

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СУШКИ СТАЛЬ-КОВШЕЙ

Кобзев В. В., магистрант; Неежмаков С.В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Объектом автоматизации является вертикальная установка сушки сталь-ковшей (ВУССК) в комплексе машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Целью автоматизации является достижение качественной работы установки при меньших затратах на эксплуатацию за счёт повышения эффективности процесса горения и минимизации удельного расхода природного газа в условиях переменной продуктивности агрегата [1].

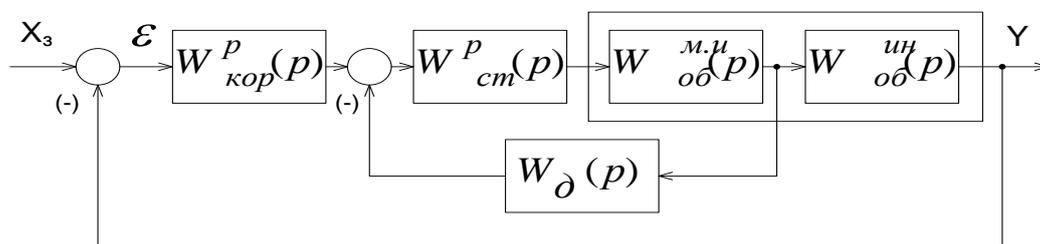
Построить математическую модель объекта управления можно двумя способами: аналитическим и экспериментальным. В связи с тем, что аналитическое описание теплоэнергетических объектов, как правило, затруднено, целесообразно использовать экспериментальный метод. В этом случае получают переходную функцию, подав на вход объекта ступенчатое воздействие. Проведя эксперимент, обработав его результаты, строят математическую модель объекта регулирования в виде передаточной функции, при этом видом передаточной функции задаются заранее. При расчете системы обычно используется упрощенная передаточная функция объекта в виде:

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (1)$$

Аппроксимация экспериментальных графиков переходных характеристик объектов регулирования обычно содержит в себе два этапа:

- выбор общей аналитической формулы для аппроксимируемой характеристики;
- определение оптимальных значений коэффициентов этой характеристики при условии минимума принятого критерия приближения характеристики.

В данном случае имеем две регулируемые величины – расход воздуха и содержание кислорода в отходящих газах. Инерционность объекта относительно основной регулируемой величины (расхода воздуха) значительно меньше инерционности относительно промежуточной регулируемой величины (содержания кислорода), следовательно, быстрдействие стабилизирующего регулятора может быть значительно большим быстрдействия корректирующего регулятора. Структурная схема АСР соотношения топливо-воздух представлена на рисунке 1.



X_3 – сигнал задания; Y – выходной сигнал; E – ошибка

Рисунок 1 – Структурная схема модели АСР соотношения газ-воздух

Сначала получим математическую модель малоинерционного объекта. Согласно методике, для малоинерционного объекта $W_{об}^{м.и.}(p)$ задаем вид передаточной функции:

$$W_{об}^{м.и.}(p) = \frac{K_{об}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}; \quad (2)$$

где: $K_{об}$ – коэффициент передачи малоинерционного объекта; T_1 и T_2 – постоянные времени малоинерционного объекта; n – степень.

По подобной переходной характеристике малоинерционного [2] объекта $T_0=2,07$ с, $\tau_0=0,41$ с. Координаты точки перегиба переходной характеристики объекта могут быть приняты равным: $h_n=0,09$ м3/% хода р.о. и $t_n=0,88$ с. В связи с тем, что принятое значение характеристики равно $h_y=0,3$ м3/% хода р.о., то относительное значение в точке перегиба будет равняться: $b=h_n/h_y=0,09/0,3=0,3$. Найдём: $T_1/T_0=0,445$; $T_2/T_1=0,22$; $t_n/T_1=1$. Определим: $T_1=0,445 \cdot 2,07=0,9$ с; $T_2=0,22 \cdot 0,9=0,2$ с; $t_n=1 \cdot 0,9=0,9$ с.

Передачная функция объекта после подстановки всех найденных значений может быть представлена следующим выражением:

$$W_{об}^{м.и.}(p) = \frac{0,3}{(0,9p + 1)(0,2p + 1)} \quad (3)$$

Найдем передаточную функцию общего объекта следующего вида:

$$W_{об}^{общ}(p) = \frac{K_{об}}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}; \quad (4)$$

Обработав полученные из переходной характеристики общего объекта коэффициенты аналогично предыдущим, получим:

$$W_{об}^{общ}(p) = \frac{0,3}{(4,8p + 1)(26,5p + 1)}; \quad (5)$$

Определим передаточную функцию инерционного объекта:

$$W_{об}^{ин}(p) = \frac{W_{об}^{общ}(p)}{W_{об}^{м.и.}(p)}. \quad (6)$$

При построении автоматических систем необходимо иметь в виду, что на вход объекта управления всегда поступают случайные внешние воздействия. В данном случае смысл автоматизации может заключаться в обеспечении минимума ошибки регулирования.

Рассмотрим структуру замкнутой системы, которая представлена на рисунке 2.

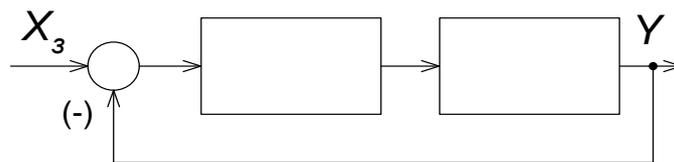


Рисунок 2 – Структура замкнутой системы

X_3 - сигнал задания; Y - выходной сигнал; ε - ошибка.

Передаточная функция замкнутой системы имеет вид:

$$W_3(p) = \frac{W_p(p)W_o(p)}{1 + W_p(p)W_o(p)}. \quad (7)$$

Выразим передаточную функцию регулятора:

$$W_p(p) = \frac{W_3(p)}{1 - W_3(p)} * \frac{1}{W_o(p)}; \quad (8)$$

$$W_3(p) = W_3^o(p) \cdot e^{-T_p}. \quad (9)$$

Запаздывание может быть разложено в ряд Тейлора в виде:

$$e^{-\tau_0 p} = \varphi \quad (10)$$

Принимаем: $W_3^0(p) = 1$.

Учитывая изложенное, можно записать передаточную функцию оптимального регулятора:

$$W_p = \frac{1}{W_0^0(p) \cdot \varphi} \quad (11)$$

где $W_0^0(p) = \frac{K_o}{(T_0 p + 1)}$;

После подстановки получаем:

$$W_p(p) = \frac{1}{\frac{K_o}{T_0 p + 1} \cdot \varphi} = \frac{T_0 p + 1}{K_o \varphi} = \frac{T_0 \left(p + \frac{1}{T_0} \right)}{K_o \varphi} = \frac{T_0}{K_o \tau_0} \left(1 + \frac{1}{T_0 p} \right) \quad (12)$$

Эта передаточная функция соответствует передаточной функции ПИ-регулятора:

$$W_p^{PI} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_u p} \right), \quad (13)$$

где $T_u = T_0$.

Для определения качественных показателей системы регулирования используем прямые показатели качества. К прямым показателям качества относятся: время регулирования, величина динамического отклонения и статическая ошибка. Для их определения необходимо построение переходных процессов, для чего составляем структурную схему модели системы регулирования для расчета в среде MatLab, представленную на рисунке 3.

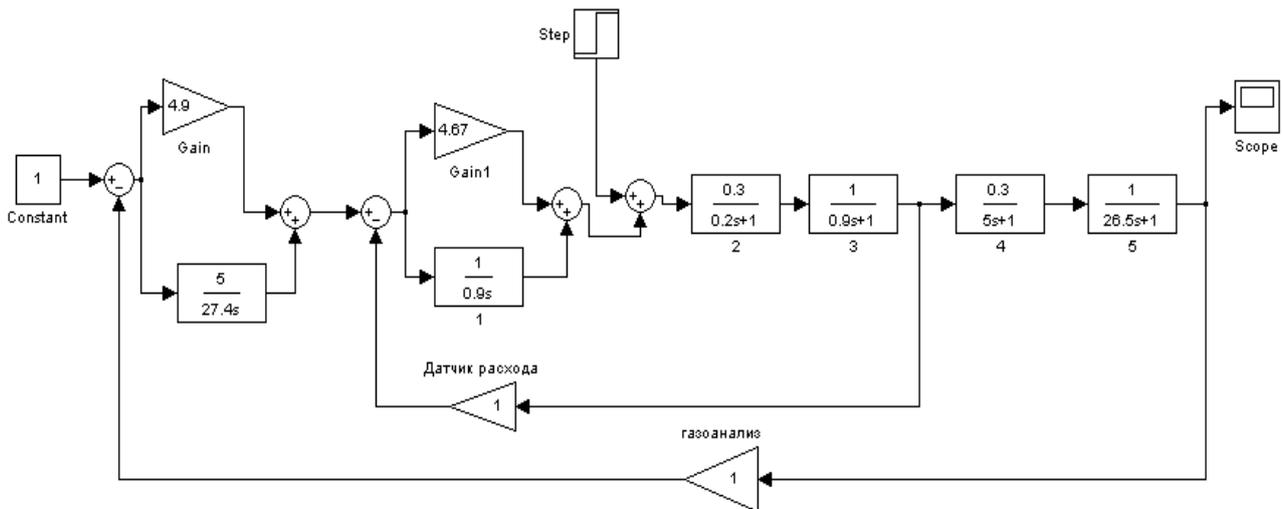


Рисунок 3 – Структурная схема модели системы регулирования

График переходного процесса на выходе системы регулирования приведен на рисунке 4. На восьмой секунде на модель системы было подано внешнее возмущающее воздействие.

Переходной процесс при отработанном задании характеризуется следующими показателями качества:

- время регулирования $t_p=5$ с;
- величина перерегулирования $\sigma =23$ %;
- статическая ошибка $\varepsilon =3\%$.

Переходной процесс по возмущающем воздействию характеризуется следующими показателями качества:

- время регулирования $t_p=0$ с, так как процесс не пересек 5 % зону;
- динамическая ошибка $\Delta =0,11$ %;
- статическая ошибка $\varepsilon =0$.

По показателям качества определяем, что система полностью подавляет внешние возмущения. Данные показатели качества можно считать удовлетворительными.

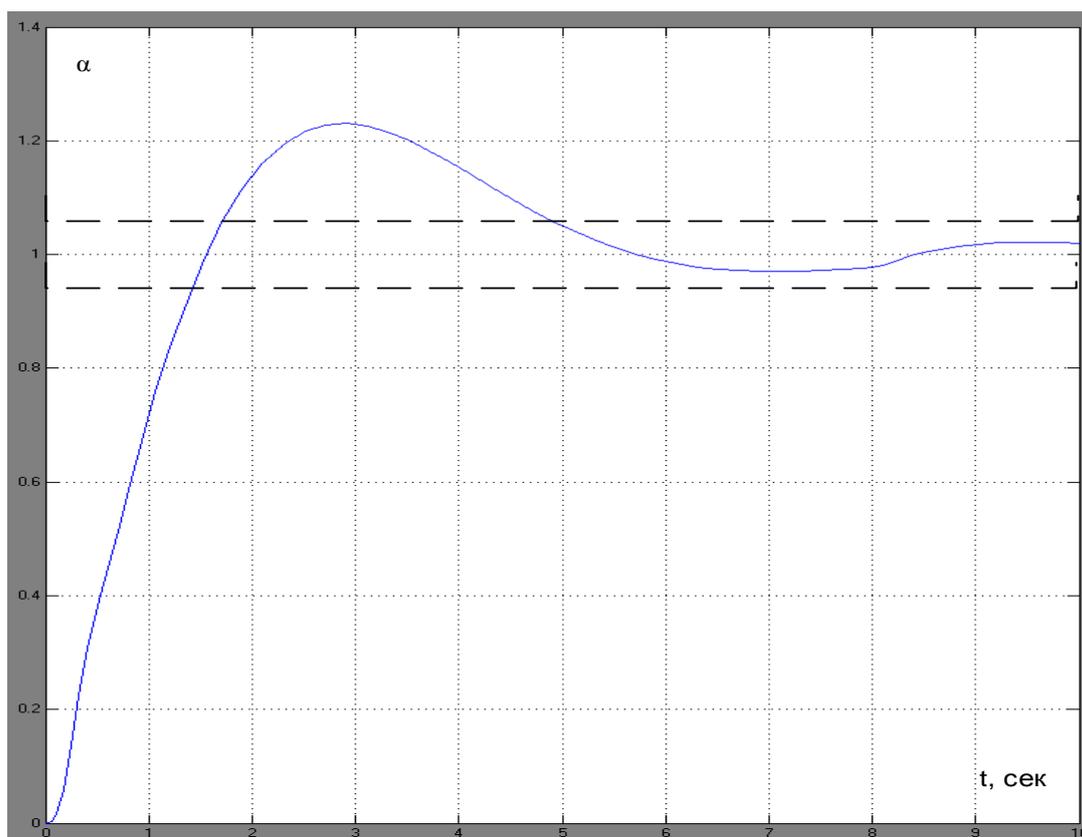


Рисунок 4 – График переходного процесса

Разработанная система регулирования соотношения газ-воздух позволит повысить производительность установки сушки сталь-ковшей за счет оптимизации процесса сгорания природного газа. Синтез математической модели, разрабатываемой АСР позволил определить закон регулирования и выбрать оптимальные настройки регулятора. Анализ качества работы смоделированной системы регулирования показал, что система устойчива и полностью подавляет внешние возмущающие воздействия.

Перечень ссылок

1. Установка для сушки сталеразливочного ковша, машина непрерывного литья заготовок : Пояснительная записка // Донецкий электрометаллургический завод. - 2002. – 93с.
2. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов / под ред. Г. М. Глинкова. - 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Металлургия, 1986. – 351 с.