

## СПЕЦИФИКА УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ МАТЕРИАЛОВ В КАМЕРНЫХ ПЕЧАХ

Скоробогатова И.В., асп.; Гавриленко Б.В, доц., к.т.н.; Неежмаков С.В., доц., к.т.н.  
(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

В настоящее время диагностику тепловой работы камерной печи ведут по температуре продуктов сгорания. Известна система регулирования теплового режима нагревательных печей периодического действия, содержащая датчик температуры, регуляторы температуры и соотношения расходов топлива и воздуха и исполнительные механизмы подачи топлива и воздуха [1]. Недостатком известной системы автоматического управления является отсутствие текущей информации о фактическом нагреве металла, то есть тепловом потоке, поглощаемым металлом, что может приводить к перерасходу природного газа.

Следует отметить, что измерение температуры поверхности нагреваемых тел в камере печи при помощи пирометров, представляет собой достаточно трудоемкую техническую задачу. Также при определенном подходе к установке датчиков температуры есть возможность исследования несимметричности теплообмена внутри камеры печи.

Таким образом, идеальной величиной при нагреве металла для реализации диагностики тепловой работы камерной печи на основании измерения температуры дымовых газов является температура поверхности нагреваемого материала. Использование анализа изменения этой величины в качестве основы проведения диагностики имеет ряд преимуществ, так как в конечном итоге нормируемым показателем качества нагрева является тепловое состояние нагреваемых тел [2].

Фактор усиления конвективной составляющей теплообмена, зафиксированный при экспериментальном исследовании энергосберегающих режимов, подтверждает, что управление следует вести по закону изменения усваиваемого теплового потока заготовкой  $q(\tau)$ , а не по температуре продуктов сгорания  $td(\tau)$ , как принято в традиционной технологии нагрева металла в камерных печах.

На рисунке 1 приведена разработанная структурная схема управления нагревом заготовок в камерной печи.

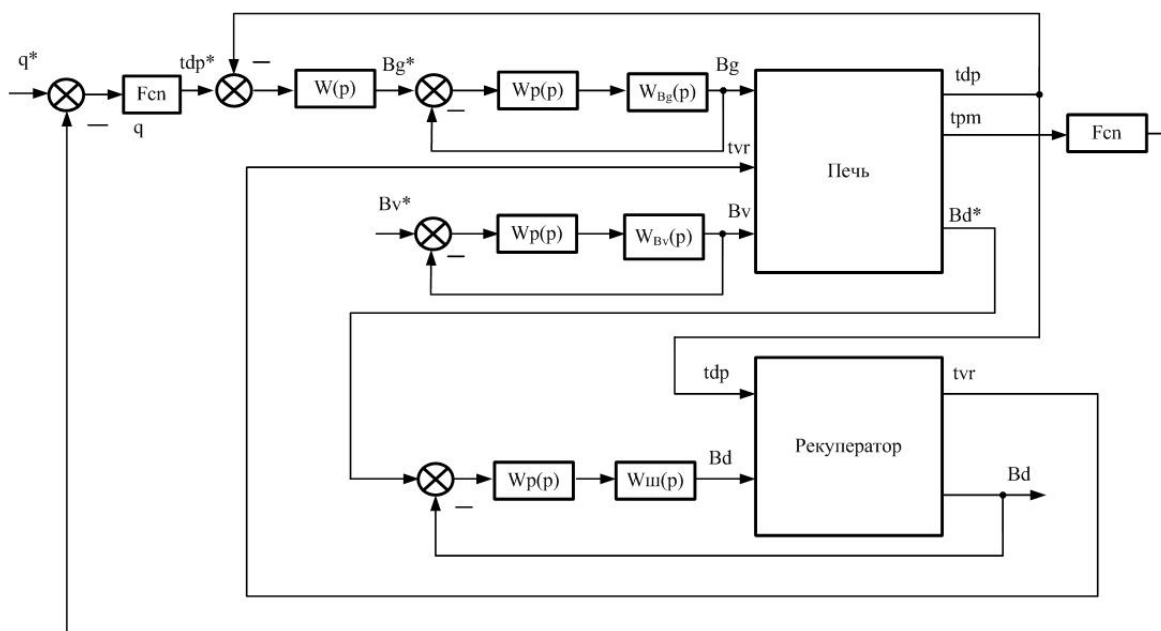


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления нагревом заготовок в печи

Также следует отметить, что ограничениями, влияющими на качество нагреваемого материала, являются следующие величины [2]:

$$\sigma > \sigma^*; \varepsilon > \varepsilon^*; v > v^*,$$

где  $\sigma$ ,  $\varepsilon$ ,  $v$  – текущие значения напряжения, деформации и скорости деформации для области заготовки;  $\sigma^*$ ,  $\varepsilon^*$ ,  $v^*$  – допустимые значения напряжения, деформации и скорости деформации для области заготовки. Эти величины определяются как распределение температур по сечению в определенный момент времени и темпом изменения температуры металла.

Таким образом, в процессе тепловой обработки материалов в печи необходимо выдерживать заданную траекторию нагрева заготовок в периоды основного нагрева и выдержки. Одним из перспективных способов повышения оперативного прогноза качества нагрева металла в камерных печах является применение нейросетевого моделирования. Применение искусственных нейронных сетей при решении задач нагрева материалов в камерных печах особенно актуально. Целью нейросетевой системы автоматического управления является определение закона регулирования расхода теплоносителя в зависимости от вида теплового режима в процессе обучения и протекания технологического процесса нагрева металла в камерной печи в целом.

Используем метод прогнозирующего управления на основе модели объекта NN Predictive Control в пакете программы MATLAB (рис. 2). Метод базируется на использовании модели нейронной сети для предсказания протекания нагрева металла. Блок NN Predictive Control состоит из NN модели, которая применяется для предсказания реакции тепловой работы камерной печи на поступающее управляющее воздействие, и нейроконтроллера – Optim, при помощи которого вычисляется требуемый расход теплоносителя [3].

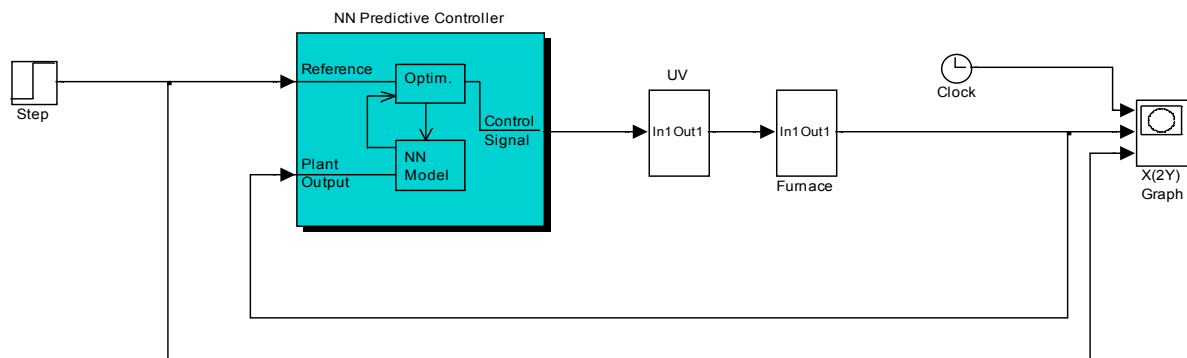


Рисунок 2 – Структура системы управления нагревом металла в камерной печи в пакете программы MATLAB

Прогнозирование улучшения качества управления энергосберегающим режимом можно оценить путем моделирования системы автоматического управления нагрева металла в камерной печи с применением нейроконтроллера. Использование нейросетевых алгоритмов позволяет увеличить быстродействие за счет параллельного соединения нейронов. Обученные нейронные сети дают возможность управлять температурными и тепловыми режимами камерной печи, что позволит повысить эффективность использования природного газа. Анализ показал, что качество управления тепловой работой печи повышается в случае применения нейросетевых систем автоматического управления.

#### Перечень ссылок

1. А.с. СССР «Система автоматического регулирования теплового режима нагревающей печи» 1723157 МПК C21D11/00 опубл. 30.03.92, БИ №12.
2. Бирюков А.Б. Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах: Монография/ А. Б. Бирюков. – Донецк: Ноулидж (донецкое отделение), 2012.-248 с.
3. Медведев В.С. Нейронные сети. MATLAB 6/ В.С. Медведев, В.Г.Потемкин – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.– 496 с.