
ПРИБОРЫ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.397
DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-2-123-127

Е. В. ЕРШОВ, Л. Н. ВИНОГРАДОВА, Д. В. БОГАЧЕВ, О. С. ПЕТРУХИНА

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Представлена система, реализующая метод прогнозирования качества агломерата. Метод основан на использовании базы данных и обработке информации в искусственной нейронной сети. Описан фрактальный метод сжатия изображений аглоспека, приведены результаты производственных испытаний системы прогнозирования качества агломерата.

***Ключевые слова:** прогнозирование, управление, обработка информации, агломерат, аглоспек, шихта, прогноз качества, фрактальное сжатие изображений, нейронная сеть.*

К металлургическому производству предъявляются жесткие требования по качеству продукции и ее себестоимости, а также по соблюдению экологических норм.

Для повышения оперативности и качества контроля непрерывного технологического процесса производства агломерата создана система прогнозирования, использующая разработанный способ хранения технологических параметров и метод обработки и прогнозирования выходных параметров.

Специальное математическое обеспечение системы прогнозирования качества агломерата представляет собой совокупность прикладных программ, реализующих алгоритмы обработки информации, формирования рекомендаций к процессу и управлению им, а также служащих для связи с объектом управления и обслуживающим персоналом. В состав математического обеспечения входят функциональные подсистемы:

- сбора и первичной обработки информации;
- анализа и прогнозирования;
- ведения справочно-информационного фонда;
- обмена информацией между системой прогнозирования и обслуживающим персоналом.

В подсистеме сбора и первичной обработки информации реализуются алгоритмы фрактального сжатия изображения излома агломерационного спека, сбора и первичной обработки входных и выходных параметров для создания базы данных, на основе которого система будет выполнять анализ технологической информации и составлять прогноз.

В подсистеме анализа и прогнозирования используются методы и алгоритмы определения параметров процесса спекания шихты, комплексных количественных показателей состояния процесса, контроля параметров, анализа и прогнозирования хода технологического процесса производства агломерата.

В результате работы этих двух подсистем формируются массивы текущих значений комплексных показателей процесса, их отклонений от заданных значений, а также текущие оценки состояния процесса спекания аглошихты.

Своевременное использование полученной информации позволяет прогнозировать ход процесса агломерации, вовремя предупреждать нежелательное его развитие и принимать соответствующие решения для системы управления спеканием шихты.

Система прогнозирования качества агломерата обеспечивает:

- оценку выхода годного агломерата после грохотов;
- обработку и анализ выходной информации с целью принятия решения.

Обобщенная функциональная схема системы представлена на рис. 1. Реализованные на базе стандартных узлов функциональные блоки объединены в программно-аппаратный комплекс.

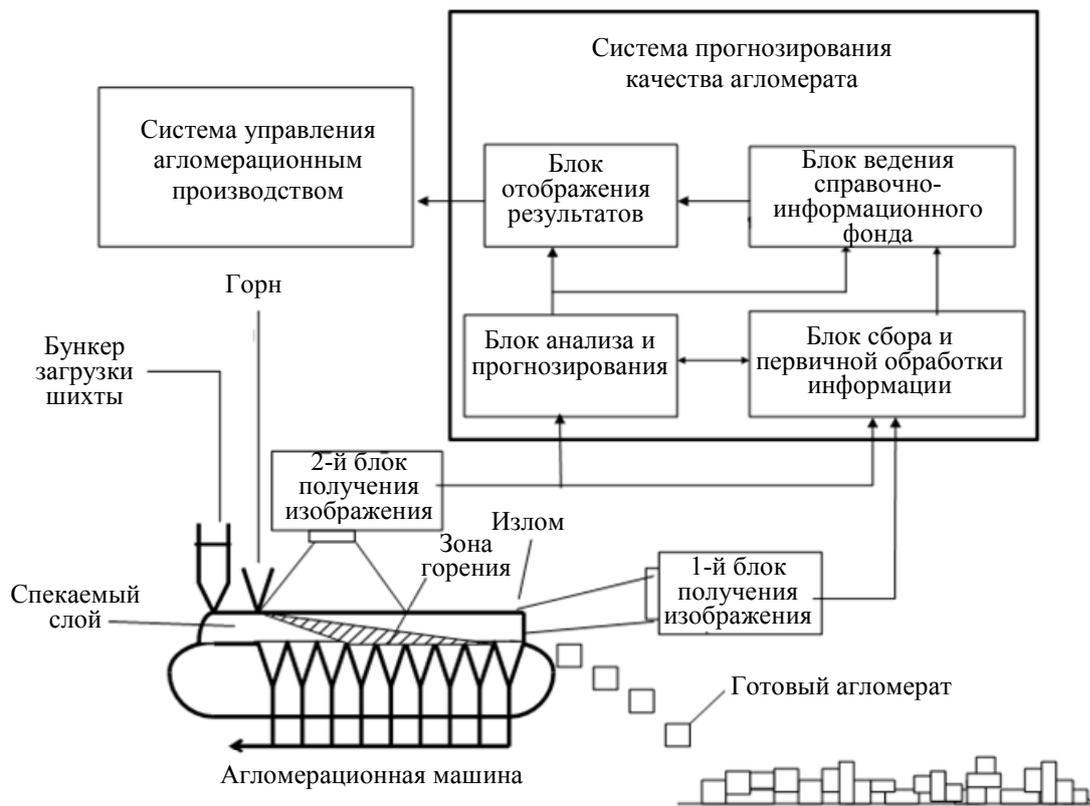


Рис. 1

Требования к согласованности затрат времени на решение функциональных задач с временными характеристиками технологических циклов являются решающими при определении необходимых аппаратных и программных ресурсов. Система прогнозирования обеспечивает работу в режиме реального времени при производстве агломерата [1]. Для прогнозирования выхода годного агломерата используется самонастраивающаяся нейронная сеть Кохонена как наиболее полно удовлетворяющая требованиям и задачам оценки качества агломерационного производства [2]. В качестве активационной функции в нейронной сети Кохонена используется логистическая функция $F(x) = 1/(1 + e^{-x})$. Входной информацией системы прогнозирования служит: начальная температура шихты ($T_{ш}$) с диапазоном изменения 50—60 °С, доля топлива в шихте (4—6 %), доля известняка (8—10 %), доля возврата (25—30 %), влажесодержание шихты (5—6 %), высота насыпного слоя (0,25—0,4 м), скорость газа ($V_{г} = 0,4—0,6$ м/мин), температура газа в горне ($t_{г} = 1000—1450$ °С), мощность источника тепла ($q_{г} = 5000—7000$ кВт/м³), скорость движения паллет ($V_{п} = 1,5—2,2$ м/мин), насыпная плотность шихты ($\rho_{ш} = 3,7—3,8$ кг/м³), плотность газа ($\rho_{г} = 0,23—0,25$ кг/м³), плотность воз-

духа ($\rho_v = 1,0—1,2 \text{ кг/м}^3$), время зажигания ($t_3 = 50—80 \text{ с}$). Эти технологические параметры определяют качество агломерата.

Система обрабатывает изображения как агломерационного пирога после горна для определения начала процесса зажигания, так и излома аглоспека в разгрузочной части агломашины — для выявления момента окончания процесса спекания. Несмотря на сравнительно небольшие размеры изображений (500—700 кБ), для хранения их последовательностей требуется большой объем дискового пространства, поэтому целесообразно хранить сжатые технологические параметры и сжатые изображения.

При сжатии в исходных данных избыточность информации устраняется. Существуют разнообразные методы сжатия, однако именно фрактальное максимально устраняет избыточность информации [3].

В основе фрактального сжатия изображения аглоспека лежит алгоритм разбиения исходного изображения на доменные и ранговые блоки и попытки выявления таких преобразований сжатия, при которых находились бы наилучшие соотношения между ранговыми и доменными блоками [4]. Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве (координаты x и y , яркость). Доменные области представляются в виде перекрывающихся прямоугольников разных размеров, причем степень перекрытия влияет на точность и степень сжатия. Так как изображение излома аглоспека имеет размер 512×512 , то при делителе, равном 8 (2^3), получим максимальный размер блока 64×64 — это первый уровень, на каждом следующем уровне доменный блок уменьшается вдвое.

Ранговые блоки получают путем адаптивного разбиения при переменном размере блоков по технологии квадродерева — пространство R_2 разбивается таким образом, чтобы на каждом последующем уровне дерева размер списка областей был меньше, чем на предыдущем. Разбиение на ранговые блоки производится, если текущий ранговый блок больше самого большого доменного.

Корнем квадродерева является все изображение, которое затем делится на четыре части, каждая часть еще на четыре (рис. 2). На n -м уровне число элементов равно $N = 4^n$.

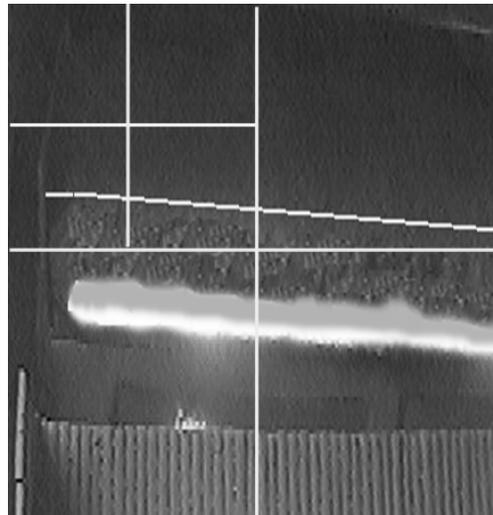


Рис. 2

После разбиения изображения на доменные и ранговые блоки подбираются такие преобразования сжатия, чтобы результат попиксельного суммирования был меньше заданной константы ϵ [4].

Размер итогового (сжатого) изображения меньше размера исходного за счет того, что в файле хранится информация не о цвете каждого пиксела, а о расположении рангового блока, домене, описывающем этот блок, и о преобразованиях домена в ранговый блок [4].

Метод прогнозирования выхода годного агломерата заключается в следующем (рис. 3): подсистема сбора и первичной обработки информации обрабатывает входные параметры и подает запрос в базу данных о совпадении входных параметров с уже имеющимися в базе [5]. Так как вероятность совпадения всех параметров практически равна нулю, то в задаче прогнозирования принимается допущение о совпадении хотя бы 12 параметров. Вместе с входными параметрами в базе данных хранятся информация о выходе годного агломерата, который получился после спекания шихты, и сжатые фрактальным алгоритмом изображения излома агломерационного спека.

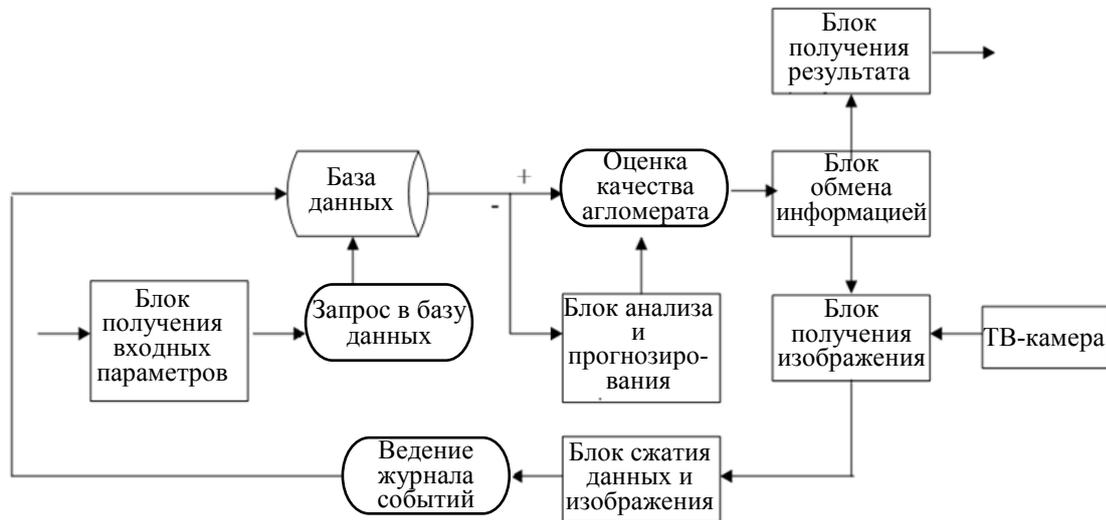


Рис. 3

При совпадении параметров подсистема сбора и первичной обработки информации отправляет в подсистему анализа и прогнозирования файл с необходимой информацией. Затем запускается процесс декомпрессии изображения, а также осуществляется связь с подсистемой обмена информацией между системой прогнозирования и обслуживающим персоналом. В этом случае оператор получает на экран входные параметры, прогноз выхода годного агломерата, изображение излома аглоспека и при необходимости — рекомендации о способе регулирования процесса спекания. Оператор на основании полученных данных принимает решение о подаче управляющего воздействия в систему управления процессом спекания агломерата.

Если совпадения нет, подсистема анализа и прогнозирования подает параметры на входы предварительно обученной искусственной нейронной сети Кохонена. Сеть выдает прогноз выхода годного агломерата и рекомендации, которые также поступают к оператору и в подсистему сбора и первичной обработки информации.

Экспериментальные исследования системы прогнозирования качества агломерата с использованием искусственной нейронной сети осуществлялись в условиях действующего производства с целью проверки надежности и эффективности алгоритмов фрактального сжатия изображения излома аглоспека, входных данных, а также функционирования нейронной сети.

В агломерационном цехе № 3 ОАО „Северсталь“ было проведено 560 технологических экспериментов, адекватность результатов которых оценивалась с помощью критерия Фишера.

На рис. 4 сравниваются экспериментально полученные результаты выхода годного агломерата D (кривая) и данные прогнозирования (Н — низкий выход, С — средний, В — высокий) для 25 экспериментов (N): область 1 — высокий выход, 2 — средний, 3 — низкий.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают высокую надежность и эффективность разработанного математического обеспечения системы прогнозирования качества агломерата.

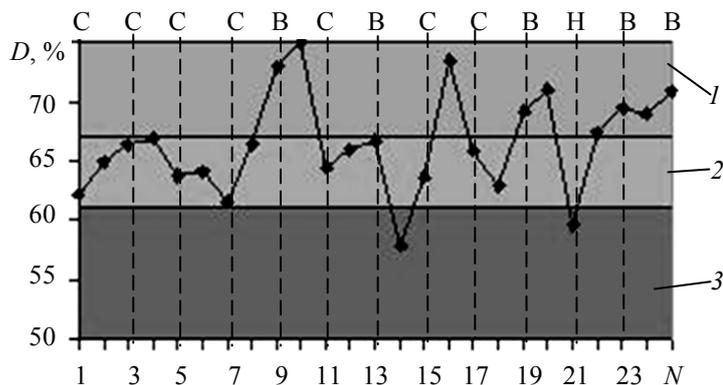


Рис. 4

Предложенный метод прогнозирования позволяет снизить ошибку прогноза до 2—5 %, расширить функциональность системы и улучшить экономические показатели путем повышения оперативности принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Л. Н., Ершов Е. В., Шумилова Е. С. Определение функциональных требований к системе прогнозирования выходных параметров непрерывного технологического процесса производства агломерата // Вестн. Череповецкого гос. ун-та. 2010. № 3. С. 123—127.
2. Виноградова Л. Н., Ершов Е. В. Способ сжатия экспериментальных данных фрактальными распределениями для прогнозирования хода непрерывных металлургических процессов // Производство проката. 2010. № 3. С. 35—38.
3. Виноградова Л. Н., Ершов Е. В., Шумилова Е. С. Использование нейронной сети и фрактальной аппроксимации для прогнозирования параметров макроструктуры и качества агломерата в оптико-электронной системе управления спеканием шихты // Вестн. Череповецкого гос. ун-та. 2010. № 2. С. 126—129.
4. Виноградова Л. Н., Ершов Е. В., Шумилова Е. С. Алгоритм фрактальной аппроксимации для сжатия изображений в оптико-электронных системах контроля качества продукции // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 9. С. 19—22.
5. Виноградова Л. Н., Бажинов А. Н., Ершов Е. В. Метод прогнозирования качества агломерата на основе нейронных сетей и нечетких множеств // Изв. Юго-Западного гос. ун-та. 2011. № 1. С. 21—28.

Сведения об авторах

- Евгений Валентинович Ершов** — д-р техн. наук, профессор; Череповецкий государственный университет, кафедра математического и программного обеспечения ЭВМ; заведующий кафедрой; E-mail: eve@chsu.ru
- Людмила Николаевна Виноградова** — канд. техн. наук; Череповецкий государственный университет, кафедра математического и программного обеспечения ЭВМ; E-mail: lvinogradova@bk.ru
- Дмитрий Владимирович Богачев** — аспирант; Череповецкий государственный университет, кафедра математического и программного обеспечения ЭВМ; E-mail: bogachev-d@yandex.ru
- Ольга Сергеевна Петрухина** — магистр; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: petruhina1203@mail.ru

Рекомендована Юго-Западным
государственным университетом

Поступила в редакцию
10.09.14 г.