

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ САУ ПРОЦЕССА СУШКИ И РАЗОГРЕВА СТАЛЬКОВША

Нестерова Е.А., магистрант; Суков С.Ф., проф., к.т.н, доц.

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

Актуальность. В автоматических системах управления процесс сушки заключается в выборе и поддержании теплового режима работы стальной ковша. Автоматическое управление процессом сушки и нагрева стальной ковша позволяет плавно изменять расход топлива в зависимости от температуры в ковше, что обеспечивает эффективное использование энергоносителей и получению хорошего качества футеровки.

Цель - разработка математической модели системы автоматического управления стендом сушки стальной ковша, обеспечивающая поддержание требуемого теплового режима при действии возмущающих воздействий, исследование динамики процесса цикла подогрева футеровки.

Математическая модель САУ. Математическая модель стенда разработана на основании структурной схемы. Поскольку на объект управления действуют возмущающие воздействия разной физической природы и измерить их не всегда удается практически реализовать разомкнутый комбинированный принцип управления основными параметрами процесса сушки затруднительно. Поэтому для построения системы автоматического управления сушки стальной ковша использован принцип управления по отклонению (рис. 1).

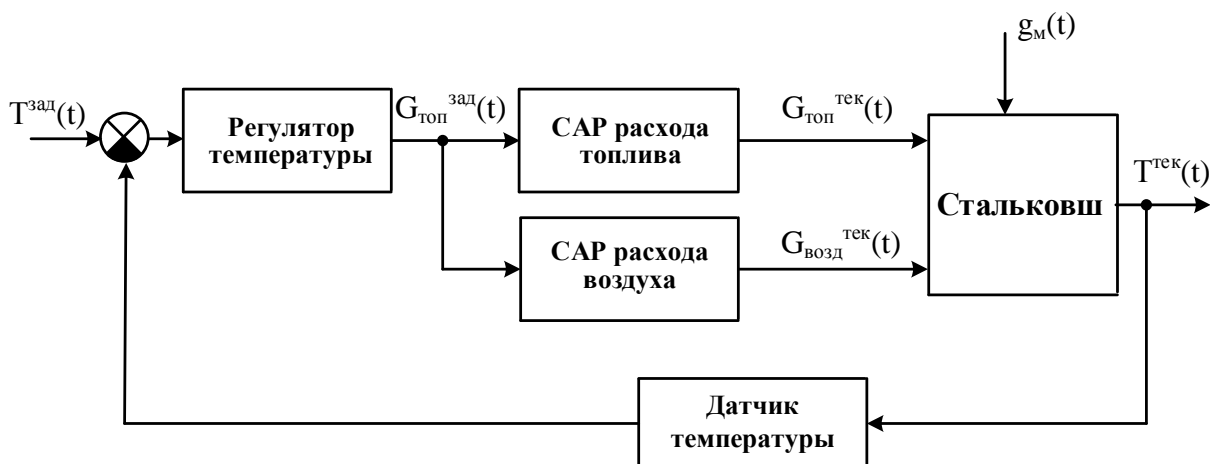


Рисунок 1 – Структурная схема контура управления стендом сушки стальной ковша

На рисунке 1 введены обозначения: $T^{зад}(t)$ – заданная температура; $G_{топ}(t)$ – расход топлива заданный, текущий; $G_{возд}^{тек}(t)$ – расход воздуха текущий; $g_m(t)$ – возмущающие воздействия; $T^{тек}(t)$ – текущая температура.

В данной модели соотношение расходов газ-воздух принято постоянным $1 \div 10$. Ведущим считается расход газа, а ведомым - расход воздуха. В системе предполагается применение датчика, устанавливаемого непосредственно в крышку стенда. Получение данных температуры футеровки будет осуществлено косвенным методом измерения. Авторами [1] была получена зависимость между температурой поверхности футеровки ковша (средняя по пяти точкам на внутренней поверхности ковша) и температурой футеровки крышки стенда. Эти данные носят косвенный характер, поэтому потребовался тщательный экспериментальный анализ для выявления корреляции между температурой крышки и действительной температурой футеровки ковша.

Математическая модель стальной ковша получена на основании закона сохранения энергии. Стальной ковш описывается математической моделью:

$$V_{\kappa} c_{n_2} \frac{dT_{n_2}^{\kappa}}{dt} = F_{n_2} c_{n_2} (T_{n_2}^H - T_{n_2}^{\kappa}) + \alpha_1 F_{n_2} (T_{\phi}^{\kappa} - T_{n_2}^{\kappa})$$

$$M_{\phi} c_{\phi} \frac{dT_{\phi}^{\kappa}}{dt} = \alpha_2 F_2 (T_{\phi_03} - T_{\phi}^{\kappa}) - \alpha_1 F_1 (T_{\phi}^{\kappa} - T_{n_2}^{\kappa})$$

c_{n_2} – теплоемкость продуктов горения;

$F_{n_2}(t)$ – расход;

$T_{n_2}(t)$ – температура продуктов горения;

$T_{\phi_03}(t)$ – температура воздуха;

$T_{\phi}^{\kappa}(t)$ – начальная температура футеровки ковша;

$T_{\phi}^H(t)$ – конечная температура футеровки ковша;

$\alpha_{1,2}$ – коэффициент теплоотдачи;

$F_{1,2}$ – поверхности теплообмена;

V_{κ} – объем стальной ковша;

M_{ϕ} – масса футеровки стальной ковша.

Настройка параметров регуляторов осуществлена с помощью пакета Matlab & Simulink, а именно блок "PID Controller" (рис.2).

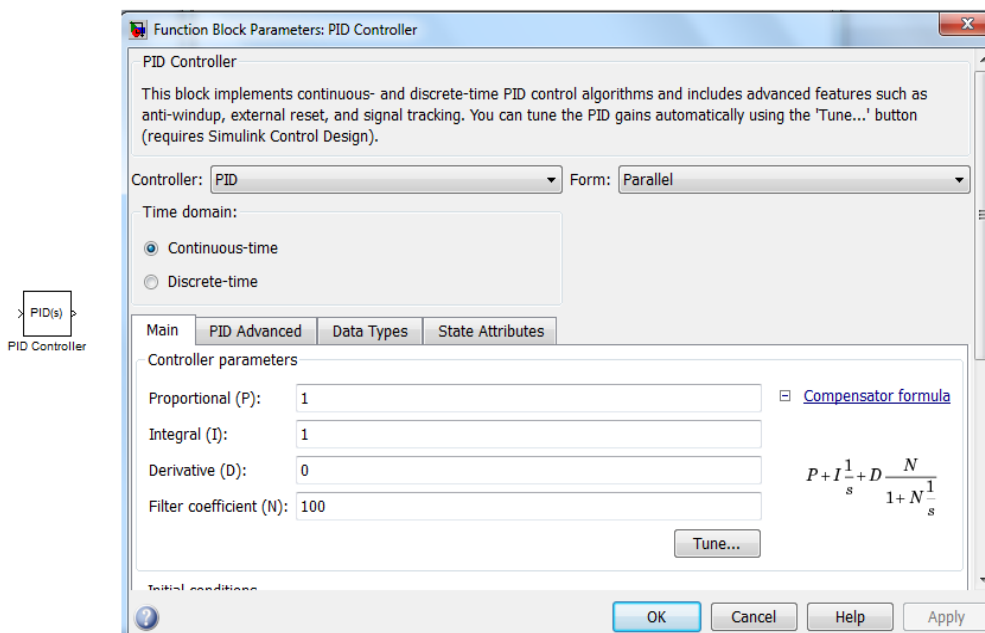


Рисунок 2 – Настройка блока "PID Controller"

Начальные значения коэффициентов регулятора основаны на приближённом анализе динамики системы. Можно интерактивно настраивать время отклика в графическом интерфейсе. Доступны расширенные параметры для настройки ПИ(Д)-регулятора, такие как задание желаемой полосы пропускания и запаса устойчивости по фазе. В графическом интерфейсе пользователя можно устанавливать несколько графиков для анализа поведения регулятора. Например, можно использовать график отклика на единичное ступенчатое воздействие или логарифмические частотные характеристики разомкнутой системы для сравнения характеристик текущей системы с характеристиками системы соответствующей первоначальной установке коэффициентов ПИ(Д) регулятора.

Используя приведенную структурную схему и математические модели элементов САУ, была разработана имитационная модель системы (рис. 3,4).

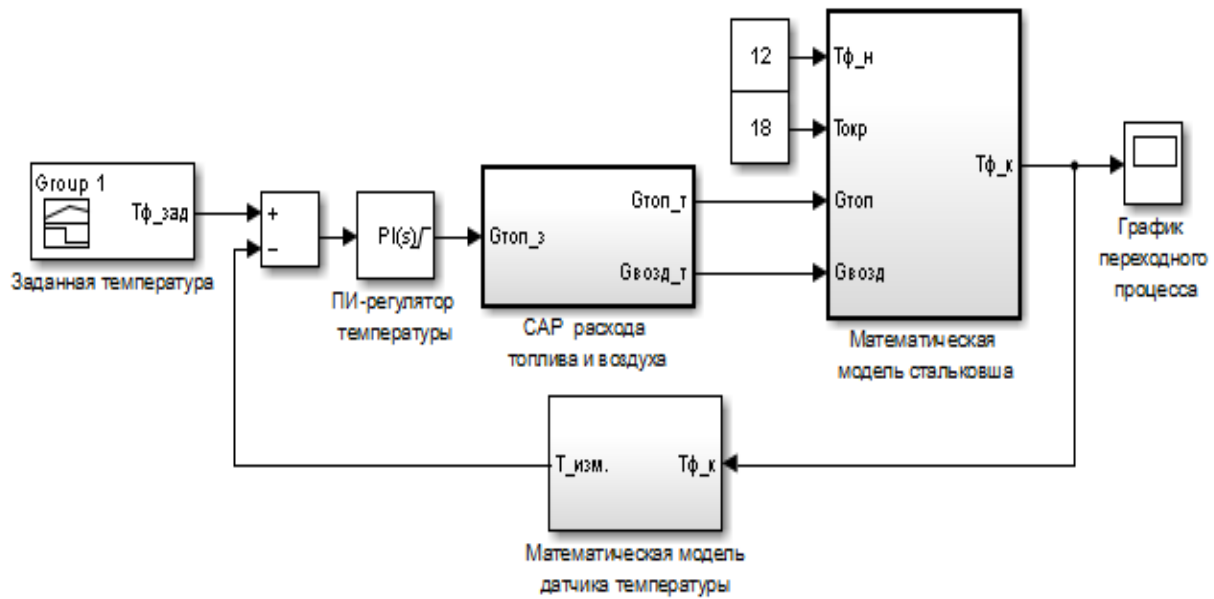


Рисунок 3 – Модель системы автоматического управления

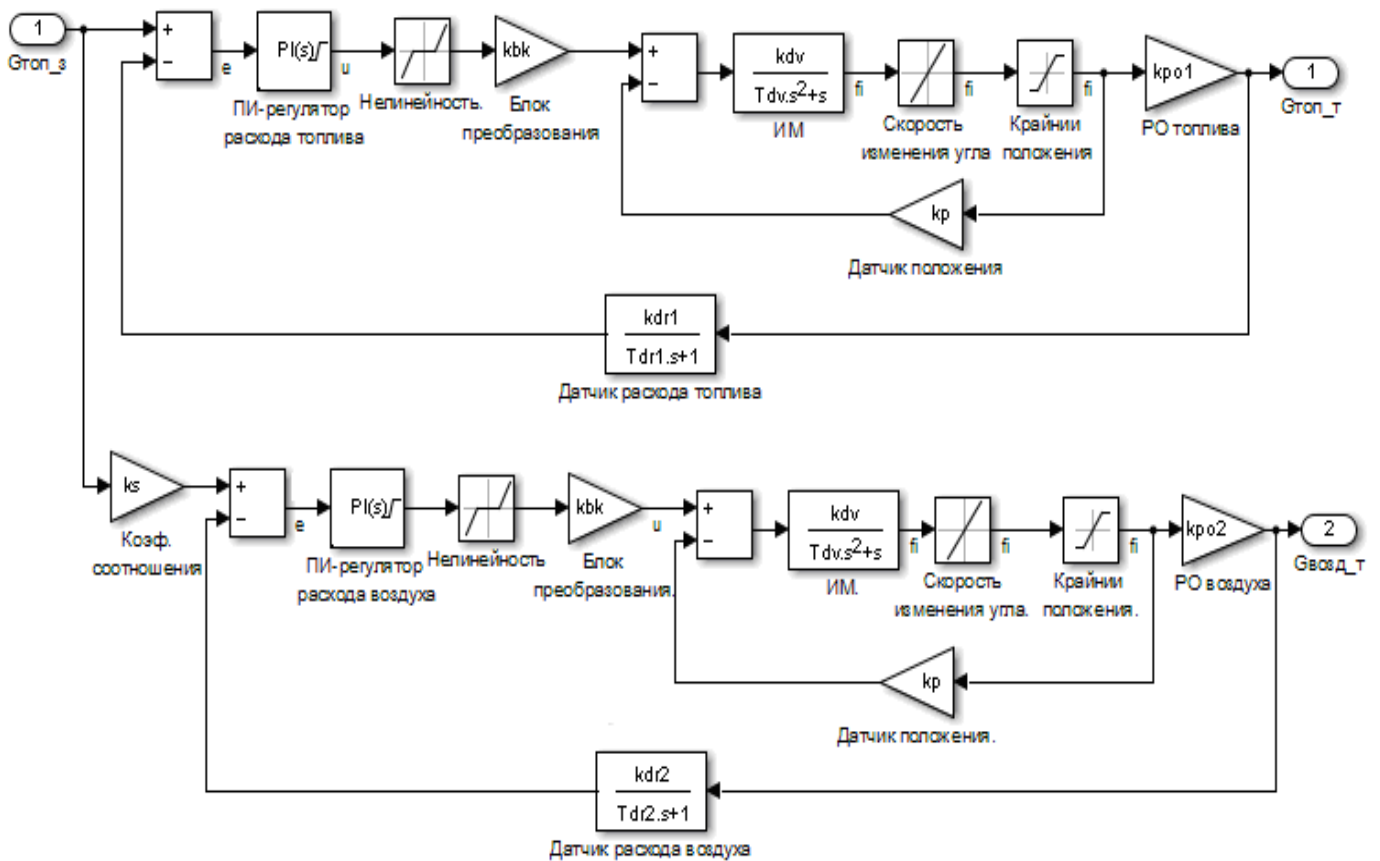


Рисунок 4 – Схема моделирования системы автоматического регулирования расхода топлива и воздуха в Simulink

В результате настройки параметров регулятора температуры получены графики переходного процесса (рис. 5,6,7).

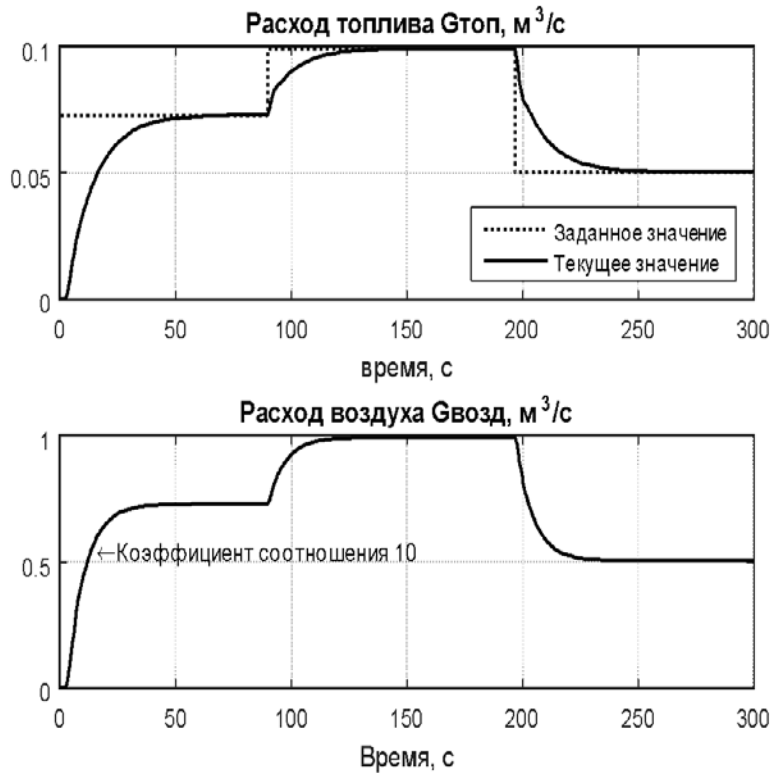


Рисунок 5 – Графики переходного процесса по расходу топлива и воздуха

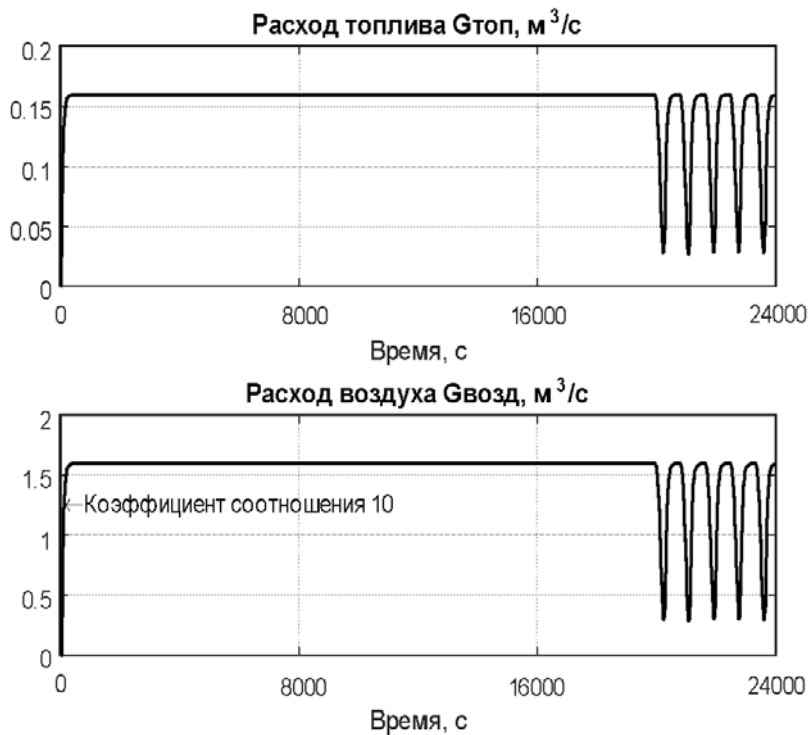


Рисунок 6 – Графики переходного процесса по расходу топлива и воздуха при отработке заданной температуры футеровки

Математическая модель стенда отражает физические процессы, протекающие в объекте при подаче управляющих воздействий и возмущений. Был также получен график переходного процесса (рис. 8), из которого следует что, для сушки футеровки стальковша необходимо затратить порядка 5 часов 30 минут.

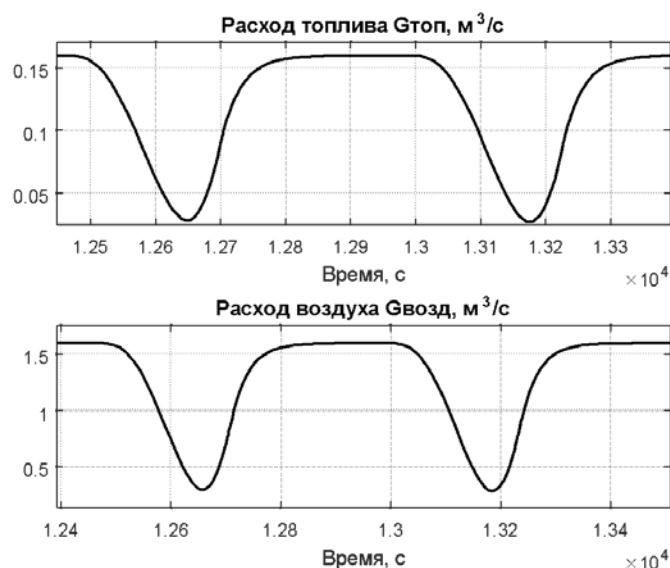


Рисунок 7 – Графики переходного процесса по расходу топлива и воздуха при поддержании заданной температуры футеровки

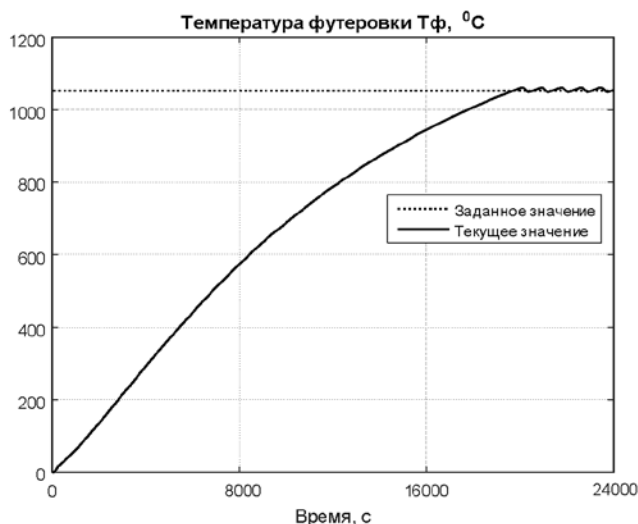


Рисунок 8 – График переходного процесса температуры футеровки в стальковше и поддержание заданной температуры

Выводы: Анализ результатов моделирования подтверждает, что САУ сушки и разогрева, построенному на принципе регулирования соотношения газ/воздух на основе косвенного измерения температуры футеровки ковша по температуре футеровки крышки стенда обеспечивает необходимую точность и длительность процесса, что в свою очередь, приводит к снижению затрат на топливо и сокращению времени сушки/разогрева.

Перечень ссылок

1. Спирин, А. Система управления стендом сушки и высокотемпературного разогрева сталеразливочных ковшей [Электронный ресурс] / А. Спирин, В. Савин, И. Чистяков, А. Саган, А. Добшиков, А. Бельков. – Режим доступа : <https://www.cta.ru/cms/f/366677.pdf>
2. Нестерова, Е. А. Суков С. Ф. Анализ динамики процесса сушки и разогрева стальковша / Е. А. Нестерова, С. Ф. Суков // СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2018 XIX МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ в г. УХТА 21–23 марта 2018 года.