

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДИЧЕСКОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Федотов Е.С., группа СУА-10мн

Руководитель к.т.н., доц. Федюн Р.В.

Описание объекта исследования. Объектом исследования является методическая нагревательная печь (далее МНП) прокатного стана 2300 Донецкого металлургического завода. МНП по смыслу означает печь постепенного (методичного) нагрева металлических заготовок (слябов).

Исследуемая МНП является толкательной (заготовки в ней перемещаются толкателем), двухрядной, трехзонной, с двухсторонним подогревом, торцевой загрузкой и торцевой выдачей металла.

Для управления режимом нагрева данная методическая печь по длине разделена на 3 зоны [1]:

1. Методическая зона. Первая по ходу металла зона печи - методическая зона. Здесь происходит медленный нагрев поступающих холодных слябов за счет теплообмена с горячими газообразными продуктами горения, вывод из печи которых и осуществляется через данную зону. Во избежание возникновения чрезмерных термических напряжений необходим медленный нагрев массивных тел, в интервале температур от 10° до 500° С.

2. Сварочная зона. Назначение этой зоны — быстрый нагрев поверхности заготовки до конечной температуры, составляющей 1150° – 1200° С. Здесь расположено 8 штук горелок по 4 сверху и снизу (образующих соответственно верхнюю и нижнюю сварочные зоны), сопла которых направлены под углом к перемещающимся слябам.

3. Томильная зона. В данной зоне происходит равномерный прогрев поступающих слябов не только по всей поверхности, но и их внутренних слоев, что реализуют 4е горелки. Необходимость выравнивания температуры по массе

заготовки перед выдачей из печи вызвана недостатком МНП, т.е. тем, что на нижней поверхности сляба в местах контакта с водоохлаждаемыми опорными трубами в методической и сварочных зонах остаются непрогретые участки. В данной зоне заготовки перемещаются по монолитной подине. На выходе из данной зоны равномерно прогретый сляб имеет требуемую по технологии производства температуру.

Для более детального знакомства с устройством объекта исследования рассмотрим технологическую схему печи, представленную на рис. 1.

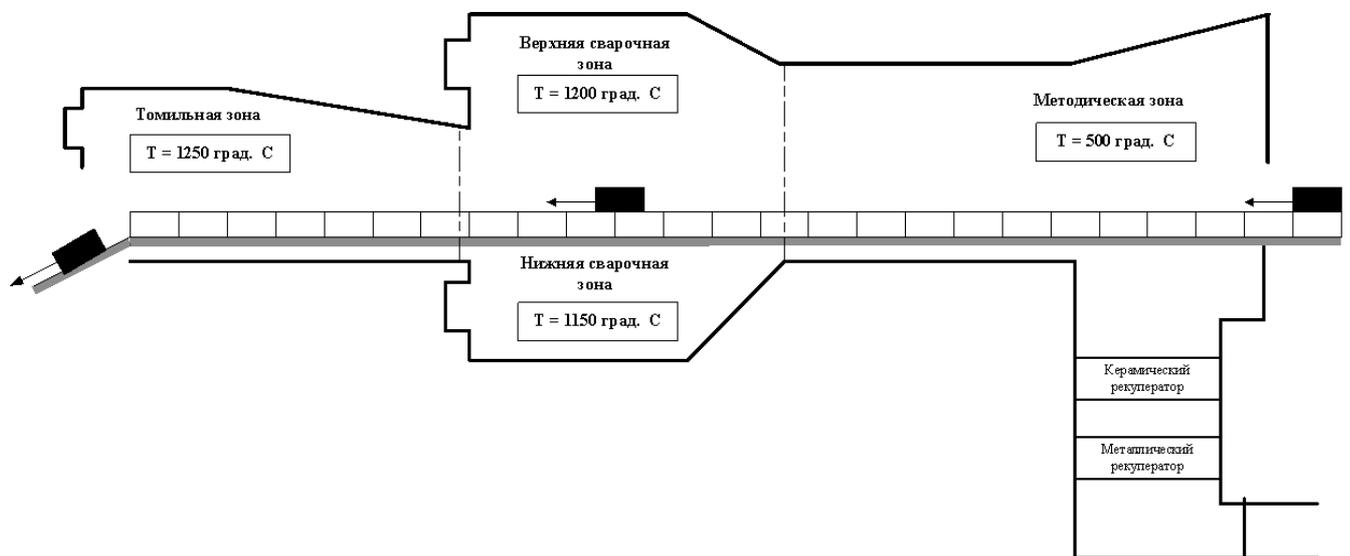


Рисунок 1 – Технологическая схема МНП №1

Математическая модель объекта. Температура в печи t_n° определяется интенсивностью подвода и сжигания топлива и в этом смысле она является регулируемым параметром. В данном случае температура в печи – первая выходная переменная для МНП.

Исследование динамических характеристик показывает [2], что:

1. Передаточные функции (далее ПФ) по каналам температура в зоне печи – расход топлива, производительность печи, теплота сгорания являются выражением:

$$W_v(p) = \frac{k_v e^{-p\tau}}{(Tp+1)}, \quad (1)$$

где индекс v может принимать одно из следующих значений: G_T - расход топлива, Q_n - теплота сгорания отопительного газа, M - производительность печи; k_v - соответствующий коэффициент передачи; p - оператор Лапласа; T - постоянная времени; τ - запаздывание.

2. ПФ по каналу соотношение «газ-воздух» в зоне печи – расход воздуха:

$$W_{co}(p) = \frac{k_{i_{co}}}{Tp+1}. \quad (2)$$

Для ПФ соотношения топливо-воздух коэффициент передачи $k_{i_{co}}$ в i -ой зоне печи согласно [2] может быть найден по формуле:

$$k_{i_{co}} = \frac{\Delta t_i}{\Delta C_o^i}, \quad (3)$$

где Δt_i - изменение температуры в i -ой зоне печи; ΔC_o^i - отклонение соотношения топливо-воздух от оптимального значения в i -ой зоне печи.

Численно соотношение «газ-воздух» определяется так называемым коэффициентом расхода воздуха, обычно обозначаемым α .

Коэффициент расхода воздуха равен:

$$\alpha = \frac{B_v}{B_v^o} = \frac{B_v}{V_v^o G_T}, \quad (4)$$

где B_v - действительный расход воздуха; B_v^o - теоретический расход воздуха, необходимый для полного сжигания газа; V_v^o - теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сжигания единицы газа; G_T - расход топлива;

На конкретной исследуемой МНП, работающей в прокатном цехе Донецкого металлургического завода в системе автоматического управления (САУ) работой печи отсутствует контроль процесса сжигания газа [3]. Но для

улучшения точности автоматического регулирования производства, конечно же, целесообразно внедрение корректировки соотношения, исходя из контроля качества сжигания газа и воздуха [4].

При полном сгорании топлива коэффициент расхода воздуха может быть также найден по формуле [2]:

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3,76 \frac{O_2}{N_2}}, \quad (5)$$

где O_2 , N_2 — соответственно содержание газов в продуктах сгорания; 3,76 — коэффициент, равный отношению азота и кислорода в воздухе.

Моделирование динамических процессов в томильной зоне МНП. Для того чтобы произвести моделирование процессов, протекающих в томильной зоне МНП, необходимо четко представлять вид взаимосвязи между выходными переменными и входными. На основании математического описания объекта, представим следующую схему взаимосвязей:

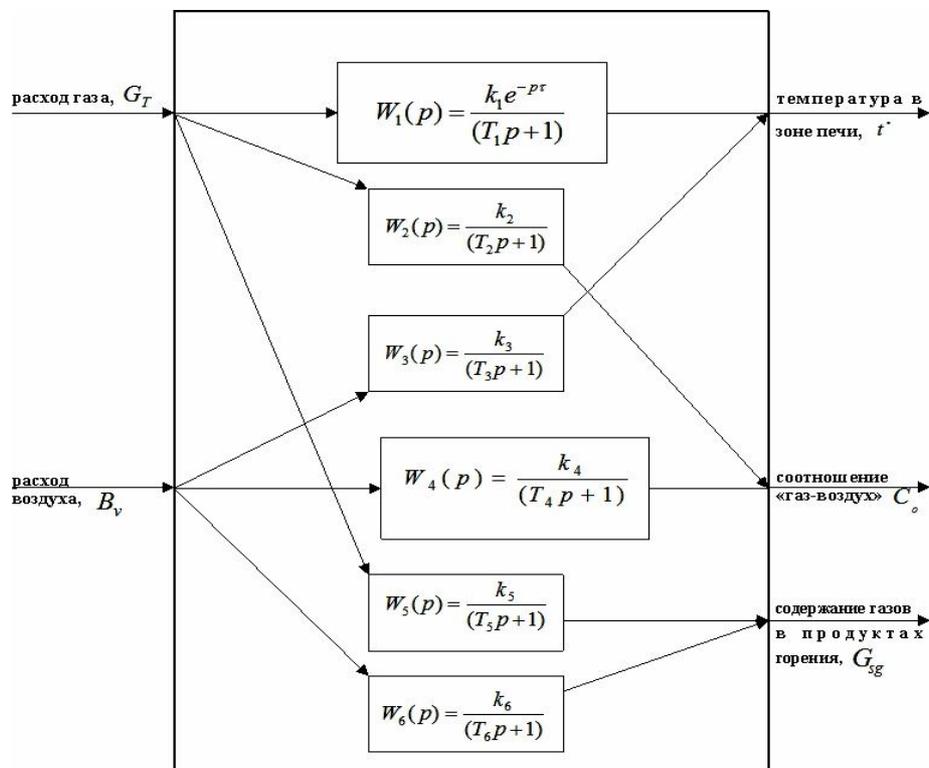


Рисунок 2 – Схема взаимосвязи между выходными и входными переменными в томильной зоне МНП

Мы получили многосвязную систему, содержащую 2 входа и 3 выхода, причем на каждый выход влияния оказывают сразу 2 входа.

Для моделирования используем пакет прикладных программ MatLab. Построим структурную схему нашей многосвязной системы с действительными элементами передаточных функций в Simulink MatLab:

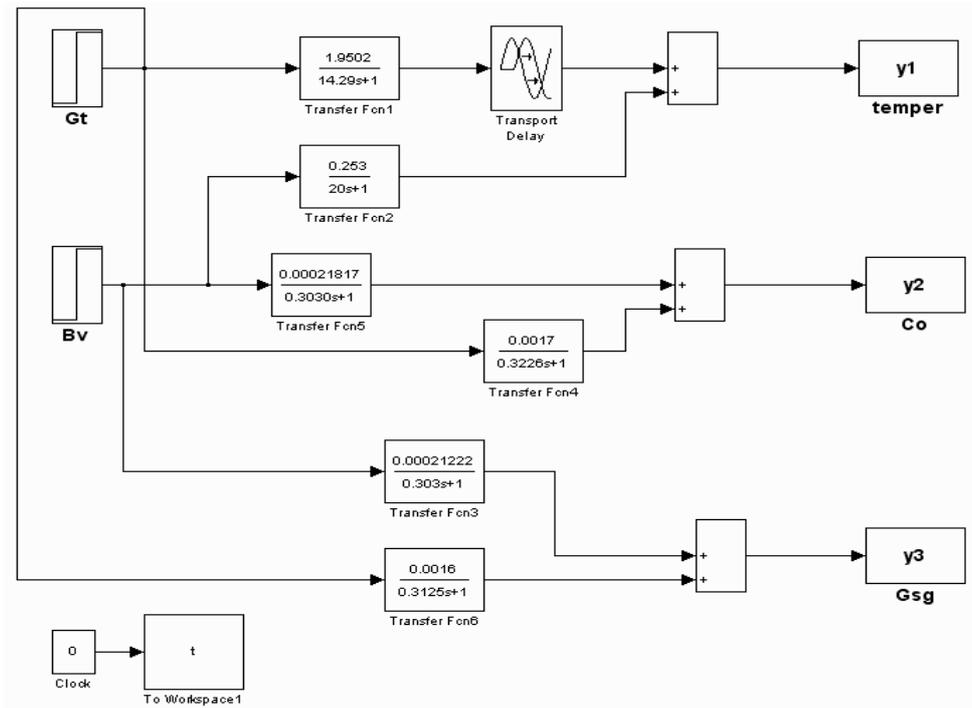


Рисунок 3 – Структурная схема моделирования

Получили следующий график:

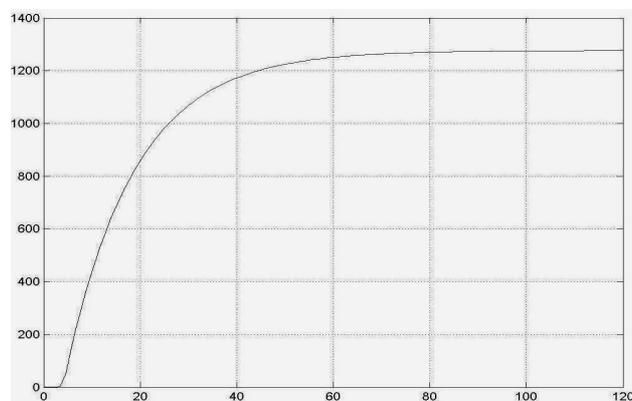


Рисунок 4 – Переходный процесс 1-й выходной переменной – температуры в томильной зоне МНП

Из графиков видно, что:

1. Установившиеся значение величины – $t_n^{\circ} = 1276,2$ °C не отличается от технологических параметров печи;
2. Перерегулирование составило 0%;
3. Время переходного процесса составило для температуры 120с, что недопустимо при реальной работе печи (допустимое время до 60с).

Выводы. На основании выполненного анализа особенностей методической нагревательной печи как объекта автоматического управления определены необходимые данные для разработки математической модели. Предложенная структура модели позволяет представить рассматриваемый технологический объект как многомерный и многосвязный. Анализ характеристик основных элементов МНП дал возможность составить схему взаимосвязей и выполнить моделирование динамических процессов в объекте управления на примере одной из выходных переменных – температуры на выходе печи. Разработанная математическая модель МНП позволяет выполнять исследование динамических процессов в данном объекте управления при различных задающих и возмущающих воздействиях с учетом возможного изменения технологических параметров реальных МНП. Применение данной модели дает возможность формализовать задачи исследования и синтеза систем автоматического управления МНП.

Перечень ссылок

1. Каганов В.Ю. Автоматизация управления металлургическими процессами. – М.: Металлургия, 1983. – 320 с.
2. Климовицкий Г.К. Автоматизация методических печей. – М.: Металлургиздат, 1986. – 270 с.
3. Кузнецов С.В. Прокатный цех. Паспорт толстолистого стана 2300. – Д., 2005. – 150 с.
4. Буглак Л.И. Автоматизация методических печей. – М.: Металлургия, 1981. – 310 с.