

УДК 669.162.24

© М.А. Рыбальченко, В.И. Головки, Р.В. Кирия, А.Н. Селегей,
И.Г. Тригуб, Г.А. Папанов

ГИБКАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОРЦИЙ ШИХТЫ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

© M. Rybalchenko, V. Golovko, R. Kiriya, A. Selegej, I. Trygub, G. Papanov

FLEXIBLE SYSTEM FOR FORMATION OF MULTICOMPONENT PORTIONS OF CHARGE FOR DOWNLOADING INTO THE BLAST FURNACE

Разработан алгоритм функционирования системы управления формированием многокомпонентных порций шихты для загрузки в доменную печь. Установлено, что разработанная система управления формированием смешанных порций позволяет сформировать порции шихтовых материалов в соответствии с любой структурой при заданной максимальной производительности конвейера с исключением его перегруза по массе (объему).

Розроблено алгоритм функціонування системи управління формуванням змішаних порцій шихти для завантаження у доменну піч. Встановлено, що розроблена система дозволяє сформувати порції шихти у відповідності до будь-якої структури при заданій максимальній продуктивності конвеєра, виключаючи його перевантаження по масі (об'єму).

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. На основании опыта эксплуатации, результатов исследований и технологических требований к системе шихтоподачи современной доменной печи [1] установлено, что загрузка в печь смешанных порций шихтовых материалов со скоростью, обеспечивающей необходимую производительность доменной печи, укладка различных видов материалов по длине и высоте порции на конвейере в соответствии с программой загрузки, транспортирование порций с минимальным транспортным запаздыванием и обеспечение использования максимальной пропускной способности системы шихтоподачи [2], а также предотвращение перегруза конвейера с последующим сходом материала на ведомом барабане является основой безаварийной работы доменной печи.

Обеспечение использования максимальной пропускной способности системы загрузки, а, следовательно, и достижение рационального режима эксплуатации оборудования возможно при соблюдении условия:

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\gamma_i} = \Pi, \quad (1)$$

где n – количество компонентов, подлежащих смешиванию в данной части порции;

q_i – расход i -го компонента при выгрузке из бункерных весов, кг/с;

γ_i – насыпная масса i -го компонента, кг/м³;

П – пропускная способность конвейера, м³/с.

Необходимым условием для реализации этого условия является возможность изменения расходов шихтовых материалов при выгрузке из весовых воронок. Для регулирования расхода определяющее значение имеет определение зависимости величины расхода от площади выпускного отверстия. В работах [3-5] впервые получена математическая зависимость расхода сыпучего материала от угла открытия затвора, которая учитывает параметры выпускного отверстия, размеры частиц и свойства выгружаемого материала, длину выпуска и скорость открытия затвора в период разгрузки материала. Сравнительный анализ теоретических расчетов с данными фактических измерений производительности загрузки конвейера позволил установить, что использование разработанной математической модели позволяет повысить точность расчета требуемых величин расхода (расчетные значения совпадают с данными фактических измерений в пределах среднеквадратического отклонения), и повысить качество управления разгрузкой шихтового материала.

Кроме того, принципиальным решением задачи управления смешиванием компонентов является измерение геометрических параметров порции на конвейере в реальном масштабе времени, оценки динамических и расчетных параметров в темпе измерений, оперативного предупреждения аварийной ситуации.

Изложение материала и исследований. Использование радарной техники, а также наличие адекватной математической зависимости расхода от угла открытия затвора определило возможность управления смешиванием материалов шихты при выгрузке на конвейер доменной печи.

Система управления формированием смешанных порций, базирующаяся на оперативной информации об изменении программы разгрузки весовых воронок, моментах открытия затворов, учета оперативной информации о выпуске шихтовых материалов из весовых воронок и геометрических параметров шихты на конвейере существенно снизит колебание как длины порции, так и отдельных ее частей, а, следовательно, и ее технологические параметры (например, массу «головной» части порции и массу смеси агломерата и окатышей).

Контроль геометрических параметров шихты на конвейере достигается применением радиолокационного датчика уровня (радара) металлургического исполнения с отношением сигнал/шум не менее 80 Дб, который устанавливается на высоте не менее 1 м (зона нечувствительности) от конвейера.

Расположение радаров на тракте шихтоподачи схематически изображено на рис. 1.

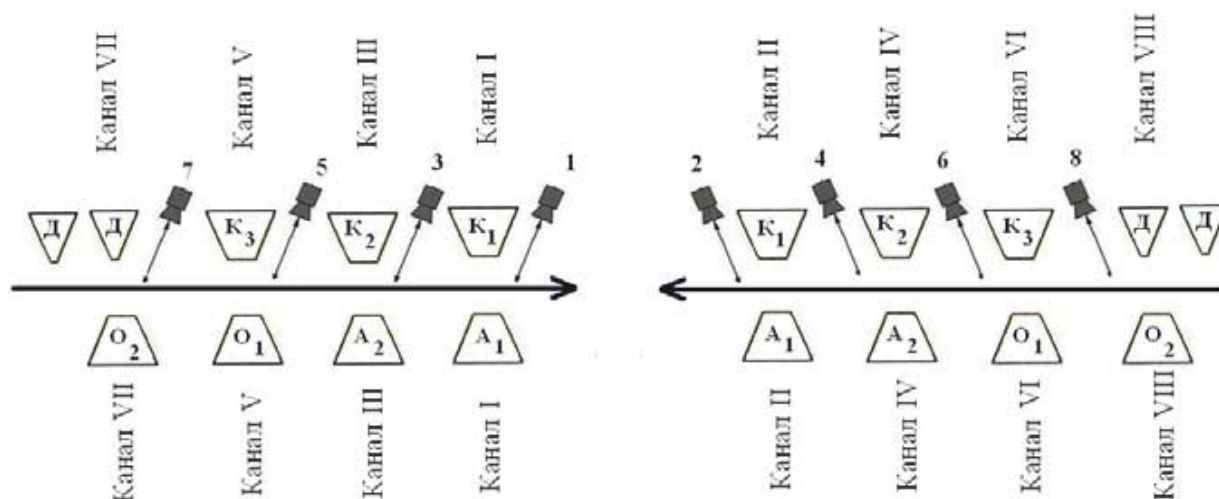


Рис.1. Схематическое изображение системы шихтоподачи: 1-8 номера радиолокационных датчиков

В систему от радаров поступает информационный сигнал, определяющий расстояние до материала на конвейере, что позволяет вычислить высоту слоя материала $H_{сл}$ в реальном времени

$$H_{сл} = (H_{конв} - h_{тек}) \cos \varphi, \quad (2)$$

где $H_{конв}$ – величина расстояния от радиолокатора до конвейера (измеряется один раз при установке радиолокатора), м;

$h_{тек}$ – сигнал дальности, поступающий с радара при движении по конвейеру шихтового материала, м;

φ – угол установки радиолокатора.

Полученное значение высоты слоя материала на конвейере используется для вычисления текущей производительности загрузки конвейера [6]. При этом, определение величины загрузки конвейера по каждому из каналов (см.рис.1) вычисляется исходя из высоты слоя, определяемой по формуле:

$$H_{сл j}(t) = (H_{конв} - h_{тек j}(t) - H_{сл j+2}(t + \tau)) \cos \varphi, \quad (3)$$

где $H_{сл j}$ – высота слоя материала, выгруженная в канале j ;

$h_{тек j}(t)$ – сигнал дальности радара, измеряемый высоту слоя шихты после канала j ;

$H_{сл j+2}$ – высота слоя материала, выгруженная в канале $j+2$;

τ – время транспортного запаздывания между каналами j и $j+2$.

Формирование на сборном конвейере смешанной порции с заданным расположением, производительностью и соотношением смешивания компонентов

осуществляется управлением механизмами (заслонкой) для регулирования сечений выпускных отверстий (расхода материала) бункерных весов в процессе поступления материала на конвейер.

На диспетчерском пульте оператора автоматизированной системы управления установлены задатчики, при помощи которых по заданной программе загрузки доменной печи оператор задает многокомпонентную смешанную порцию в виде следующих друг за другом на сборном конвейере участков, в пределах которых количество и соотношение смешивания компонентов постоянно, задавая массы компонентов на участках, их насыпную массу, а также объемную производительность сборного конвейера: $m_{x/i}$, $m_{y/i}$, $m_{z/i}$ - массы компонентов X, Y, Z, выгружаемых на i-м ($i = 1, 2, \dots, n$) участке, t ; n - общее количество участков в порции; γ_x - насыпная масса компонента X, t/m^3 ;

γ_y - насыпная масса компонента Y, t/m^3 ; γ_z - насыпная масса компонента Z, t/m^3 ;

Π - объемная производительность сборного конвейера, m^3/c .

В соответствии с заданным видом каждого компонента порции оператор выбирает весовые воронки, исходя из условия их количества, соответствующих данному шихтовому материалу, а также готовности к разгрузке исходя из наличия в них дозы шихтового материала.

Для весовых воронок, участвующих в формировании порции на конвейере, определяются номера каналов, в которых осуществляют разгрузку весовые воронки ($K=1, 2, \dots, 8$) (см. рис. 4.1).

На основе заданной информации осуществляется расчет расхода каждого компонента в пределах участка. Используя рабочую характеристику затвора, вычисляется угол его открытия для каждого компонента в пределах участка.

Далее выполняется расчет прогнозируемых масс головных частей каждого компонента в пределах участка. С учетом полученных значений масс осуществляется расчет уточненных расходов компонентов в пределах каждого участка порции.

Полученные значения требуемых расходов компонентов в пределах каждого участка порции и суммарное значение массы, которое должно быть выгружено из весовой воронки являются входными параметрами для системы управления дозированием материала.

Момент включения механизмов разгрузки для весовых воронок, участвующих в формировании 1 участка многокомпонентной порции определяется по выражению:

$$T_{1_вкл} = t_{выг} + t_{тр} + t_{пауз}, \quad (4)$$

где $t_{выг}$ - прогнозируемое время окончания дозирования компонентов на последнем участке предыдущей порции;

$t_{тр}$ - время транспортного запаздывания, обусловленное расположением

весовых воронок на тракте шихтоподачи;

$t_{\text{пауз}}$ – интервал между порциями шихтового материала на конвейере.

Момент включения механизмов разгрузки для весовых воронок, участвующих в формировании 2 участка дозы при условии ее отсутствия на 1 участке определяется по выражению:

$$T_{2_вкл} = t_{\text{выг}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{пауз}} + t_{-1}. \quad (5)$$

Таким образом, момент включения механизмов разгрузки весовой воронки на n -й участок при условии ее отсутствия на предыдущих участках осуществляется по формуле:

$$T_{n_вкл} = t_{\text{выг}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{пауз}} + \sum_{i=0}^{n-1} t_{-i}. \quad (6)$$

Отсчет полученного значения времени $T_{1_вкл}$ и определяет момент начала работы систем управления дозированием компонентов шихты из весовых воронок.

В период разгрузки компонентов порции с помощью существующих силоизмерительных датчиков определяется текущая величина массы шихтового материала в весовых воронках.

Далее, используя информацию о текущей величине массы материала в весовых воронках, вычисляется масса остатка в весовых воронках до разгрузки на $i+1$ участок, как разность значения массы материала в воронке до начала формирования порции, его текущего значения и суммы масс, которые выгружены на участки $1, 2, \dots, i-1$. Затем определяется прогнозируемое время окончания разгрузки материала на i -й участок.

Механизм смены задания расхода компонента с $Q_{x/i}$ на $Q_{x/i+1}$ осуществляется в момент окончания разгрузки материала на i -й участок.

Согласно оперативным данным, полученным от радиолокационных датчиков уровня, осуществляется непрерывная коррекция задания.

Блок-схема системы управления формированием смешанных порций шихты приведена на рис. 2. На схеме показано управление для трех весовых воронок. Для остальных - управление аналогично.

Выполнено моделирование работы предложенной системы управления формированием многокомпонентных порций в пакете Matlab/Simulink.

Результаты моделирования рассмотрим на примере порции, представленной на рис.3. Такая структура порции предложена в [7]. Использование смешанной порции с такими параметрами позволило получить устойчивую работу доменной печи, а также положительный технологический эффект в виде уменьшения удельного расхода кокса на 0,2 кг/т чугуна. При этом указано, что при определенных условиях может быть обеспечен и больший экономический эффект.

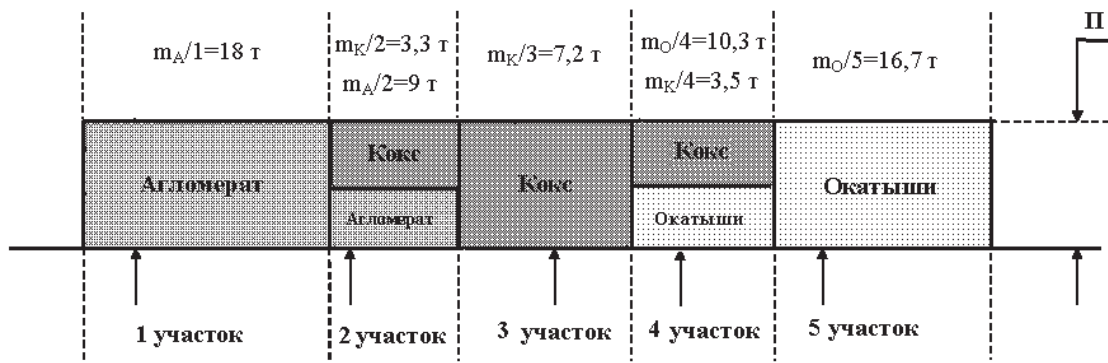


Рис.3. Структура формируемой порции

Задаются следующие параметры: $m_A/1=18$ т; $m_A/2=9$ т; $m_K/2=3,3$ т; $m_K/3=7,2$ т; $m_K/4=3,5$ т; $m_O/4=10,3$ т; $m_O/5=16,7$ т; $\gamma_K=0,45$ т/м³ – насыпная масса кокса; $\gamma_A=1,6$ т/м³ – насыпная масса агломерата; $\gamma_O=2,1$ т/м³ – насыпная масса окатышей; $\Pi=0,8$ м³/с – объемная производительность сборного конвейера.

Для выгрузки выбраны весовые бункера К2лев, О1лев и А1лев.

Результаты моделирования приведены на рис.4–8

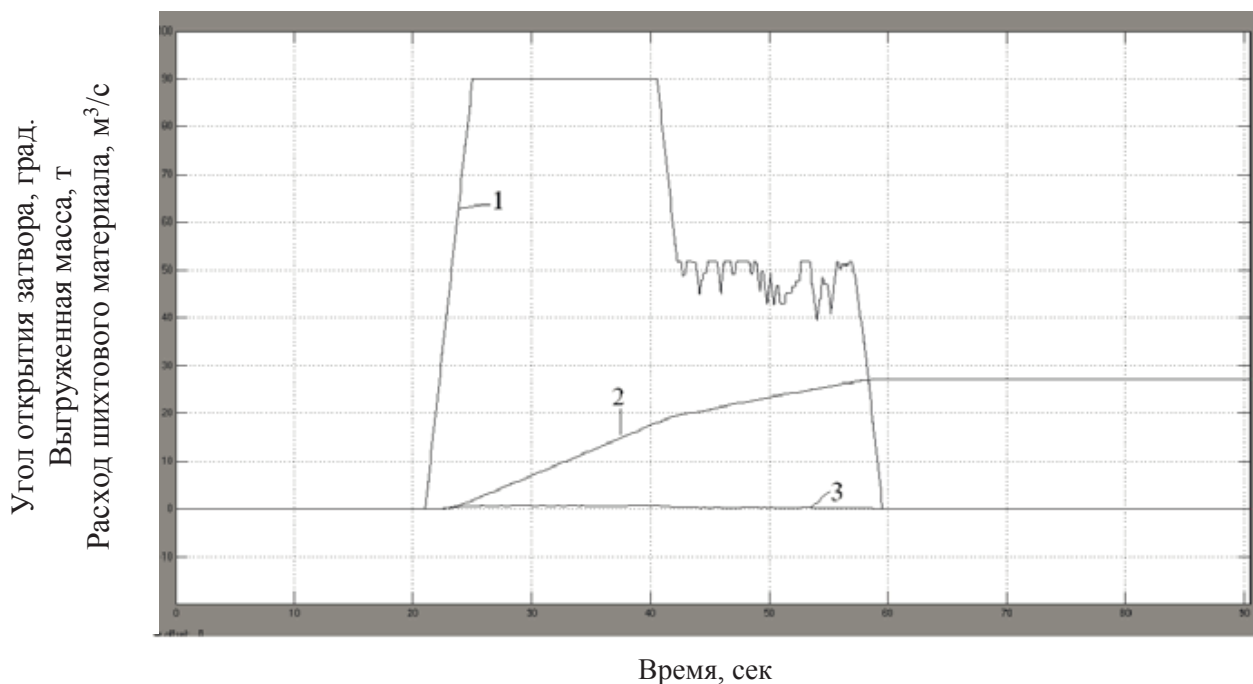


Рис. 4. Работа весовой воронки А1лев: 1 – угол открытия затвора весовой воронки; 2 – выгруженная масса (27,5 т); 3 – загрузка материалом конвейера

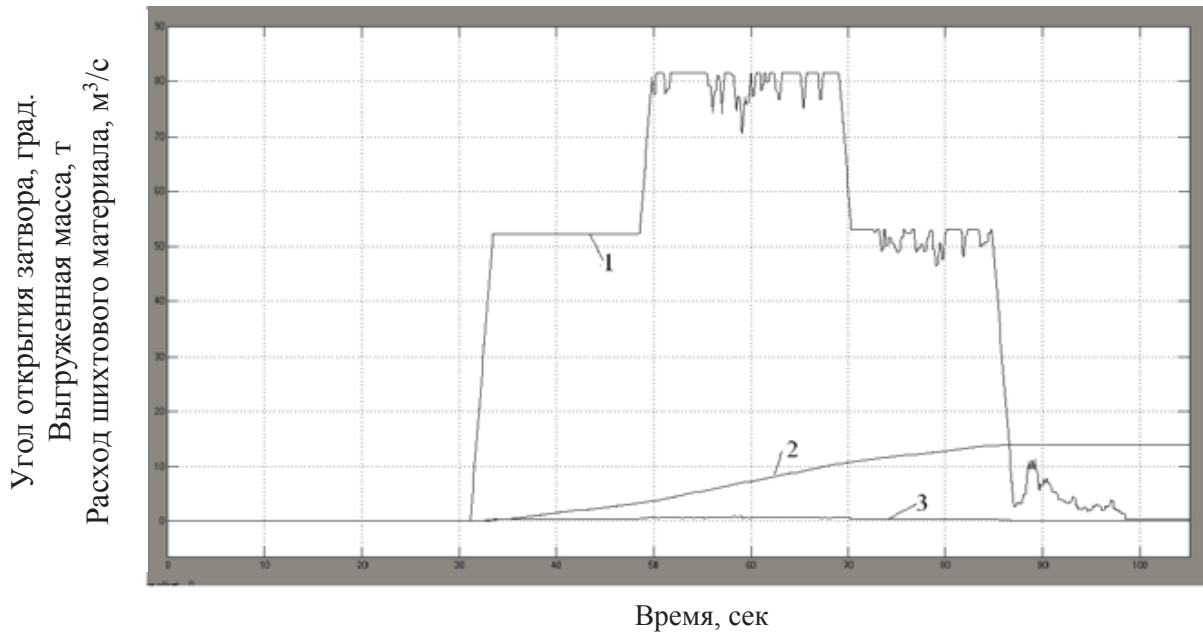


Рис. 5. Работа весовой воронки К2лев: 1 – угол открытия затвора весовой воронки; 2 – выгруженная масса (14 т); 3 – загрузка материалом конвейера

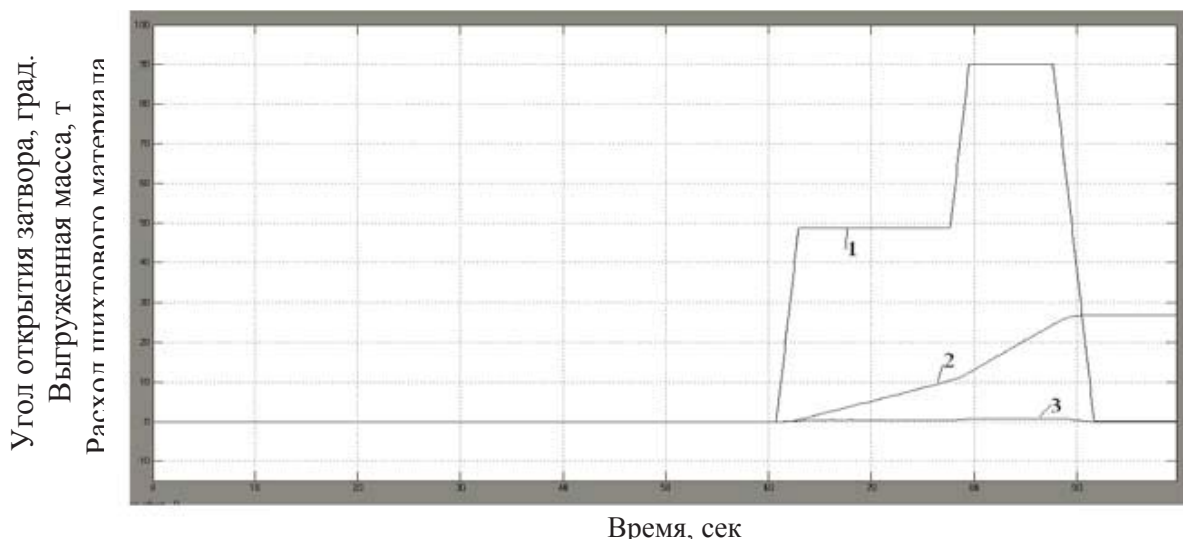


Рис. 6. Работа весовой воронки O1лев: 1 – угол открытия затвора весовой воронки; 2 – выгруженная масса (27 т); 3 – загрузка материалом конвейера

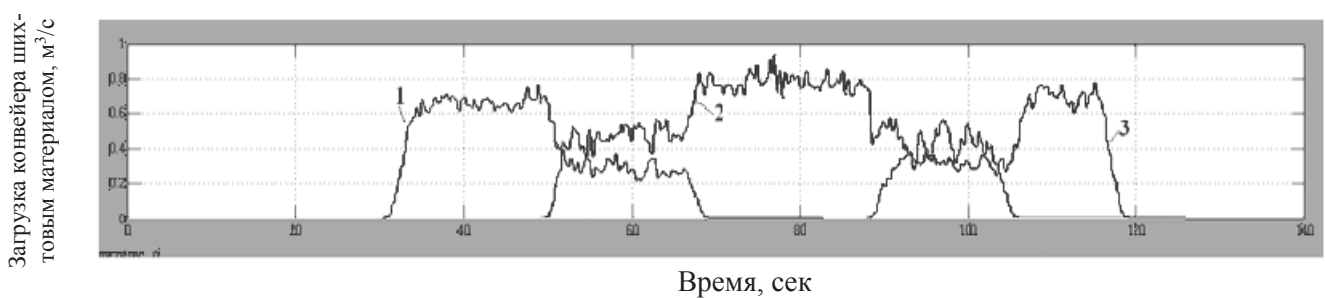


Рис. 7. Наложение во времени графиков изменения расходов компонентов: 1 – график изменения расхода агломерата; 2 – график изменения расхода кокса; 3 – график изменения расхода окатышей

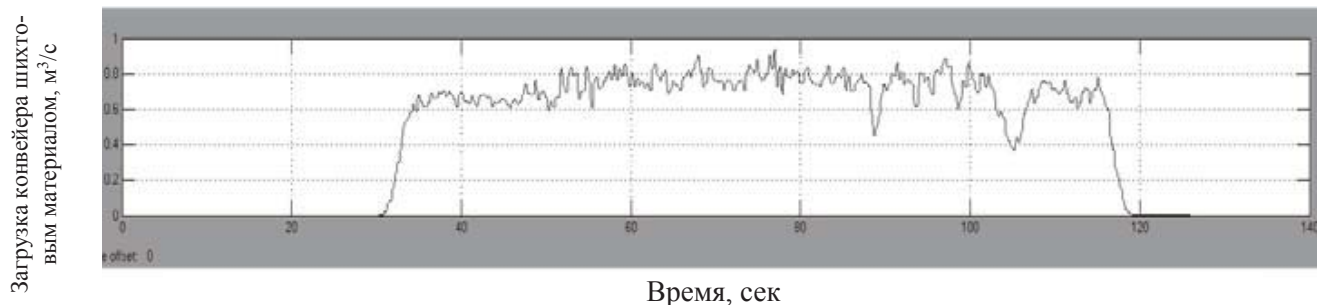


Рис.8. Загрузка материалом скипового конвейера

Выводы. Анализ графиков, полученных в процессе моделирования различных порций шихты, позволил установить, что разработанная система управления формированием смешанных порций реализует многокомпонентные порции, состоящие из любого количества материалов с учетом заданного расположения компонентов и их соотношения в порции, переменной геометрии выгружаемого сыпучего материала, суммарной объемной производительности конвейера во взаимосвязи с оперативной информацией о ходе процесса смешивания. Это позволяет сформировать порции шихтовых материалов в соответствии с любой структурой при заданной максимальной производительности конвейера с исключением его перегруза по массе (объему).

Перечень ссылок

1. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. -К. Наукова думка, - 2007, - 412с.
2. Большаков В. И. Формирование смешанных порций шихтовых материалов на доменном конвейере / Большаков В. И., Иванча Н. Г. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2002. - №6 - С.79- 83.
3. Кирия Р. В. К вопросу об истечении сыпучего груза из бункера со щелевым отверстием / Кирия Р. В., Максютенко В. Ю., Брагинец Д. Д., Мостовой Б. И. // *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр.: ИГТМ НАН Украины*. - Днепропетровск, 2008. - Вып 80. - С. 351-362.
4. Кирия Р. В. Истечение сыпучего груза из бункера с регулируемой горизонтально заслонкой / Р. В.Кирия, М. А.Рыбальченко, Б. И. Мостовой // *Сборник научных трудов/НГУ*. - Днепропетровск, 2012. - №37. - С.217 - 224.
5. Рыбальченко М. А. Проверка на адекватность математической модели зависимости расхода сыпучего материала от угла открытия заслонки / Рыбальченко М. А., Иващенко В. П., Головки В. И., Кирия Р. В., Папанов Г. А.//*Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії*. — Дніпропетровськ. - 2012, т. XV. - Вып. 15. - С. 25-35.
6. Головки В.И. Определение геометрических параметров доз шихтовых материалов с целью определения их секундных объемов/ Головки В.И., Рыбальченко М.А., Селегей А.Н.// *Гірничий вісник : наук.-техн. збірник*. - Кривий Ріг. -2015. - Вып. 100. - С. 79-83.
7. Большаков В. И. Исследование и промышленное опробование загрузки многокомпонентных смешанных порций, состоящих из железорудных материалов и кокса / Большаков В. И., ИванчаН. Г., Муравьева И. Г. [и др]//*Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. Тр.* - Днепропетровск: ИЧМ НАН Украины. -2012. - Вып. 18. - С. 53-67.

ABSTRACT

Purpose. Development of the structure, functioning algorithms and mathematical model of a control system for the formation of multicomponent portions of charge for downloading into the blast furnace to increase the capacity of a blast furnace and reduce the specific consumption of coke.

The methodology of research consists on simulation methods, which were used to test the developed control system for the formation of multicomponent portions of charge on a computer.

Findings. It is indicated that increase of efficiency of functioning of blast furnaces maybe to creation of control system of forming multicomponent (mixed) portions of charge before loading in a stove. It is shown that the functioning control system is possible only if reliable means of measuring geometric parameters portions, adequate value depending on the area of costs outlet funnel weight, and the algorithm of the system in conjunction with current information of the process of mixing.

The originality. The algorithm of the system considering the location specified components, their ratio in portions, total volumetric productivity of conveyor, variable geometry unloaded material in conjunction with current information of the process of mixing. Found that developed control system allows the formation of mixed portions form a portion of any structure that is defined by the operator using timely information on the process of mixing.

Practical implications. The results of the work can be used in the design and development of systems for automatic control of blast furnace batching.

Keywords: *automation, batch, multi-batch, control system, metering, model*