

3. Каплан В.Н. Разработка и исследование алгоритмов в АСУ ТП МНЛЗ, повышающих выход годного при непрерывной разливке стали // Автореф. дис. канд. техн. наук. / НПК «Киевский институт автоматики». – Киев, 1999. –35 с.

4. Интернет-сайт “Интерпайп” <http://www.interpipe.biz/>

УДК 669.162.24

М.А.РЫБАЛЬЧЕНКО, аспирант

ГВУЗ «Национальная металлургическая академия Украины»

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОРЦИЙ ШИХТЫ НА ДОМЕННОМ КОНВЕЙЕРЕ**

*Запропонований алгоритм управління змішуванням компонентів шихти, який забезпечить максимальне використання пропускної спроможності системи шихтоподачі.*

*Предложен алгоритм управления смешиванием компонентов шихты, который обеспечит максимальное использование пропускной способности системы шихтоподачи.*

*The algorithm of management mixing of components of charge is offered, which will provide the maximal use of carrying capacity of the load system.*

Особенностью развития доменного производства является повышение качества выплавляемого чугуна и снижение удельного расхода кокса на плавку. Затраты на топливо составляют около 50 % себестоимости чугуна. Снижению расхода кокса способствует рациональное газораспределение в шахте доменной печи.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Исследования [1, 2] показали, что загрузка в печь смеси рудных материалов и кокса является одним из способов получения равномерного распределения рудной нагрузки по сечению печи. Этот технологический прием обеспечивает интенсификацию тепло-массообменных и физико-химических процессов в слое в основном за счет более равномерного распределения газа в столбе шихтовых материалов.

Кроме того, значительные резервы увеличения производительности работы оборудования, участвующего в загрузке доменной печи, заключаются в снижении цикловых потерь системы шихтоподачи. Уменьшение времени простоя на 1% позволяет уменьшить расход кокса на 0,5% и повысить производительность агрегата на 1,5% [3].

Таким образом, введение доменной плавки с использованием компактных порций многокомпонентной шихты, обеспечивающих макси-

мальное использование пропускной способности системы загрузки, позволит улучшить газодинамику плавки, повысить эффективность использования рабочего пространства печи и увеличить ее производительность, а также уменьшить удельный расход кокса.

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ проведенных работ [4-8] по смешиванию различных материалов на доменных печах большого объема показал, что задача формирования многокомпонентных порций шихты на конвейере в полной мере не решена. Причиной этого является отсутствие возможности регулирования расхода шихты при разгрузке весовой воронки в широком диапазоне, с большой точностью и высоким быстродействием. Для решения этой задачи необходимым условием является наличие зависимости расхода шихты при выгрузке из весовых воронок от угла открытия заслонки, параметров выпускного отверстия, скорости открытия заслонки, размеров частиц и свойств выгружаемого сыпучего материала. Однако такой адекватной математической модели на настоящий момент не существует.

Сдерживающим фактором решения задач смешивания компонентов явилось также отсутствие надежных средств для измерения геометрических параметров порции на доменном конвейере в реальном масштабе времени в условиях повышенной запыленности и скорости протекания технологического процесса.

**Постановка задачи.** В связи с этим актуальной задачей является управление формированием на сборном конвейере многокомпонентной порции шихты с учетом заданного расположения компонентов, их соотношения в порции, объемной производительности конвейера, переменной геометрии выгружаемого сыпучего материала во взаимосвязи с оперативной информацией о ходе процесса смешивания.

**Изложение материала и исследований.** С целью оптимального формирования многокомпонентной порции шихты на доменном конвейере, была получена математическая модель зависимости расхода сыпучего материала от угла открытия заслонки, параметров выпускного отверстия, размеров частиц, свойств выгружаемого сыпучего материала, длины выпуска и скорости открытия затвора [8].

Сравнительный анализ теоретических расчетов со статистическими данными фактической производительности загрузки наклонного (скипового) конвейера шихтовыми материалами действующей системы шихтоподдачи доменной печи, показал, что расчетные значения совпадают с данными фактических измерений с отклонением от математического ожидания в пределах среднеквадратического отклонения [9].

Наряду с регулируемым выпуском шихтовых материалов из весовых воронок, 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 ава-

рийной ситуации. Однако, применение средств измерения уровня в составе транспортной шихтоподачи имеет ограничения, связанные с ее непрерывным режимом работы, быстродействием, значительным пылеобразованием, а также недостатком места для размещения измерительной аппаратуры.

Анализ существующих систем измерения уровня материалов позволил установить, что наиболее приемлемым контролем геометрических параметров шихты на конвейере является применение радиолокационного способа [10-14].

Потребность в непрерывном контроле геометрических параметров шихты на конвейере определяет особый интерес в исследовании применимости радиолокации.

Использование стационарных целей решает проблему измерения уровня материала, реализуя в статике процессы локации сыпучих тел [14]. Оценка измерения уровня (расстояния) до движущегося кускового материала приобретает особое значение в связи с возможной потерей отраженного сигнала. Энергия отраженной волны является функцией как электрофизических характеристик среды, так и геометрической конфигурации наблюдаемого участка. Из-за случайного, в силу этого, характера параметров отраженной волны (особенно, при ссыпании или перемещении шихты) оценка результатов измерений может оказаться проблематичной.

Физическое моделирование возможности определения профиля сыпучих материалов в процессе их движения позволило установить, что погрешность измерения профиля поверхности меньше допустимой (для кокса  $\pm 0,10$  м, для рудной части шихты  $\pm 0,2$  м) [15]. Высокая отражательная способность шихтовых материалов определяет четкое различие кокса и рудной части шихты.

Экспериментальные исследования в работе [16] были направлены на определение возможности радарного контроля высоты слоя материала с хаотичным состоянием его поверхности. Полученный устойчивый сигнал радиолокатора (абсолютная погрешность измерений не превышала 0,003 м) дает основания для окончательного выбора данного средства измерения в системе формирования многокомпонентных порций шихты на доменном конвейере для измерения геометрических параметров выгружаемого материала.

Сигналы радиолокатора о дальности до материала являются следствием обработки амплитудно-частотного спектра. Обнаружение и исследование спектральных и энергетических характеристик радиолокационных сигналов, а также оценка их статических и других параметров обеспечивается применением системы цифровой обработки радиолокационных сигналов с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) [15]. Время обработки сигнала в каждой точке измерения достигает 2,5-3 с.

Такая скорость обработки является неудовлетворительной в задачах управления смешиванием материалов. За это время порция на конвейере переместится на 5-6 м (расстояние между воронками 18 м, скорость перемещения конвейера около 2 м/с). Управление формированием порции в таких условиях будет малоэффективным.

В связи с этим, установлена необходимость применения нового метода вычисления расстояния до цели, основанного на непрерывном вейвлет-преобразовании, позволяющего проводить эффективный спектральный анализ радиолокационного сигнала короткими волнообразными функциями [17].

Основные преимущества вейвлет-анализа заключаются в том, что он позволяет заметить хорошо локализованные изменения сигнала, тогда как анализ Фурье этого не дает [18]. Также вейвлеты являются гораздо более простыми функциями, они легче вычисляются численными методами, реализуемыми при помощи компьютерной техники, а затраты времени на вейвлет-преобразование заметно ниже, чем на преобразование Фурье, которое отличается вычислением множества трансцендентных тригонометрических функций.

Кроме того, повышение быстродействия алгоритма вейвлет-анализа достигается разработкой распараллеленной структуры алгоритма построения вейвлет-спектрограммы [19-20].

Анализ обработки серии амплитудно-частотных спектров, полученных при сканировании радиолокационным датчиком поверхности под различными углами показал, что приведенная погрешность измерения расстояния при сканировании наклонной плоскости (относительно геометрических расчетов), с помощью БПФ находится в пределах 4,5%, с помощью непрерывного вейвлет-преобразования лежит в пределах 0,3-1%.

Использование радарной техники определило возможность управления смешиванием материалов шихты при выгрузке на конвейер доменной печи. Контроль геометрических размеров порции на конвейере достигается применением радиолокационного датчика уровня металлургического исполнения с отношением сигнал/шум не менее 80 Дб.

В систему от радара поступает информационный сигнал, определяющий расстояние до материала на конвейере, что позволяет вычислить высоту слоя материала в реальном времени.

Формирование на сборном конвейере смешанной порции 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 их 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 материалов в весовых воронках до начала дозирования  $m_x$ , массы компонентов на участках  $m_x/i^{\text{зад}}$  ( $m_x$  - масса компонента  $X$ ,  $i$  - номер участка, на который выгружается масса  $m$  компонента  $X$  (участки нумеруют в порядке следования на сборном конвейере 1, 2, ...,  $i$ ), их насыпную массу  $\gamma_x$ , объемную производительность сборного конвейера  $\Pi$ , а также осуществляет выбор весовых воронок, соответствующих заданным шихтовым материалам исходя из условия их готовности к разгрузке.

На основе этой информации осуществляется расчет прогнозируемых значений масс головных частей каждого компонента в пределах участка, требуемых значений расходов, а также интенсивностей открытия/закрытия заслонки в период разгрузки материала. Далее определяется прогнозируемая временная протяженность каждого участка.

Согласно оперативным данным о загрузке материалом конвейера, которые получены с помощью радиолокационной техники, а также расчетным значениям прогнозируемых временных протяженностей участков, определяется время включения механизмов разгрузки для каждого весового бункера, участвующего в формировании многокомпонентной порции.

После этого становится возможным формирование управляющего воздействия системой управления дозированием материала. Данная система предназначена для регулирования массы шихты при разгрузке весовых воронок на горизонтальный конвейер и получение максимальной точности дозирования при заданной производительности выпуска. Особенностью работы такой системы является переменный темп работы заслонки весовой воронки и наложение ограничений на выработанное управляющее воздействие в зависимости от того, на какой участок порции осуществляется разгрузка материала. Ограничениями являются требуемые значения расходов компонента на участках.

Для обеспечения работы такой системы необходимым является использование адаптивного нечеткого регулятора, в котором в качестве входной переменной используется коэффициент  $K_{X/i}$ , характеризующий долевую часть загрузки конвейера компонентом  $X$  к общей производительности загрузки смешанной порцией конвейера на участке  $i$ , выходной переменной является постоянная времени  $K_p$  адаптивного нейро-нечеткого  $\Pi$ -регулятора.

Для сбора информации о поведении объекта и причинно-следственных связей между значением коэффициента  $K_{X/i}$  и настройками  $K_p$   $\Pi$ -регулятора, в программе Matlab проводился компьютерный эксперимент. При моделировании влияния ограничений на управляющий сигнал в системе управления дозированием компонента  $X$ , снимались показания значений различных коэффициентов  $K_{X/i}$  и соответствующих настроек  $\Pi$ -регулятора  $K_p$ , которые являются обучающей выборкой для нейро-нечеткой сети.

Значения входной и выходной параметров базы знаний являются тестовыми данными адаптивной нейро-нечеткой сети (Adaptive Network Based Fuzzy Inference System) ANFIS[21], назначением которой является составление прогноза о характере переходных процессов и выборе новых значений настроек П-регулятора, если объект будет стремиться к неустойчивому состоянию. Сеть ANFIS действует по алгоритму Сугено [22], широко распространенному в нечетких регуляторах САУ.

Для использования накопленной информации, представленной в виде продукционной экспертной системы вида ЕСЛИ...ТО, предполагается воспользоваться теорией нечеткой логики и программой Fuzzy Logic Toolbox [23].

Исходя из рекомендаций [24, 25] и компьютерных экспериментов при фаззификации входной и выходной переменной использовались функции принадлежности треугольного вида [21]. В процессе обучения нейро-нечеткой сети по определению настроек П-регулятора было использовано 40 циклов.

Для анализа адекватности созданной сети на выдачу параметров П-регулятора использовался редактор базы правил (Rule Viewer) программы Matlab (Fuzzy Logic Toolbox). Полученные в программе значения входных и выходных параметров совпадают с тестовыми, что определяет адекватность полученной нейро-нечеткой сети.

В период работы системы регулирования дозированием материала, изменение значения входной переменной для нейро-нечеткого регулятора осуществляется по следующему алгоритму.

При поступлении сигнала о начале дозирования осуществляется открытие затвора весовой воронки и поступление шихтового материала на 1 участок заданной смешанной порции. Значение входной переменной соответствует значению  $K_{X/1}$ .

Текущая величина массы X-того шихтового материала  $m_x^{\text{тек}}$  определяется с помощью существующих силоизмерительных датчиков. Далее вычисляется масса остатка в весовой воронке до разгрузки на 2 участок, как разность значения массы материала в воронке до начала формирования порции, его текущего значения и массы, которая должна быть выгружена на 1 участок.

Заданное значение массы компонента X на 1 участке и величина оставшегося количества материала до разгрузки на 2 участок необходимы для определения прогнозируемого времени окончания разгрузки материала на 1-й участок. Как только это значение времени достигает нуля начинается разгрузка материала на 2 участок, который характеризуется уже новым значением входной переменной, равной  $K_{X/2}$ . Эта процедура повторяется пока не будет достигнут последний участок порции на конвейере.

Необходимо заметить, что требуемые величины расходов компонентов на участках, а следовательно и значения коэффициентов  $K_{X/1}$ ,  $K_{X/2}$  ...  $K_{X/i}$ , характеризующих долевую часть загрузки конвейера компонентом

X к общей производительности загрузки смешанной порцией конвейера на участках 1,2...i, в режиме реального времени корректируются с учетом оперативных данных радиолокационного сканирования поверхности конвейера в период формирования порции.

**Выводы.** Предложенный алгоритм управления смешиванием компонентов шихты позволит сформировать на конвейере порцию любой структуры минимальной длины, что обеспечит максимальное использование пропускной способности системы загрузки, рациональные режимы эксплуатации оборудования системы шихтоподачи и уменьшение удельного расхода кокса на плавку.

#### *Список литературы*

1. Влияние смешивания железорудного сырья с коксом на газодинамические условия и технико-экономические показатели доменной плавки/В.И.Логинов, А.Л.Берин, С.М. Соломатин [и др]//Сталь. –1977. -№5. – С. 391-394.

2. Работа доменной печи при совместной загрузке железорудных материалов и кокса в скип/ В.И.Логинов, С.М. Мусиенко, Д.В.Воронков [и др.]//Сталь. –1987. -№12. –С. 7-12.

3. Технологическая инструкция доменного цеха № 2 ОАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»

4. Праздников А.В., Клоцман Е.Я., Шутылев Ф.М., Головки В.И. и др. «Способ подачи шихтовых материалов в доменную печь». Авторское свидетельство СССР № 694446. МПК С21В7/20. Заявка № 2380955. Приоритет изобретения 01.07.1976г. Опубликовано 30.10.1979 бюл. № 40.

5.Большаков В.И., Иванча Н.Г. Формирование смешанных порций шихтовых материалов на доменном конвейере//Металлургическая и горнорудная промышленность. –2002. -№6. –С. 79 – 83.

6. Золотницкая Г.Д.,Френкель М.М., Бургутин, Б.Г.Гарбуз, Е.Я.Клоцман, В.И.Головки и А.С.Гуров «Способ управления механизмами транспортерной шихтоподачи доменных печей». Авторское свидетельство СССР № 1049549. МПК С21В7/20. Заявка № 3358183. Приоритет изобретения 26.11.1981г. Опубликовано 23.10.1983 бюл. № 39.

7.Порх В.И. «Способ управления механизмами транспортерной шихтоподачи доменных печей». Патент РФ № 2016068. МПК С21В7/20. Заяв. 23.10.1991;опубл. 15.07.1994.

8.Пат.79643 Украина, МПК(2013.01) С21В7/00, С21В7/04,(2006.01). Способ подачи шихтовых материалов в доменную печь/ Верховская А.А., Головки В.И., Иващенко В.П., Рыбальченко М.А; заявитель и патентообладатель НМетАУ (Украина) – № u201213017;заявл. 15.11.12; опубл. 24.04.13, Бюл.№8.

9.М.А.Рыбальченко. Проверка на адекватность математической модели зависимости расхода сыпучего материала от угла открытия заслонки// М.А. Рыбальченко, В.П. Иващенко, В.И. Головки, Р.В. Кирия,

Г.А. Папанов//Научные вестн. Современные проблемы металлургии/НМетАУ. – Днепропетровск, 2012. –Вып. 15. –С. 25-35.

10.Микроволновые методы контроля технологических процессов / О.Н. Кукушкин, В.И. Головки, Н.В. Михайловский и др. // Труды 3–й Междунар. науч.–техн. конф. "Контроль и управление в технических системах". Винница, 18–21 сент. 1995. –К.: Институт кибернетики им. акад. В.М. Глушкова НАНУ, 1995. –С. 379.

11.Применение микроволновой техники для мониторинга металлургических процессов / О.Н.Кукушкин, В.И.Головки, Н.В.Михайловский и др. // Состояние и перспективы развития аглодоменого производства Украины: Труды междунар. Науч.–техн. Конф. –Мариуполь, 1997. –С. 71–73.

12.Кукушкин О.Н. Особенности применения радиолокации в металлургии / О.Н. Кукушкин, В.И. Головки, Н.В. Михайловский // Академический вестник, 2005. -№ 15-16. –С. 28-33.

13.Головки В.И. Применение радара в доменном производстве. Труды международного конгресса доменщиков. Производство чугуна на рубеже столетий. Дніпропетровськ. «Пороги», 1999. –С. 428-431.

14.Головки В.И. Возможности использования микроволновых методов измерения для контроля технологических процессов в металлургии / В.И. Головки, О.Н. Кукушкин, Н.В. Михайловский [и др.] // Электронная техника [науч.-техн. Сб.]. –Вып. 1 (471). –М.: ЦНИИ «Электроника», 1998. –С. 14-17.

15. Радиолокационный контроль металлургических процессов. Монография издана в авторской редакции. Головки В.И., Кукушкин О.Н., Михайловский Н.В. и др.Днепропетровск: Журфонд, 2010. –428 с.

16.Верховская А.А./Совершенствование взаимодействия процессов грохочения и схода шихты на колошнике для повышения эффективности работы доменной печи. – Дис. –Днепропетровск. –2010г. –С. 131.

17.М.А. Рыбальченко, В.И. Головки, А.А. Верховская. Спектральный анализ радиолокационного сигнала в задачах оперативного определения уровня материалов в металлургии// Сборник научных трудов. Часть 2/Санкт-Петербургский государственный горный институт(технический университет). -СПб. -2011. –С. 48-50.

18. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab. – М.: ДМК Пресс, -2005. –304 с.

19.Воеводин В.В.Вычислительная математика и структура алгоритмов. –М.: Изд-во МГУ, 2006. –112 с.

20. Богачев К.Ю.Основы параллельного программирования. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. –342с.

21. Леоненков А.Ю.Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech/ А.Ю.Леоненков. –СПб.: БХВ. -2003. –720 с.

22.Сигеру Омату.Нейрокомпьютеры и их применение/Сигеру Омату. Марзуки Халид. Рубия Юсуф: пер с англ. Н.В. Батина, под. ред.. А.И. Га-



лушкина, В.А. Птичкина – М.: Изд.предприятие журн. «Радиотехника», 2000. –272с.

23. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab/ С.Д. Штовба. –М.:Линия, 2009. –288 с.

24. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, Н.Н. Борисов. –М.: Горячая линия – Телеком, 2001. –382 с.

25. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы; пер. с польск. И. Д. Рудинского. –М.: Горячая линия – Телеком, -2006. –452 с.

УДК 657.01

О.С.ОМЕЛЬНИЧЕНКО, аспірант

ДВУЗ «Криворізький національний університет»

## ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ОБЛІКОВОЇ ДУМКИ В УКРАЇНІ

*Розглянуто в історичному аспекті процес розвитку та вдосконалення бухгалтерського обліку й сформовано підходи щодо формування бухгалтерської науки в Україні. досліджено зародження облікової думки на українських землях та розвиток українського бухгалтерського обліку в ХХ ст., в тому числі в незалежній Україні.*

*Рассмотрены в историческом аспекте процесс развития и совершенствования бухгалтерского учета и сформированы подходы по формированию бухгалтерской науки в Украине. Исследовано зарождение учетной мысли на украинских землях и развитие украинского бухгалтерского учета в ХХ в., в том числе в независимой Украине.*

*Considered in the historical aspect of the development process and improve burgerspace in the historical aspect of the process of development and improvement of accounting and formed the approaches to the formation of accounting science in Ukraine. investigated the emergence of accounting thought in the Ukrainian lands and development of Ukrainian accounting in the twentieth century, including in the independent Ukraine.*

**Вступ.** Процес зародження, формування і розвитку облікової думки є невід’ємною частиною всієї історії людства. Бухгалтерський облік має безперечно велике значення в суспільному житті як на рівні макропроцесів, так і на рівні діяльності окремих підприємств, установ та конкретних особистостей. Історія розвитку, становлення бухгалтерського обліку свідчить про те, що зародки обліку в частині господарського обліку існували здавен. Елементарний облік ведеться всіма власниками, які мають господарство. Виникнення бухгалтерського обліку спричинено самими вимогами життя – необхідністю знати, скільки і якого майна є в господарстві,