

Отже, як видно з графіку, середнє відхилення від ідеального лежить в межах від 1% до 1,5 %, що складає 2-4 Hz.

Висновки та перспективи подальших досліджень На основі отриманих результатів досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Моніторинг енергоспоживання електрообладнання є актуальним та проблемним питанням на сучасних підприємствах, житлово-комунальній сфері тощо.
2. Скачки напруги можуть істотно впливати на формування АЧХ двигуна, і тому важливе значення має прогнозування отримання АЧХ при незначних скачках вхідного значення напруги.
3. При вирішенні задачі ідентифікації найкращим варіантом при прогнозуванні значення частоти, є використання апарата нейромереж.

Список літератури

1. Діагностика стану електродвигунів на основі спектрального аналізу спожитого току [Електронний ресурс] / Петухов В.С., Соколов В.А. // "Новости Электротехники" – 2005. - № 1(31). - С. 23. – Режим доступу до журн.: <http://news.elteh.ru/arh/2008/49/10.php>
2. Кравченко В.М. Техническое диагностирование механического оборудования / В.М. Кравченко, В.А. Сидоров.-Донецьк, 2006.- 287 с.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – Питер, 2002.-196 с.
4. Проблема качественного электроснабжения [Електронний ресурс]/ Остапенко Д.А. // "Новости Электротехники" – 2007.- Режим доступу до статті: <http://ostapenko.uaprom.net/a12498-problema-kachestvennogo-elektrosnabzheniya.html>
5. Эконометрика [Електронний ресурс]/ Касьянов В.А.// Эконометрика – 2008.- режим доступу до статті: <http://www.scribd.com/doc/52788388/12/Временные-ряды>

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 19.05.11*

УДК 669.162.24:681.128.8

© В.П. Радченко, В.И. Головки, И.Г. Тригуб

КОМПЬЮТЕРНАЯ 3-Х МЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЗАГРУЗКИ ШИХТЫ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

Представлено краткое описание новой 3-х-мерной модели загрузки доменной печи, выполняющей расчет и визуализацию заполнения колошникового пространства порциями шихтового материала с лоткового распределительного устройства с применением непрерывного контроля создаваемого профиля шихты радарным профилемером.

Представлено стислий опис нової 3-х-вимірної моделі завантаження доменної печі, що виконує розрахунок і візуалізацію заповнення колошникового простору порціями шихтового матеріалу з лоткового розподільного пристрою з застосуванням безперервного контролю створюваного профілю шихти радарним профілемером.

A brief description of the new 3-dimensional model of blast furnace. The model calculates and displays the filling of space of blast furnace of the burden material by using of distribution tray. Model performs continuous monitoring of create a profile of the material with radars' help.

Вступление

Стоимость чугуна является одним из основных факторов стоимости продукции любого сталелитейного производства. В последние годы наблюдается тенденция оптимизации производства с необходимостью сокращения затрат на сырье. Неправильное распределение шихтовых материалов при их загрузке в доменную печь (ДП) приводит к нарушению хода печи и, как следствие, к снижению эффективности и повышению энергозатратности доменной плавки.

На печах разного объема применяют разные виды загрузочных устройств [1]. Известны конусные – наименее эффективные загрузочные устройства. Они в силу своей конструкции ограничивают возможности формирования профиля засыпи. Более эффективными являются бесконусные загрузочные устройства разной конструкции (лотковые, роторные). Несколько лет назад фирма Siemens VAI Technologies (Великобритания) представила новое загрузочное устройство Gimbal Top, более эффективное, гибкое и производительное, в сравнении с уже известными. Загрузка материала становится более точной, быстрой и не повреждающей футеровку печи. Однако эти новации не позволяют оценить сформированный профиль.

Постановка задачи

Современные системы управления доменной плавкой являются только замкнутыми, то есть системами с обратной связью. Система автоматического управления (САУ) загрузкой ДП также должна соответствовать этому принципу управления. Так как распределение шихтовых материалов на колошнике влечет за собой тот или иной характер газового потока, необходимо не только вырабатывать управляющие воздействия – выполнять программу загрузки для получения заданного (рассчитанного теоретически) профиля, но и контролировать выходное значение – текущее состояние профиля засыпи (рис.1.).

В качестве обратной связи можно использовать только действительно измеренный профиль засыпи. Наиболее полной информацией о распределении шихты обладают пользователи веерного профилемера [2].

Одной из задач ведения технологического процесса является прогнозирование. Своевременно получение данных о течении процесса позволяют рационально влиять на ход доменной плавки путем соответствующего распределения

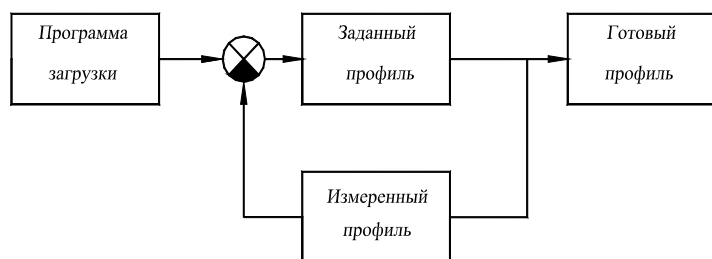


Рис.1. САУ загрузкой ДП

шихтовых материалов, что обеспечивает максимальное использование энергии газовых потоков, проходящих сквозь засыпь шихты. Следующим шагом должно быть предвидение поведения шихтовых материалов на основе текущих и прошлых данных о процессе, в частности, о скорости опускания шихты.

Прогнозирование распределения шихтовых материалов возможно получить с помощью математической модели загрузки ДП.

Математические модели процессов позволяют спрогнозировать и просчитать многие ситуации, возникающие на реальном объекте. Математические модели загрузки и распределения шихты на колошнике ДП широко известны и применяются в той или иной мере на действующих металлургических объектах [1, 3, 4]. Недостатком этих моделей является отсутствие обратной связи.

Загрузка шихтовых материалов основывается на предварительном расчете требуемой рудной нагрузки с учетом текущего состояния профиля и всех показателей доменной плавки. Однако, как показывает анализ работ, посвященных распределению шихты на колошнике, зачастую готовый профиль отличается от прогнозируемого. Причин несколько. Одной из них, на наш взгляд, является отсутствие пространственной (3-D) модели загрузки доменной печи. Такая модель должна учитывать теоретические расчеты для образования требуемого профиля и измеренный профиль, как обратную связь.

Основная часть. Компьютерная 3-D модель загрузки шихты в доменную печь, разрабатываемая авторами в настоящее время, состоит из нескольких основных алгоритмов:

- математическая модель загрузки доменной печи – расчет порций загружаемого материала на основе расчета траекторий движения шихты для бесконусного загрузочного устройства лоткового типа в доменной печи [1, 4];
- определение профиля засыпи на колошнике доменной печи по ее математической модели;
- определение высот засыпи в дискретных точках веерным профилемером;
- сравнение данных математической модели загрузки доменной печи и показаний профилемера.

Компьютерная 3-D модель написана на языке программирования высокого уровня системы MATLAB, относящейся к системам компьютерной математики (СКМ).

Целью создания данной 3-D модели было решение существующей задачи объемной визуализации распределения шихтового материала после сыпания его с распределителя загрузочного устройства в ДП.

Загрузка шихтового материала в ДП при использовании БЗУ производится после получения САУ загрузкой сигнала от мехзондов. Сыпучий материал, сыпаясь при свободном истечении на неограниченную вертикальными стенками горизонтальную поверхность, представляет собой конус. При наличии ограничений пространства сыпания конус может видоизменяться. Шихтовый материал, сыпаясь в доменную печь с распределительного лотка, вращающегося со скоростью 7,8 об/мин, подвергается влиянию газового потока, давления, создаваемого в колошниковом пространстве, что влияет на формирование поверхности засыпи. Поскольку эти факторы влияют лишь на геометрические размеры профиля, в модели принята форма сыпающейся с лотка БЗУ порции шихты как коническая.

Геометрические параметры моделируемого единичного конуса можно рассчитать, используя формулы траекторий движения частиц, приведенные в [1] или по другим известным методикам [3]. В модели приняты следующие размеры кругового конуса: радиус $R = 0,5 \text{ м}$, высота $h = 0,75 \text{ м}$ и объем $V = 0,196 \text{ м}^3$ (рис.2). Эти параметры взяты с учетом величины насыпной массы кокса $M_{\text{НК}} = 0,5 \text{ т} / \text{м}^3$ и коэффициента уминки $K_{\text{ук}} = 0,855$ [5].

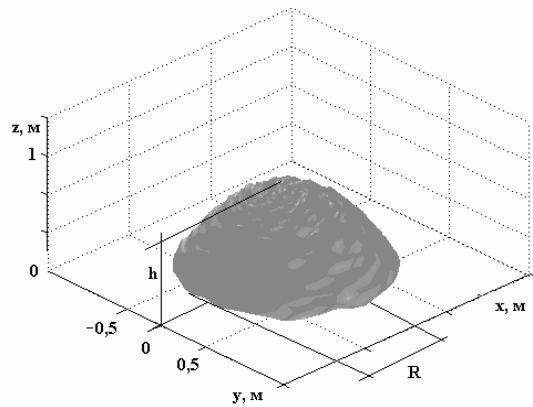


Рис.2. Единичная порция шихтового материала, принятая в модели

Загрузочный лоток вращается, изменяя углы наклона относительно вертикальной оси печи и поворота в горизонтальной плоскости (рис. 3).

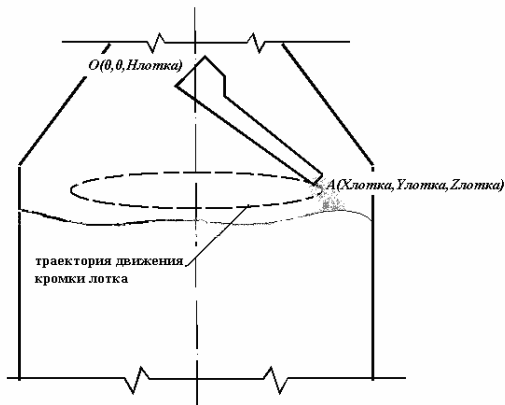


Рис. 3. Движение лотка БЗУ в колошниковом пространстве

Для моделирования работы лотка были составлены уравнения движения лотка. Лоток можно представить линией, проходящей через 2 точки: точку $O(0,0,H_{\text{лотка}})$ и точку $A(X_{\text{лотка}}, Y_{\text{лотка}}, Z_{\text{лотка}})$ (см. рис.3.). Координата $H_{\text{лотка}}$ точки O – это отметка точки качания лотка. Так как точка O неподвижна, положение лотка в текущий момент времени t будет определяться положением точки A , координаты которой определяются из следующих соотношений

$$\begin{aligned} X_{\text{лотка}, t} &= r_{\text{лотка}, t} \cdot \sin(\varphi_t); \\ Y_{\text{лотка}, t} &= r_{\text{лотка}, t} \cdot \cos(\varphi_t); \\ Z_{\text{лотка}, t} &= H_{\text{лотка}, t} - h_{\text{лотка}, t}; \end{aligned} \quad (1)$$

где φ_t – угол поворота лотка в плоскости XOY ; $r_{\text{лотка}, t}$ – длина проекции линии лотка на плоскость XOY ; $h_{\text{лотка}, t}$ – длина проекции линии лотка на ось OZ .

Величины $r_{\text{лотка}, t}$, $h_{\text{лотка}, t}$ рассчитываются

$$\begin{aligned} r_{\text{лотка}, t} &= L_{\text{лотка}} \cdot \sin(\varphi_{\text{верт}, t}); \\ h_{\text{лотка}, t} &= L_{\text{лотка}} \cdot \cos(\varphi_{\text{верт}, t}); \end{aligned} \quad (2)$$

где $L_{\text{лотка}}$ – длина загрузочного лотка; $\varphi_{\text{верт}, t}$ – угол наклона лотка к вертикальной оси OZ .

Высота точки качания лотка определяется

$$H_{лотка} = H_{ну} + 2,5 + L_{лотка}, \quad (3)$$

где $H_{ну}$ – нулевой или технологический уровень в доменной печи, м. Значение 2,5 в (3) – расстояние, обеспечивающее свободное прохождение лотка в гаражном положении.

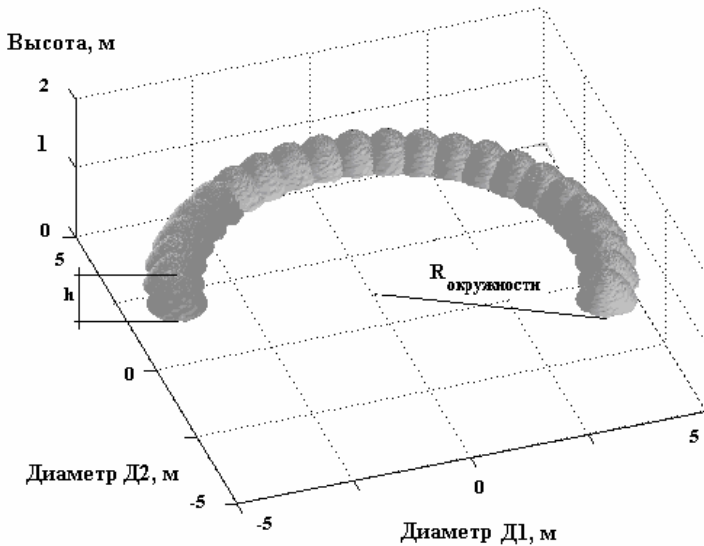


Рис.4. Укладка единичных порций шихтового материала при движении лотка, принятая в модели

При вращении лотка в модели единичные конусы укладываются подряд по окружности, радиус которой $R_{окружности}$ соотносится с радиусом нижней кромки лотка при его вращении (рис.4) [4]. На каждой окружности создается N единичных конусов, которые формируют поверхность засыпи на определенном угловом положении лотка. Чем больше значение N , тем плотнее расположены конусы, что имеет место и в реальности при загрузке шихты.

При совершении лотком полного круга на определенном угловом положении пространство печи заполняется плотно расположенными по окружности единичными конусами

$P = \sum_{i=1}^N K_i$, где K_i – единичный конус;

N – количество конусов на окружности каждого углового положения лотка. В модели реализовано движение лотка по 11 угловым положениям (от 50 до 18,5 град от вертикали) [1]. Если лоток проходит последовательно все угловые положения, пространство печи на колошнике полностью заполняется шихтовым материалом

$M = \sum_{j=1}^{11} P_j$ (рис.5). Только в центре по оси печи есть незапол-

ненная конусами шихты область, т.к. выпуск материала в гаражном положении лотка (0 град от вертикали) не происходит в автоматическом режиме. Осевая зона печи заполняется вследствие скатывания шихты по откосам либо при переводе БЗУ в ручное управление.

Профилемер веерного типа представляет собой группы радиолокационных уровнемеров РДУ, установленных на куполе печи, что позволяет непрерывно контролировать поверхность в 20 точках [2].

Для определения высот засыпи с помощью профилемера в модели рассчитаны точки установки отдельных РДУ, входящих в состав веерного профилемера (рис.6).

Из-за конструктивных особенностей свода колошника печи все РДУ не могут быть установлены вертикально, поэтому 8 из 20 РДУ установлены под углами 6, 2 и 28 град от вертикали. Точки установки каждого РДУ по радиусу от оси печи выбраны, исходя из равномерного покрытия радиолучами поверхности засыпи [2].

Загрузка шихтового материала и образование рельефа засыпи в модели рассчитывается по теоретическим формулам [1, 4], тогда как данные от профилемера являются обратной связью, обеспечивающей получение высот засыпи в 20 точках поверхности.

Загрузка шихтового материала в модели может быть реализована как последовательно от 1 до 11 углового положения лотка с выгрузкой шихты на каждой позиции, так и на некоторых из них.

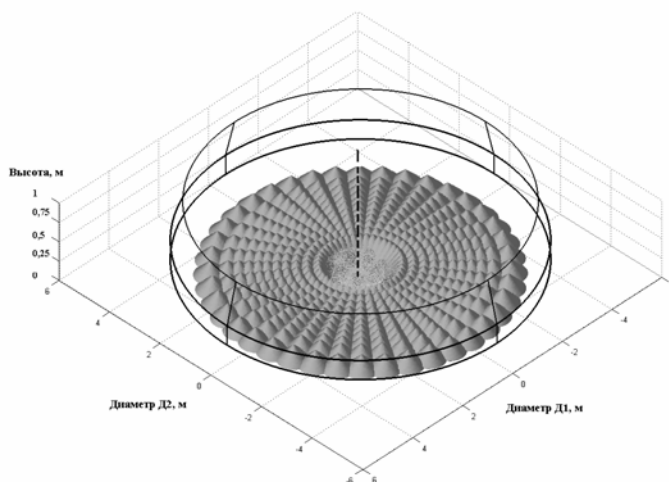


Рис.5. Пространство печи в модели при загрузке шихты на всех угловых положениях лотка

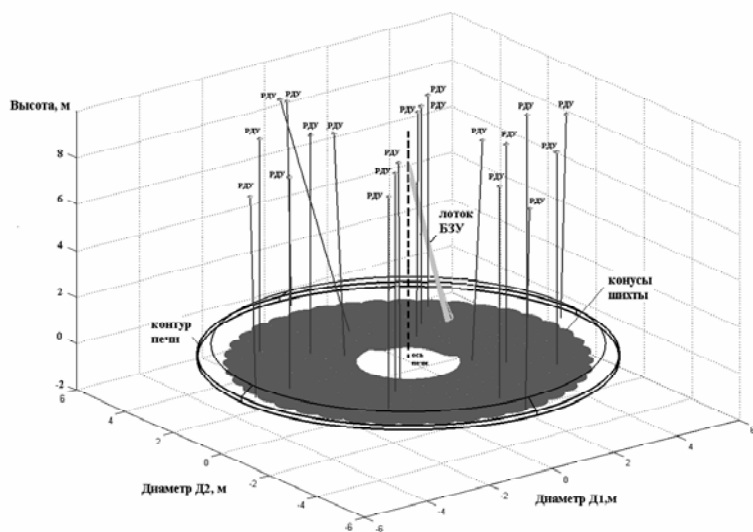


Рис. 6. Направления лучей РДУ профилемера в модели

ми этих высот, можно определить скорость схода материала в точке засыпи

$$V_{cxn} = \frac{H_n(t) - H_n(t_0)}{t - t_0}, \quad (4)$$

где n – номер РДУ; t – момент времени определения текущего профиля, с; t_0 – момент времени определения предыдущего профиля, с; H_n – высота засыпи в точке определения соответствующим РДУ. Вычислив скорость схода,

можно определять толщину слоя, окружную неравномерность и все производные параметры.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Преимуществом 3-мерной модели является возможность получения профилей засыпи в любом диаметральном сечении. Введение в модель данных о скорости схода шихты позволит прогнозировать формирование профиля.

Сравнение профиля засыпи, полученного в модели по теоретическим формулам, и профиля, построенного по 20 дискретным значениям профилемера, позволит ответить на вопрос – достаточно ли полной является информация от профилемера, и есть ли возможность оптимизировать его конструкцию.

В настоящее время авторы заняты совершенствованием модели для реализации любых режимов загрузки шихтовых материалов. Кроме того, ставится задача оптимизации структуры веерного профилемера с целью минимизации количества измерителей в его составе без потери информативности.

Список литературы

1. Теория и практика загрузки доменных печей. Большаков В.И. – М.: Metallurgy, 1990. – 256 с.
2. Рельеф поверхности засыпи шихтовых материалов на колошнике доменной печи / В.П. Радченко, О.Н. Кукушкин, В.И. Головкин, И.Г. Тригуб, Н.В. Михайловский // Теория и практика металлургии. – 2008. – №3 (64). – С.5 – 8.
3. Компьютерная система отображения результатов загрузки шихты в доменную печь № 9 комбината «Криворожсталь». А.К. Тараканов, Резвин И.М., Бобровицкий С.В. // Академический вестник, №15-16, 2005. С.20-23
4. Бочка В.В. Повышение эффективности выплавки чугуна на основе новых технологий загрузки и управления ходом доменной печи: дисс. на получение степени доктора техн. наук: 05.16.02 / Бочка Владимир Васильевич. – Днепропетровск, 2000. – 371 с.
5. Пліскановський С.Т., Полтавець В.В. Устаткування та експлуатація доменних печей. Підручник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2004. – 495 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.
Надійшла до редакції 18.05.11*

УДК 681.3:622.276

© Л.О. Бойчук

УЗАГАЛЬНЕННЯ І СТРУКТУРИЗАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РОДОВИЩ В УМОВАХ ПРИКАРПАТТЯ

Розглянуто рівень використання геотермальної енергії у світі. Для опису геотермального покладу запропоновано використати предикатні схеми на категорійному рівні. Це дає можливість зобразити зв'язки для розробки інформаційної системи, а також відмінності між різними об'єктами даної предметної області.

Рассмотрен уровень использования геотермальной энергии в мире. Для описания геотермальных залежей предложено использовать предикатные схемы на категорийном уровне. Это даёт возможность изображать связи для разработки информационной системы, а также различия между разными объектами данной предметной области.