

Н.И.КОТЕЛЕВА, канд. техн. наук, ассистент, (812) 328-82-56
Санкт-Петербургский государственный горный университет

N.I.KOTELEVA, PhD in eng. sc., assistant lecturer, (812) 328-82-56
Saint Petersburg State Mining University

НОВЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ШАХТНОГО ОБЖИГА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИЗВЕСТНЯКА

При разработке систем управления металлургическими процессами все чаще используют специальные методы теории управления, к которым относятся методы оптимального, нейронечеткого и адаптивного управления. Прежде всего это связано с повышением сложности задач, предъявляемых в процессе управления. В статье представлены результаты применения нейросетевых методов при разработке автоматизированной системы управления процессом шахтного обжига известняка.

Ключевые слова: шахтная печь, система управления, нейронная сеть.

THE NEW APPROACH TO CONTROL OF THE METALLURGICAL LIMESTONE SHAFT KILNING PROCESS

Today at management system engineering by metallurgical processes used to special methods of the control theory such as optimal, neiro-fuzzy and adaptive methods. First of all, it is connected with increase of problems complexity maintained in control process. In article possibility of application of neural networks is considered at improvement of a control system by process of mine roasting of limestone, are described the neural network scheme controls and the basic stages of its construction.

Key words: shaft kiln, control system, neural network.

В настоящее время в практике работы металлургических комбинатов при управлении процессами шахтного обжига известняка используются так называемые локальные автоматизированные системы. Такие системы позволяют успешно решать задачи стабилизации одного (реже двух-трех) параметра процесса. При использовании такого рода систем эффективность управления объектом в целом очень сильно зависит от действий оператора. При этом различные проведенные исследования работы операторов показывают, что управление часто ведется ими нерационально ввиду ограниченных возможностей человека, который не в состоянии контролировать и анализировать одновременно большое количество переменных факторов [3]. В классической тео-

рии управления, на которой основываются современные автоматизированные системы управления технологическим процессом шахтного обжига известняка, обозначенные проблемы решаются с помощью математических моделей, реализуемых на основе предположений о линейности систем [1]. Однако эти модели адекватны лишь в некоторой ограниченной области и в полной мере не могут отражать действительные физические свойства таких сложных объектов, к которым относится шахтная печь для обжига известняка, ввиду наличия в реальной системе нелинейных характеристик, множественных обратных связей, неконтролируемых внешних факторов, сложных для моделирования динамических элементов и других факторов, затрудняющих реализацию

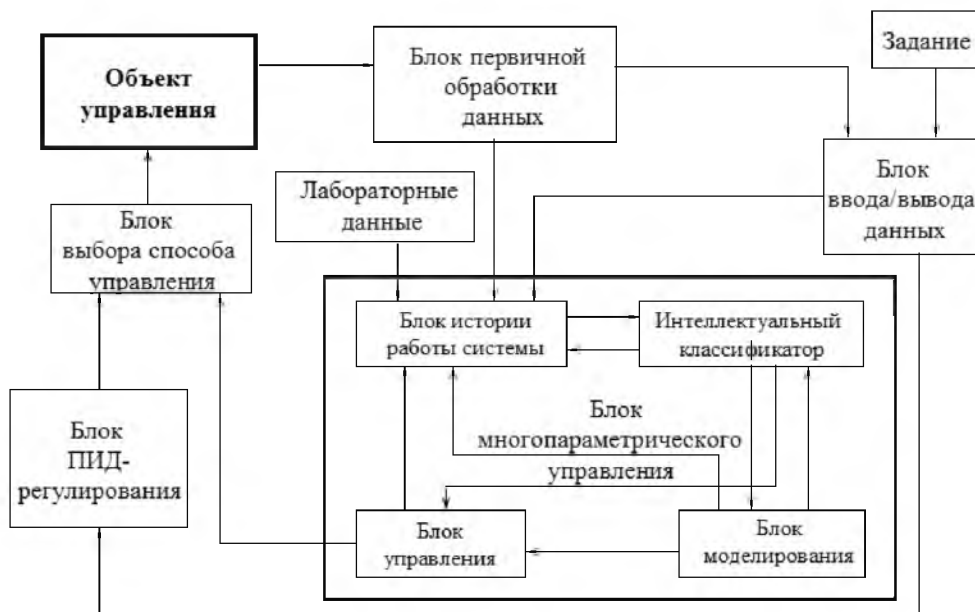


Рис.1. Структурная схема автоматизированной системы управления процессом шахтного обжига известняка с применением нейросетевых алгоритмов

управления. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования существующих или поиска новых способов создания алгоритмов управления процессом шахтного обжига известняка, что будет способствовать росту эффективности управления и снижению влияния оператора на ход технологического процесса.

Шахтная печь относится к классу сложных объектов управления с характерными для него нелинейностью, неоднозначностью, нестационарностью характеристик, большими транспортными и переходными запаздываниями, многосвязанностями каналов управления, высоким уровнем контролируемых и неконтролируемых возмущений, неполного контроля параметров и др.

Получение качественно обожженной извести напрямую связано с правильным выбором температурного режима работы шахтной печи. Основными причинами отклонения температуры от заданных значений являются изменение качества известняка и нарушение распределения материалов и газов по сечению печи. Компенсация колебаний температуры осуществляется, в основном, за счет изменения количества топлива, подводимого к горелкам, а также за

счет изменения производительности по извести [2]. Целью управления процессом шахтного обжига известняка является стабилизация температурного режима работы печи. При этом шахтная печь как объект управления обладает большой инерционностью по отдельным каналам воздействий и запаздыванием, и традиционные системы управления на основе ПИД-регуляторов не всегда способны достигать заданной цели управления. Для улучшения качества управления процессом шахтного обжига известняка предлагается использовать структуру автоматизированной системы управления на основе нейросетевых алгоритмов (рис.1).

Автоматизированная система управления процессом шахтного обжига известняка с применением нейросетевых алгоритмов выполнена в виде информационно-вычислительного комплекса и состоит из следующих основных блоков (рис.1): объект управления; блок первичной обработки данных, осуществляющий преобразование данных, полученных с объекта управления в форму, определенную пользователем; блок ввода/вывода данных или графический интерфейс пользователя, осуществляющий взаимодействие пользователя и системы, на который приходит

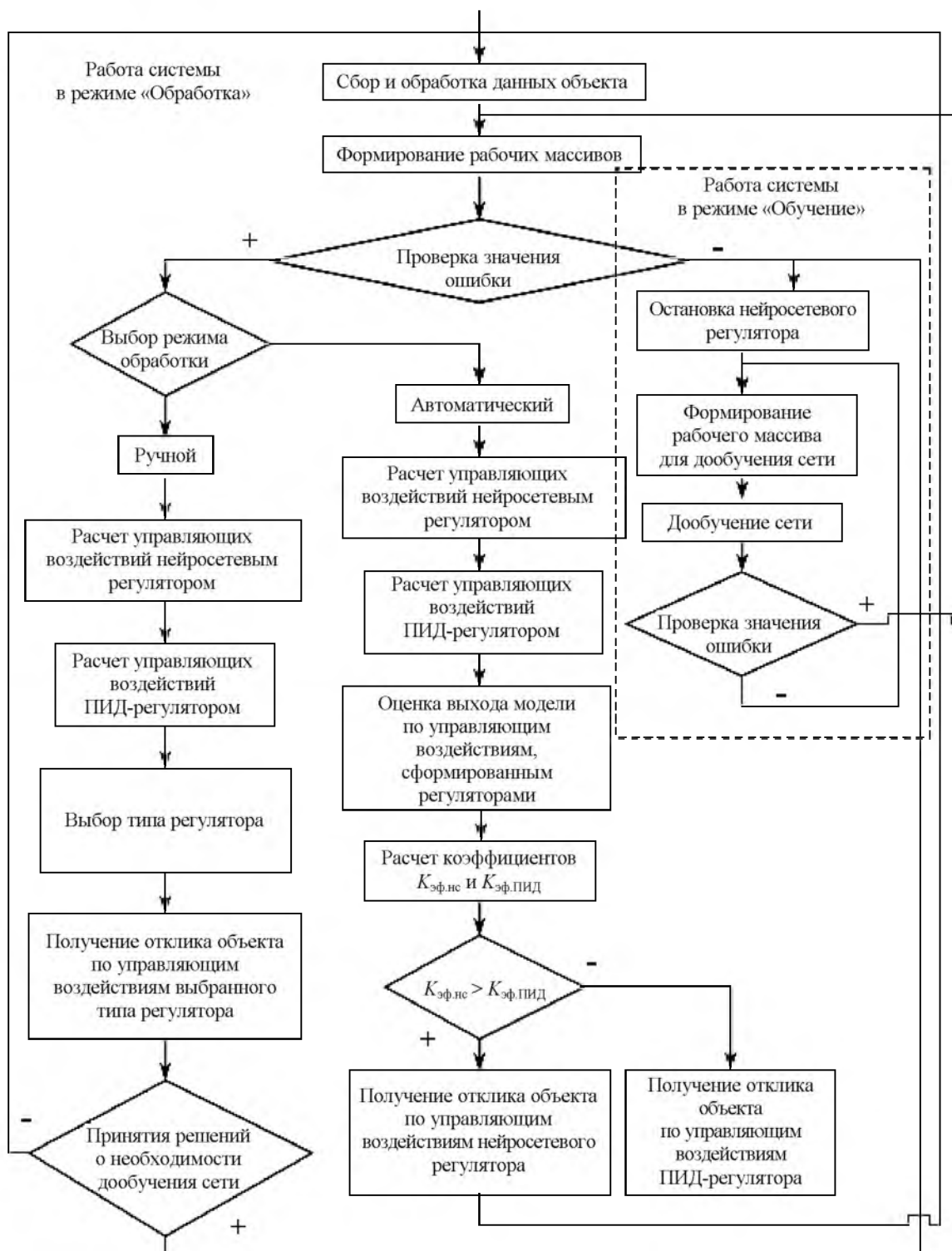


Рис.2. Блок-схема алгоритма работы автоматизированной системы управления процессом шахтного обжига известняка

задание; блок реализации алгоритмов ПИД-регулирования, где на основе показаний одного или нескольких датчиков формируется

единичное управляющее воздействие на исполнительный механизм; блок многопараметрического управления, состоящий из че-

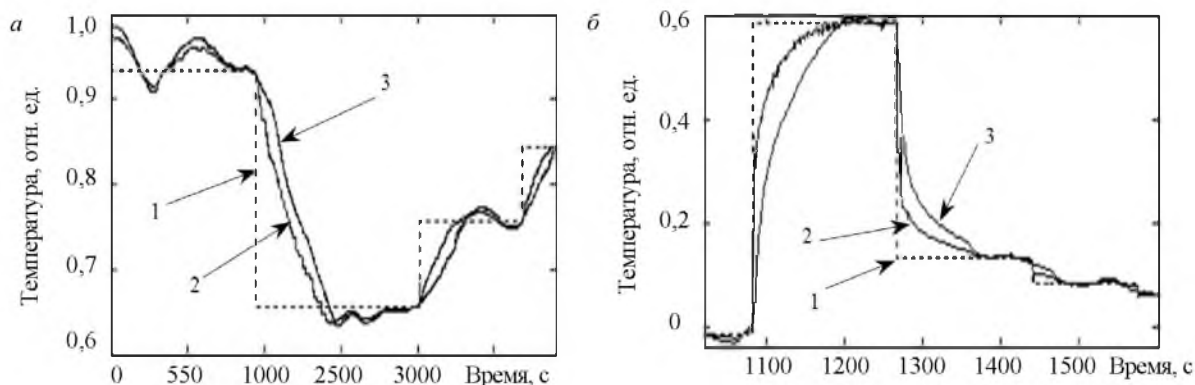


Рис.3. Результаты работы системы управления: а – в зоне обжига; б – в зоне охлаждения

1 – сигнал задания; 2 – расчетные значения (реакция разработанной системы на задание); 3 – фактические значения (реакция существующей системы на задание)

Оценка качества управления

Параметр	Номер выхода нейронной сети	G , %	t_p , мин	P	СКО
Выход 1	Фактические значения	3,993	4,9	0,993	0,0082
	Расчетные значения	1,208	3,4	0,995	0,0039
	Оценка изменения показателей, %	69,75	30,61	0,2	52,44
Выход 2	Фактические значения	15	8,32	0,671	0,2046
	Расчетные значения	8	5,14	0,817	0,158
	Оценка изменения показателей, %	46,67	38,22	17,87	22,78
Выход 3	Фактические значения	2,225	4,7	0,753	0,1502
	Расчетные значения	1,83	3,3	0,861	0,0716
	Оценка изменения показателей, %	17,75	29,79	12,54	52,33
Выход 4	Фактические значения	8,56	1,7	0,922	0,1126
	Расчетные значения	4,11	1,2	0,987	0,0885
	Оценка изменения показателей, %	51,99	29,41	6,58	21,4
Выход 5	Фактические значения	1,5	0,3	0,853	0,1341
	Расчетные значения	0,7	0,21	0,932	0,0654
	Оценка изменения показателей, %	53,33	30	8,48	51,23

тырех основных блоков: блока истории работы системы, осуществляющего сбор основных параметров системы и формирование различных выборок данных для отдельных блоков системы, а также расчет коэффициента эффективности работы системы, интеллектуального классификатора, осуществляющего выбор оптимального режима работы системы, блока моделирования, выполняющего оценку состояния объекта с точки зрения изменения тактики и стратегии поведения и блока управления, выдающего управляющие воздействия; блока выбора способа управления, который, используя

оценку, полученную от блока моделирования, выбирает на основании некоторого критерия способ управления для каждого управляемого параметра системы.

На рис.2 представлена блок-схема алгоритма работы предлагаемой автоматизированной системы управления процессом шахтного обжига известняка.

Для проверки эффективности работы системы был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого получена оценка качества управления по пяти параметрам: выход 1 – температура в зоне подогрева; выход 2 – температура в нижней

части зоны обжига; выход 3 – температура в верхней части зоны обжига; выход 4 – температура в зоне охлаждения; выход 5 – суммарное содержание СаО и MgO в известии.

Для проведения эксперимента были взяты данные с действующей шахтной печи за период ее работы 1 мес. с интервалом 1 мин.

На рис.3 представлены результаты работы автоматизированной системы управления по двум параметрам – температуре в зоне обжига (рис.3, а) и в зоне охлаждения (рис.3, б).

Качество управления оценивалось по величине перерегулирования (G), времени переходного процесса (t_p), плотности вероятности внутри границ допустимых пределов изменения параметра (P) и среднеквадратическому отклонению ошибки регулирования (СКО). Результаты оценки качества управления представлены в таблице.

Полученные значения подтверждают повышение качества по величине перерегулирования на 15 %, времени переходного процесса на 25 %, плотности вероятности внутри границ допустимых пределов изменения параметра на 0,2 % и среднеквадратическому отклонению ошибки регулирования на 20 %.

Получив положительные результаты при решении поставленной задачи, можно говорить о целесообразности применения

нейронных сетей при решении подобных и более сложных задач, связанных с управлением процессом шахтного обжига известняка. Кроме того, поскольку применение нейронной сети позволило решить данную задачу значительно быстрее и проще традиционных методов, то можно говорить об успешной интеграции подобных алгоритмов в различные схемы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анхимюк В.Л. Теория автоматического управления / В.Л.Анхимюк, О.Ф.Опейко, Н.Н.Михеев. Минск: Дизайн ПРО, 2000.
2. Голубев В.О. Исследование процесса обжига металлургического известняка в шахтной печи // Записки Горного института. 2006. Т.169.
3. Еременко Ю.И. Автоматизация управления шахтными печами цеха металлзации с использованием динамической экспертной системы // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 4.

REFERENCES

1. Ankhimuk V.L., Opeiko O.F., Mikheev N.N. Automatic control theory. Minsk: Design PRO, 2000.
2. Golubev V. Research of process of roasting of metallurgical limestone in the mine furnace // Notes of Mining institute. 2006. Vol.169.
3. Eremenko U.I. Management automation by mine furnaces of shop of metallization with use of dynamic expert system // Mechatronics, automation, control. 2004. N 4.