в чугуне за счет применения качественных низкосернистых углей.

Применение пылеугольного топлива (ПУТ) на доменных печах в современных шихтовых условиях требует особого подхода в управлении радиальным и окружным распределением шихты и газов. Практика вдувания ПУТ показывает, что в этом случае укорачивается окислительная зона и возникает чрезмерно развитый периферийный газовый поток. Поскольку при вдувании в горн доменной печи ПУТ уменьшается расход загружаемого в печь кокса, вследствие чего ухудшается газопроницаемость шихты, то происходит перераспределение потоков газа и с усилением периферийного газового потока смещаются зоны воздействия максимальных тепловых нагрузок по высоте печи в зону распара, заплечиков, а также первого и второго рядов низа шахты [8]. Следствием этого являются прогары и разрушения холодильных плит наиболее теплонагруженных зон, что приводит к аварийным ситуациям и дополнительным остановкам доменной печи. Помимо этого создаются условия для нарушения футеровки шахты доменной печи и неустойчивости гарнисажа. Для увеличения стойкости холодильников разрабатываются новые конструкции с более интенсивным охлаждением. Предлагаются также более стойкие огнеупоры для низа печи и охлаждаемой части шахты. Помимо этого необходимо дополнительно использовать рациональные приемы управления загрузкой и дутьевыми параметрами. Технологической мерой воздействия на чрезмерно развитый периферийный газовый поток при применении технологии вдувания ПУТ является разработка и реализация приемов оперативного управления распределением шихты по радиусу печи.

На печах, оборудованных БЗУ (ДП № 3 ПАО «ЕМЗ») для оперативного управления чрезмерно развитым периферийным газовым потоком

рациональным является использование следующих приемов:

1) использовать принцип неравномерности масс порций кокса в цикле загрузки с уменьшением массы порций кокса, выгружаемых в центральную зону печи и увеличением массы порций кокса, выгружаемых в промежуточную зону;

2) использовать прием перераспределения кокса от стенки к промежуточной и центральной зонам печи;

3) использовать прием перераспределения железосодержащих материалов от промежуточной к периферийной зонам печи.

Вышеприведенные мероприятия эффективно осуществлять в изложенной последовательности.

### **Реализация на практике мероприятий по оперативному управлению периферийным газовым потоком**

В мае 2014 г. на ДП № 3 в программу загрузки был внесен ряд изменений, необходимость которых обусловлена слаборазвитым центральным газораспределением с преобладанием периферийного газового потока, температура периферийных газов составляла более 450 °С. На первом этапе 08.05.2014 г. было изменено распределение коксовых порций программы загрузки с перераспределением кокса от стенки печи к промежуточной и центральной зонам печи, а также увеличено количество кокса, загружаемого в центр печи.

После изменения программы загрузки температура периферийных газов уменьшилась до 408 °С, расход условного кокса (с учетом коксового ореха и природного газа с коэффициентами замены 0,8) уменьшился от 532 кг/т чугуна (01-07.05.2014 г.) до 523 кг/т чугуна (09-16.05.2014 г.). С 17.05.2014 на ДП № 3 был уменьшен расход природного газа на 10 м<sup>3</sup>/т чугуна, что привело к увеличению температуры периферийных газов до 600 °С и расходу условного топлива до 535 кг/т чугуна. Указанные технологические изменения обусловили необходимость дальнейшей корректировки программы загрузки.

Следующим этапом изменения режима загрузки было увеличение толщины коксовых слоев в промежуточной зоне для улучшения ее газопроницаемости путем перераспределения масс порций кокса в цикле загрузки. Указанный прием был реализован в два этапа и направлен на обеспечение узкой осевой отдушины и более эффективного перераспределения газового потока от периферии к центру печи. Так, на первом этапе – 20.05.2014 г. массы порций осевого кокса скорректированной 08.05.2014 г. програм-

мы загрузки были уменьшены от 8,0 т до 7,0 т, а массы остальных коксовых порций – увеличены от 8,0 т до 8,5 т. На втором этапе – 22.05.2014 г. массы порций осевого кокса были уменьшены от 7,0 т до 6,5 т, массы остальных коксовых порций – увеличены от 8,5 т до 8,75 т. Помимо указанных изменений для сохранения устойчивого центрального газораспределения при работе с более узкой осевой коксовой отдушиной было изменено распределение одной порции железосодержащих материалов цикла загрузки с перераспределением материалов к периферийной зоне печи с использованием при выгрузке этой порции угловых положений лотка 9-5 вместо используемых ранее 8-4.

После перераспределения масс порций кокса цикла загрузки и изменения программы загрузки температура периферийных газов уменьшилась от 600 °С до 484 °С, расход условного кокса уменьшился от 535 кг/т чугуна (17-19.05.2014 г.) до 529 кг/т чугуна (23.05-09.06.2014 г.). Также после внесения изменений в программу загрузки 22.05.2014 г. было зафиксировано увеличение степени использования восстановительной способности газов от 41,0 % до 42,6 %.

### **Рекомендации по управлению окружным распределением шихтовых материалов на ДП № 3**

Равномерный ход доменной плавки по окружности печи позволяет обеспечить высокие показатели по степени использования восстановительной способности газов и уменьшить расход энергоносителей. Для доменной плавки неизбежным является неравномерное распределение газовых потоков в доменной печи. Основными причинами неравномерности распределения газовых потоков в доменной печи являются конструктивные особенности загрузочных устройств и способа подвода дутья в печи, а также изменения газопроницаемости отдельных частей столба шихты в доменной печи [2, 9]. Для обеспечения эффективного управления окружным распределением шихты и газов в доменной печи загрузочное устройство должно обеспечивать возможность реализации двух режимов – равномерного распределения шихты по окружности и направленного неравномерного с подачей увеличенных или уменьшенных объемов компонентов шихты в заданные секторы колошника.

В настоящее время на ДП № 3 ПАО «ЕМЗ» по рекомендации ИЧМ реализованы следующие приемы управления окружным распределением шихтовых материалов: смена направления вращения лотка БЗУ раз в 24 порций, что при загрузке в печь, в среднем, 8 подач в час составляет

## ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

один раз в 1,5 часа. Этот прием позволяет устранить неравномерности распределения шихты, образованные по окружности печи под термобалками; способ попарного перешагивания, при котором каждая последующая пара порций (порция кокса и ЖРМ) в цикле загрузки, состоящем из 12 порций, начинает выгружаться в печь при прохождении лотком смещенного по ходу или против хода часовой стрелки на 60° сектора печи по окружности (табл. 1, базовый вариант). Этот способ позволяет компенсировать окружную неравномерность шихты, вызванную образованием в печи либо незамкнутых колец, либо колец с перекрытием.

Установленная в феврале 2013 г. на ДП № 3 программа загрузки, характеризующаяся образованием в печи смещенных по радиусу колош-

ника условных «гребней» [7], которые могут приводить к образованию в печи концентрированной окружной неравномерности и, как следствие, к увеличению разброса температур периферийных газов, обусловила доработку существующего способа попарного перешагивания. Корректировка установленного ранее способа заключалась в том, что каждая порция матрицы загрузки начинает выгружаться в печь при прохождении лотком шести различных положений по окружности (см. табл. 1, скорректированный прием). После установки в октябре 2013 г. скорректированного способа существенно уменьшился диапазон изменения температур кладки верхних горизонтов шахты по окружности ДП № 3 (рис. 5).

Таблица 1

Алгоритмы способов попарного перешагивания

№ порции	Вид материала	Гаражные положения лотка, при прохождении которых начинается выгрузка в печь						
		Способ попарного перешагивания (базовый вариант)	Скорректированный способ попарного перешагивания					
			Цикл № 1	Цикл № 2	Цикл № 3	Цикл № 4	Цикл № 5	Цикл № 6
1	Кокс	30	30	330	270	210	150	90
2	ЖСМ	30	30	330	270	210	150	90
3	Кокс	90	90	30	330	270	210	150
4	ЖСМ	90	90	30	330	270	210	150
5	Кокс	150	150	90	30	330	270	210
6	ЖСМ	150	150	90	30	330	270	210
7	Кокс	210	210	150	90	30	330	270
8	ЖСМ	210	210	150	90	30	330	270
9	Кокс	270	270	210	150	90	30	330
10	ЖСМ	270	270	210	150	90	30	330
11	Кокс	330	330	270	210	150	90	30
12	ЖСМ	330	330	270	210	150	90	30

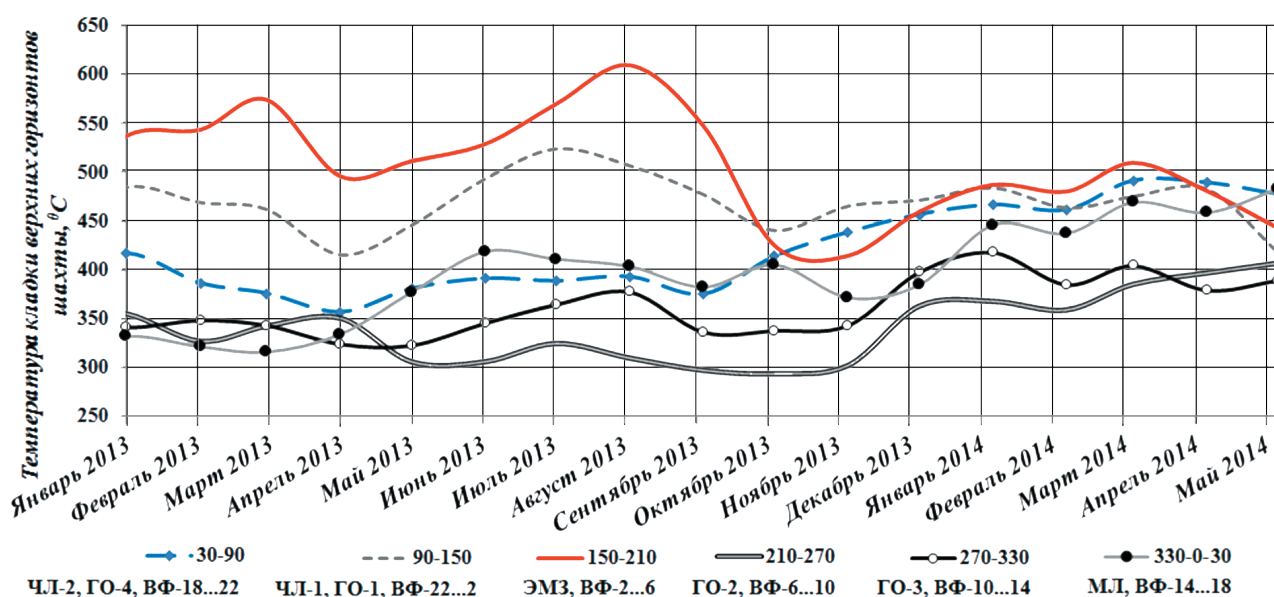


Рис. 5. Распределение температур кладки верхних горизонтов шахты по окружности ДП № 3 до и после реализации скорректированного способа управления ОРШ

Так за период октябрь 2013 г. – май 2014 г. среднеквадратичное отклонение температур составило 51 °С, по сравнению с 79 °С в предшествующем периоде апрель 2013 г. – сентябрь 2013 г.

#### Загрузка задувочной шихты после проведения капитального ремонта с торкретированием шахты

Для увеличения межремонтного периода эксплуатации доменной печи во избежание повреждения футеровки шахты после ее торкретирования при загрузке задувочной шихты необходимо исключить попадание потока материалов непосредственно на торкретированную поверхность. Для этого при разработке программы загрузки задувочной шихты должны выбираться соответствующие этому требованию траектории загрузки материалов с лотка БЗУ. Также для обеспечения прогрева футеровки шахты доменной печи в раздувочный период программа загрузки задувочной шихты должна характеризоваться уменьшенной рудной нагрузкой в периферийной зоне доменной печи для обеспечения умеренно развитого периферийного газораспределения. По достижению уровня засыпи 8,0 м для предотвращения чрезмерной глубины осевой воронки поверхности засыпи в процессе загрузки необходимо периодически осуществлять выгрузку кокса 100 % в 1-е угловое положение. Поскольку траектории движения шихты в рабочем пространстве и углы наклона лотка БЗУ ДП № 3 разработаны для диапазона изменения уровня засыпи 0,0-5,0 м с шагом 0,1 м, то до достижения уровня засыпи 5,0 м, углы наклона лотка БЗУ используются для уровня засыпи 5,0 м. В табл. 2 представлена программа загрузки задувочной шихты, отвечающая сформулированным выше требованиям.

Программа загрузки задувочной шихты, представленная в табл. 2, внесена пунктом дополнения к технологической инструкции по доменному производству в раздел задувки доменной печи, оборудованной БЗУ, после проведения капитального ремонта с предварительной выдувкой печи до уровня 15 м и ниже.

#### Выводы

В работе показан опыт освоения энергосберегающей технологии загрузки доменной печи № 3 ПАО «Енакиевский металлургический завод», оборудованной БЗУ, в конъюнктурных топливно-сырьевых и технологических условиях за период 2011-2014 гг. Показана необходимость выполнения исследований параметров потока загружаемых шихтовых материалов перед пуском новой доменной печи и при внесении конструктивных изменений в загрузочное устройство, которые позволяют после задувки печи определить и реализовать рациональные программы загрузки доменной печи. Сформулированы основные изменения технологических и шихтовых условий, которые обуславливают необходимость корректировки программ загрузки. Разработанные и реализованные на ДП № 3 рациональные программы загрузки за период 2011-2014 гг. позволили обеспечить стабильность работы печи и приемлемые технико-экономические показатели. Представлен опыт выбора рациональных углов наклона лотка БЗУ при изменении конфигурации футеровки лотка. Разработаны и опробованы мероприятия по оперативному управлению периферийным газовым потоком, необходимые в перспективе при переходе на технологию вдувания пылеугольного топлива. Разработаны и реализованы рекомендации по управлению окружным распределением шихтовых материалов на

Таблица 2

Программа загрузки задувочной шихты

Угловое положение лотка	Уровень засыпи (м), до достижения которого используется распределение материалов по угловым положениям лотка													
	18		16		12		10		8		6		3	
	кокс	жсм	кокс	жсм	кокс	жсм	кокс	жсм	кокс	жсм	кокс	жсм	кокс	жсм
	Распределение материалов по угловым положениям лотка, %													
8														25
7											16		25	25
6									20		16	33	25	25
5							20		20	33	16	33	25	25
4					25		20	33	20	33	16	34		25
3			33		25	50	20	33	20	34	16			
2	50	100	33	100	25	50	20	34	20		20			
1	50		34		25		20							



## ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ДП № 3, которые позволили уменьшить неравномерность температур кладки верхних горизонтов шахты доменной печи. Сформулированы и внесены дополнением в технологическую инструкцию по доменному производству требования к программе загрузки задувочной шихты после проведения капитального ремонта с торкретированием шахты.

### Библиографический список

1. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки / В. И. Большаков. – К.: Наук. думка, 2007. – 412 с.
2. Большаков В. И. Теория и практика загрузки доменных печей / В. И. Большаков. – М.: Металлургия, 1990. – 256 с.
3. Исследования параметров потока шихтовых материалов и их распределения на колошнике современной доменной печи / В. И. Большаков, Ю. С. Семенов, Н. Г. Иванча, В. И. Вишняков, Е. И. Шумельчик, А. Л. Подкорытов, И. Ю. Семион, А. М. Кузнецов, А. В. Зубенко. – *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2012. – № 3. – С. 87-92.
4. Модель радиального распределения шихтовых материалов на колошнике доменной печи, оборудованной БЗУ / В. И. Большаков, Ю. С. Семенов, В. В. Лебедь, Е. И. Шумельчик, В. И. Вишняков. – Сб. научн. тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – 2011. – Вып. 23. – С. 52-62.

5. Модельная система выбора и корректировки программ загрузки доменной печи, оборудованной БЗУ / Ю. С. Семенов, Е. И. Шумельчик, В. И. Вишняков, А. В. Наследов, И. Ю. Семион, А. В. Зубенко. – *Металлург.* – 2012. – № 9. – С. 36-40.

6. Опыт освоения современной доменной печи, оборудованной БЗУ, в условиях изменяющегося качества шихтовых материалов / В. И. Большаков, Ю. С. Семенов, А. М. Кузнецов. – *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2013. – № 2. – С. 82-86.

7. Семенов Ю. С. Выбор рациональных режимов загрузки доменной печи, оборудованной БЗУ, для условий работы с малой массой подачи и с нестабильным качеством шихтовых материалов. – «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». – 2013. – № 12. – С. 14-19.

8. Опыт и перспективы применения пылеугольного топлива на доменных печах Украины / В. И. Большаков, А. Л. Чайка, В. В. Лебедь, А. А. Сохацкий. – *Металл и литье Украины.* – 2013. – № 10. – С. 5-10.

9. Большаков В. И. Применение радиолокационных систем измерения поверхности засыпки шихты для контроля и управления доменной плавкой / В. И. Большаков, И. Г. Муравьева, Ю. С. Семенов. – Днепропетровск: Пороги, 2013. – 364 с.

Поступила 29.09.2014

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

### «Металлургическая и горнорудная промышленность»



Единственное в Украине специализированное издание, освещающее вопросы научной и практической деятельности специалистов горно-металлургического комплекса, а также все проблемы ГМК. Журнал издаётся с 1960 г. Распространяется по подписке в Украине и за рубежом.

Тираж – 1000 экз.

Индекс: 74311 – журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» на рус. языке.

Стоимость годовой подписки (6 номеров) – **2 670 грн;**

Индекс: 49501 – журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность», CD-ROM.

Стоимость годовой подписки (6 номеров) – **1 944 грн;**

**Главная задача журнала** – рекламная поддержка передовых технологий и разработок, публикация информации о новейших научно-технических достижениях исследовательских коллективов, институтов, предприятий и организаций ГМК Украины.

### ЖУРНАЛ ДЛЯ ТЕХ, КТО РАБОТАЕТ В МЕТАЛЛУРГИИ И ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ!

#### Стоимость рекламы (в гривнях):

Площадь, формат	Чёрно-белая	Полноцветная
1 стр. обложки (A5)		7 000
4 стр. обложки: страница (A4)	–	5 000
на страницах журнала: страница (A4)	1 000	2 000
½ стр.	500	1 000

Вложение в журнал рекламных листовок: A4 – 1 грн; A5 – 0,5 грн.

Публикация статьи на правах рекламы – 750 грн за страницу.

#### Адрес редакции:

49027, Днепропетровск, ул. Дзержинского, 23,  
тел/факс (0562) 46-12-95, (056) 744-81-66.

E-mail: metinfo@metinform.dp.ua; [office@metajournal.com.ua](mailto:office@metajournal.com.ua); <http://www.metajournal.com.ua/>