

УДК 669.162.261.3:669:51-7

МОДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И КОРРЕКТИРОВКИ ПРОГРАММ ЗАГРУЗКИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ, ОБОРУДОВАННОЙ БЗУ

© Семенов Юрий Станиславович, канд. техн. наук; Шумельчик Евгений Игоревич;
Вишняков Валерий Иванович; Наследов Александр Витальевич

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины (ИЧМ). Украина, г. Днепропетровск.

E-mail: semenovffffff@mail.ru

Семион Игорь Юрьевич, директор по технологии и качеству;

Зубенко Александр Вячеславович, главный специалист по аглодоменному производству

ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ЕМЗ)

Статья поступила 30.05.2012 г.

Представлено описание разработанной и реализованной на доменной печи № 3 ПАО ЕМЗ модельной системы, служащей для поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки бесконусным загрузочным устройством. Использование системы нацелено также на обучение технологического персонала в условиях освоения нового загрузочного устройства.

Ключевые слова: доменная печь; шихтовые материалы; загрузка; бесконусное загрузочное устройство; программа загрузки; модель распределения шихты на колошнике; модельная система; информационная система.

В последние годы реконструированные или вновь строящиеся доменные печи (ДП) оснащаются бесконусными загрузочными устройствами (БЗУ), которые в отличие от конусных загрузочных устройств обладают широкими возможностями управления как радиальным, так и окружным распределением шихтовых материалов [1].

В октябре 2011 г. после проведения капитального ремонта I разряда была введена в эксплуатацию современная ДП-3 ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ЕМЗ) объемом 1719 м³. Печь оборудована лотковым однократным БЗУ фирмы Paul Wurth типа «Midi», которое по ряду основных параметров и конструктивных особенностей не имеет аналогов в Украине [2]. Для оценки эффективности распределения шихтовых материалов по радиусам печи ДП-3 оснащена стационарными термобалками, расположенными над поверхностью засыпи шихты.

Рациональность используемых на ДП программ загрузки оценивают, в первую очередь, по распределению состава газов по радиусам печи, для чего доменные печи оснащают, как правило, современными системами автоматизированного отбора проб газа. Используемые в качестве средств контроля распределения шихты термобалки обладают рядом недостатков, в частности, на их показания оказывают значительное влияние температура загружаемых шихтовых материалов (горячего агломерата), рабочий уровень

засыпи, величина которого определяет степень перемешивания газового потока, что приводит к искажению температуры в измеряемых точках над поверхностью шихты.

Информация о распределении шихтовых материалов на колошнике ДП необходима для оценки изменений структуры столба шихты при различных режимах работы печи, а также для определения показателей распределения: рудных нагрузок и объемов материалов по радиусу колошника [1, 3, 4].

С целью оптимизации (либо ограничения возможных вариантов) выбора рационального режима загрузки печи в ИЧМ разработана и реализована модельная система для поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки ДП, оборудованной БЗУ. Модельные системы для поддержки принятия решений представляют собой вид компьютерных информационных систем, которые помогают оператору-технологу в принятии решений при наличии плохо структурированных задач посредством прямого диалога с компьютером, используя данные и математические модели [5].

Разработанная и реализованная на ДП-3 модельная система предназначена для автономной работы на ПК пользователя, служит обучающим инструментом для технологов доменного цеха, что является важным и значимым при освоении персоналом нового загрузочного устройства. Мо-

дельная система разработана с учетом применяющейся на ДП-3 технологии загрузки, конструктивных параметров ДП, БЗУ и оборудования системы загрузки. Модельная система позволяет рассчитать рудные нагрузки и объемы материалов в равных по площади десяти кольцевых зонах колошника, а это важная информация для корректировки существующих и выбора рациональных программ загрузки ДП-3.

Исходными данными для расчета программ загрузки являются:

- матрица цикла загрузки (распределение масс шихтовых материалов по скипам и бункерам шихтоподачи);
- исходная программа загрузки (распределение шихтовых материалов по угловым положениям лотка);
- уровень засыпи шихты в печи;
- характеристики перечня загружаемых шихтовых материалов с привязкой к бункерам шихтоподачи.

Выходными данными являются:

- распределение слоев выгруженных порций на колошнике ДП;
- расчетные значения величин рудных нагрузок в десяти равных по площади кольцевых зонах колошника;
- распределение масс компонентов шихты в десяти равных по площади кольцевых зонах колошника;
- суммарное распределение масс и объемов коксовых и железосодержащих компонентов шихты в десяти равных по площади кольцевых зонах колошника;
- геометрия профиля засыпи шихтовых материалов после выгрузки цикла загрузки.

Для максимального приближения к фактическим условиям работы ДП-3 ПАО ЕМЗ все параметры загрузки, используемые в модельной системе, были уточнены по результатам предпусковых исследований распределения шихты первого объема, выполненных перед задувкой печи [2].

В ходе выполнения исследований были определены расходные характеристики шихтового затвора бункера БЗУ (зависимость объемного расхода от степени открывания шихтового затвора), траектории движения шихтовых материалов в колошниковом пространстве ДП; измерены профили поверхности засыпи шихтовых материалов после их загрузки в печь, исследованы параметры потока шихтовых материалов [2]. Определено также, что при изменении угла наклона лотка и объемного расхода материала на

выходном торце лотка изменяется координата точки вылета центра тяжести потока относительно рабочей поверхности лотка в продольном его сечении. С учетом этого в модельной системе разработан алгоритм расчета ширины потока шихтовых материалов в зависимости от угла наклона лотка, уровня засыпи и объемного расхода шихты.

На основании расчета траекторий центра тяжести потока шихтовых материалов и результатов предпусковых исследований на ДП-3 построены и использованы в модельной системе следующие зависимости:

- углов наклона лотка БЗУ от уровня засыпи шихтовых материалов;
- углов откоса шихтовых материалов от вида материала в каждой равной по площади зоне колошника;
- ширины потока шихтовых материалов от времени выгрузки порции, угла наклона лотка и уровня засыпи шихтовых материалов.

При работе с модельной системой пользователю предоставляются три формы для ввода исходных данных и получения результатов: «План загрузки», «Список материалов», «Моделирование». Исходные данные для моделирования загрузки печи располагаются на первых видеокдрах окна программы: «План загрузки» и «Список материалов». Матрица цикла и исходная программа загрузки печи задаются на вкладке «План загрузки», характеристики перечня загружаемых шихтовых материалов – на вкладке «Список материалов». Уровень засыпи печи задается непосредственно перед моделированием загрузки на вкладке «Моделирование».

Видеокадр «План загрузки» состоит из двух основных частей, разделенных по горизонтали (рис. 1). В верхней части формы отображается матрица цикла загрузки с распределением масс шихтовых материалов по скипам и бункерам шихтоподачи. В данную матрицу по каждому из бункеров шихтоподачи оператор вводятся массы шихтовых материалов (в килограммах) для порций (шагов) программы загрузки. Максимальное количество порций программы загрузки 18. Количество бункеров шихтовых материалов неизменно, определено конфигурацией шихтоподачи ДП-3 и равно 20. Исходя из этого порция матрицы цикла загрузки состоит из 20 значений масс (столбец матрицы) дозы материала из каждого бункера шихтоподачи. Матрица цикла загрузки разделена по горизонтали на две подматрицы, которые соответствуют левой

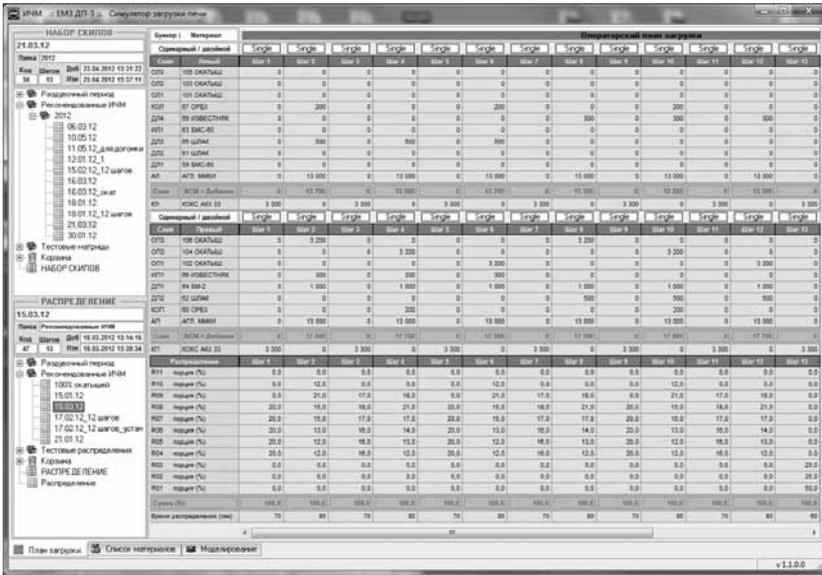


Рис. 1. Видеокард «План загрузки»

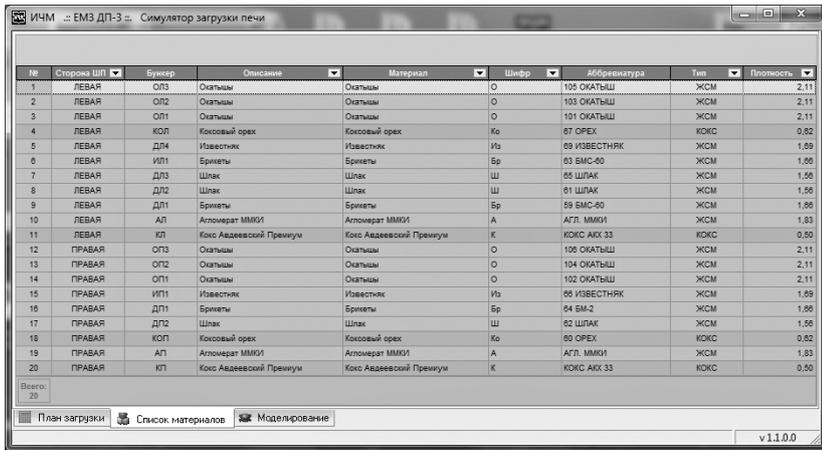


Рис. 2. Видеокард «Список материалов»

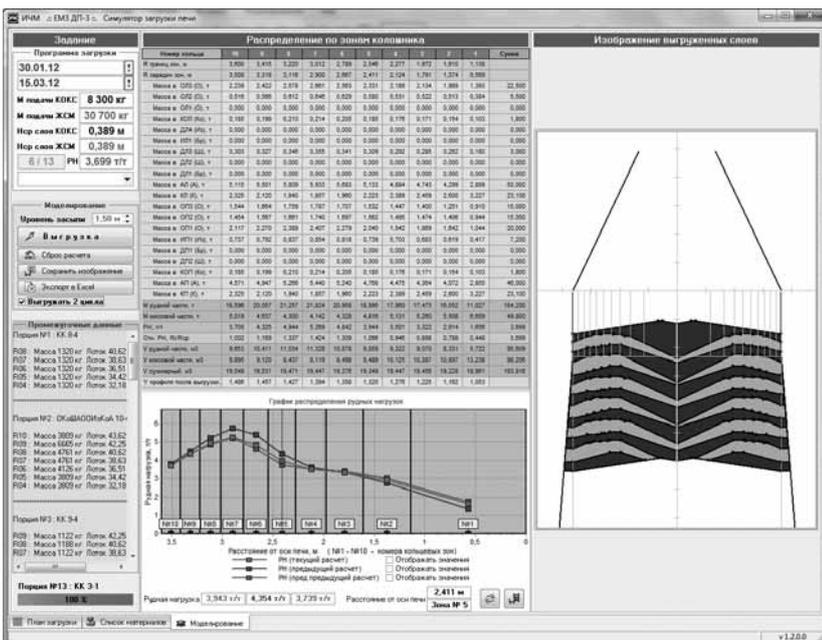


Рис. 3. Видеокард «Моделирование»

и правой сторонам шихтоподачи (левому и правому скипам), которые в свою очередь разделены на коксовый и железосодержащий наборы.

В нижней части формы отображается матрица распределения шихтовых материалов по угловым положениям лотка. В эту матрицу оператор вводит распределение шихтовых материалов (в процентах) для порций программы загрузки по угловым положениям лотка и время выгрузки порции (время распределения). Максимальное число порций программы загрузки – 18. Число угловых положений лотка неизменно, определено конструкцией БЗУ ДП-3 и равно 11. Исходя из этого шаг (столбец) матрицы распределения шихтовых материалов состоит из 11 значений доли массы порции (в процентах) и времени выгрузки данной порции загрузочным устройством.

База данных модельной системы позволяет хранить неограниченное количество матриц цикла загрузки и распределения шихтовых материалов по угловым положениям лотка.

Видеокард «Список материалов» состоит из таблицы перечня загружаемых в печь шихтовых материалов с привязкой к бункерам шихтоподачи (рис. 2). Число возможных шихтовых материалов соответствует количеству бункеров шихтоподачи и равно 20. При использовании одного и того же шихтового материала в нескольких бункерах информация дублируется на каждый бункер.

После задания исходных данных (матриц набора скипов и распределения шихтовых материалов по угловым положениям лотка БЗУ) моделирование загрузки печи осуществляется на форме «Моделирование» (рис. 3), которая состоит из трех основных ча-

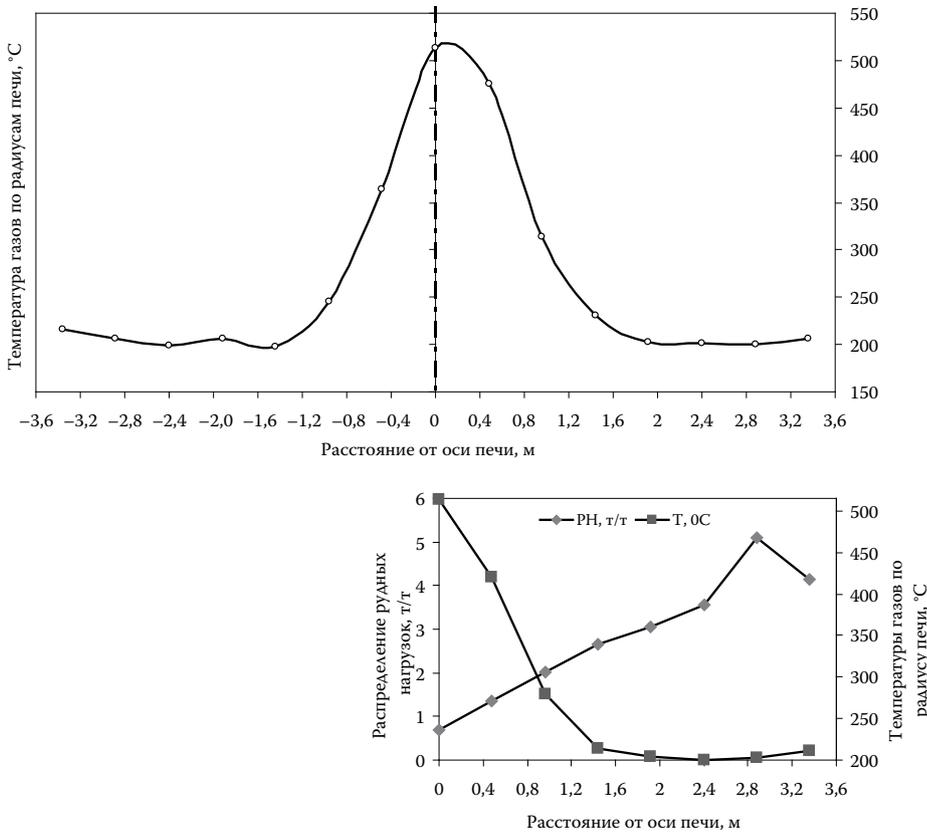


Рис. 4. Взаимосвязь значений рудных нагрузок и температур колошникового газа по радиусу печи

масс компонентов шихтовых материалов по бункерам шихтоподачи и суммарное распределение масс и объемов коксовых и железосодержащих компонентов шихтовых материалов в десяти равновеликих по площади кольцевых зонах колошника. Расчетные значения величин рудных нагрузок в десяти равновеликих по площади кольцевых зонах колошника представлены на графике (см. рис. 3).

В связи с отсутствием на ДП-3 ПАО ЕМЗ автоматизированного отбора проб газов по радиусу печи качественным показателем распределения шихтовых материалов является температура колошниково-

го газа по показаниям термобалок. Для проверки адекватности модельной системы выполнена оценка взаимосвязи рассчитанных с ее помощью значений рудных нагрузок и температуры колошниково-

го газа по радиусу печи для одного из периодов работы печи, в котором использовалась разработанная с помощью модельной системы программа загрузки. В анализируемых периодах коэффициент корреляции величин рудной нагрузки и температуры колошниково-го газа составил $-0,84$ (рис. 4). Полученная взаимосвязь позволяет по рассчитанным показателям распределения шихтовых материалов на колошнике ДП-3 ПАО ЕМЗ сделать вывод об адекватности разработанной модельной системы.

Для проверки адекватности модельной системы выполнена оценка взаимосвязи рассчитанных с ее помощью значений рудных нагрузок и температуры колошниково-го газа по радиусу печи для одного из периодов работы печи, в котором использовалась разработанная с помощью модельной системы программа загрузки. В анализируемых периодах коэффициент корреляции величин рудной нагрузки и температуры колошниково-го газа составил $-0,84$ (рис. 4). Полученная взаимосвязь позволяет по рассчитанным показателям распределения шихтовых материалов на колошнике ДП-3 ПАО ЕМЗ сделать вывод об адекватности разработанной модельной системы.

После корректного задания всех исходных данных и нажатия кнопки «Выгрузка» происходят расчет и визуализация конфигурации слоев шихтовых материалов на колошнике, расчет их распределения, а также рудных нагрузок по радиусу колошника.

В правой части видеокадра (см. рис. 3) визуализируется распределение слоев выгруженных порций на колошнике ДП, которое представляет собой схематическое геометрическое распределение объемов шихтовых материалов по радиусу колошника и в верхней части шахты ДП. В центральной части видеокадра (см. рис. 3) в результирующей таблице представлены распределение

го газа по показаниям термобалок. Для проверки адекватности модельной системы выполнена оценка взаимосвязи рассчитанных с ее помощью значений рудных нагрузок и температуры колошниково-го газа по радиусу печи для одного из периодов работы печи, в котором использовалась разработанная с помощью модельной системы программа загрузки. В анализируемых периодах коэффициент корреляции величин рудной нагрузки и температуры колошниково-го газа составил $-0,84$ (рис. 4). Полученная взаимосвязь позволяет по рассчитанным показателям распределения шихтовых материалов на колошнике ДП-3 ПАО ЕМЗ сделать вывод об адекватности разработанной модельной системы.

Заключение. Разработана и реализована на ДП-3 ПАО ЕМЗ модельная система для поддержки принятия решений по выбору и корректировке программ загрузки, позволяющая технологическому персоналу принимать адекватные управляющие решения по изменению режимов загрузки печи. Помимо основной функции использование системы нацелено на обучение технологического персонала в условиях освоения нового загрузочного устройства.

Библиографический список

1. **Большаков В.И.** Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. – К. : Наук. думка, 2007. – 412 с.
2. **Большаков В.И., Семенов Ю.С., Иванча Н.Г. и др.** Исследования параметров потока шихтовых материалов и их распределения на колошнике современной доменной печи // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2012. № 3.
3. **Большаков В.И., Семенов Ю.С., Лебедь В.В. и др.** Модель радиального распределения шихтовых материалов на колошнике доменной печи, оборудованной БЗУ: Сб. науч. тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии», 2011. Вып. 24.
4. **Большаков В.И.** Теория и практика загрузки доменных печей. – М. : Металлургия, 1990. – 256 с.
5. **Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. и др.** Модельные системы принятия решений в АСУ ТП доменной плавки. – Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2011. – 461 с.

MODEL SYSTEM FOR SELECTION AND CORRECTIVE ACTION OF PROGRAMS FOR BF CHARGING EQUIPPED BY BELL-LESS TOP

© **Semenov Yu.S.**, PhD; **Shumel'chik E.I.**; **Vishnyakov V.I.**; **Nasledov A.V.**; **Semion I.Yu.**; **Zubenko A.V.**

Model system for the use to support decision making on the selection and adjustment of the bell-less top charging mode was developed and implemented at BF No 3. The description of this model system is given. Use of the system is aimed at training personnel in technological development of the new charging device.

Keywords: blast furnace, charge materials, loading, bell-less top, charging mode, charge on the throat distribution model, the model system, the information system.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

«Северсталь» расширяет ассортимент проката с покрытием

Череповецкий металлургический комбинат (ЧерМК) начал выпуск оцинкованного металлопроката толщиной полосы 0,3–0,35 мм и оцинкованного и окрашенного металлопроката шириной до 1600 мм толщиной 0,80–1,20 мм с цинковым покрытием от 7 до 20 мкм.

ЧерМК освоил также производство оцинкованной стали толщиной 2 мм с повышенным пределом текучести (350 МПа). Этот материал используется для производства C, Z, и Sigma профилей и термопрофилей, которые нашли широкое применение в жилищном, коммерческом и дорожном строительстве, возведении объектов агропромышленного комплекса.

Изготовленные из оцинкованной стали с повышенным пределом текучести легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) позволяют существенно снизить металлоемкость несущего каркаса здания без ухудшения технических показателей, что, в конечном итоге, снижает стоимость строительства и делает использование ЛСТК более конкурентоспособным по отношению к традиционным материалам. ЛСТК просты в монтаже, требуют более легкого фундамента в сравнении с использованием конструкций из «черного» металла.

Благодаря цинковому покрытию ЛСТК могут быть использованы в агрессивных средах, что особенно важно при строительстве объектов агропромышленного комплекса, где предъявляются особые требования к «чистоте» материала.

«Мы продолжаем делать ставку на продукты с высокой добавленной стоимостью, используемые для дальнейшей переработки. Строительный сектор является для нас одним из приоритетных на внутреннем рынке РФ», – говорит директор по маркетингу и продажам дивизиона «Северсталь Российская Сталь» Дмитрий Горюшков.

«Северсталь» поставила прокат для строительства ракетного корабля

Череповецкий металлургический комбинат поставил металлопрокат для строительства четвертого малого ракетного корабля (проект 21631), торжественная закладка которого состоялась 29 августа в ОАО «Зеленодольский завод имени А.М. Горького» (входит в группу компаний ОАО «Холдинговая компания «Ак Барс»).

Малые ракетные корабли проекта 21631, строящиеся для Военно-Морского Флота России, являются многоцелевыми кораблями класса «река-море», оснащенными самыми современными образцами ракетного, артиллерийского, противодиверсионного, зенитного и радиотехнического вооружения. Назначение кораблей этого проекта — охрана и защита экономической зоны государства. В отличие от своего прототипа — малого артиллерийского корабля проекта 21630, МРК проекта 21631 имеет почти в два раза большее водоизмещение и оснащен новейшим ракетным вооружением.

«Северсталь» является поставщиком стали для Зеленодольского завода с 2004 г.

За 2011 г. «Северсталь» отгрузила в адрес завода 3 600 т рядовой и низколегированной судостали, в том числе 2 300 т для строительства двух нефтеналивных танкеров.