

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ ТИПА КВГ 6,5

Ященко К. И., магистрант; Федюн Р. В., доц., к.т.н., доц.

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

Котельная предназначена для отопления производственных и жилых зданий, а также объектов социального и культурно-бытового назначения. Поэтому является важной частью жизнедеятельности города.

Водогрейный котел КВГ–6,5 предназначен для нагрева воды, которая используется для горячего водоснабжения и отопления. Вода, идущая к потребителю, называется прямой, а возвращающаяся обратно от потребителя в котел – обратной. Вода используется химически очищенная. Для восполнения неизбежных потерь воды, требуется вода для подпитки обратной воды, которая подается отдельным подпиточным насосом. Питательная вода применяется химически очищенная. Нагрев воды происходит за счет тепла, выделяющегося при сжигании топлива. Вода в котел поступает с температурой 75 0С и нагревается до температуры 150 0С.

К горелке котла подводятся газ и воздух. Воздух подается дутьевым вентилятором. Горючая смесь, которая образуется в горелке, воспламеняется и отдает тепло в топочную камеру. В результате процесса горения образуются газообразные продукты – дымовые газы. Их отсасывает дымосос, а затем выбрасывает в атмосферу. Сжигание осуществляется факельным способом. При сжигании газового топлива необходимо обеспечить: хорошее предварительное перемешивание газа с воздухом, ведение процесса с малыми избытками воздуха, разделение потока смеси на отдельные струи.

Рассмотрим функциональную схему анализа процесса нагрева воды в котле (рис.1) Объект управления – котёл. Входными воздействиями являются вода, газ и воздух. Возмущающее воздействие оказывает температура наружного воздуха, относительно которой изменяется количество газа. Выходным воздействием является нагретая вода и дымовые газы, которые отсасывает дымосос и выбрасывает в атмосферу.

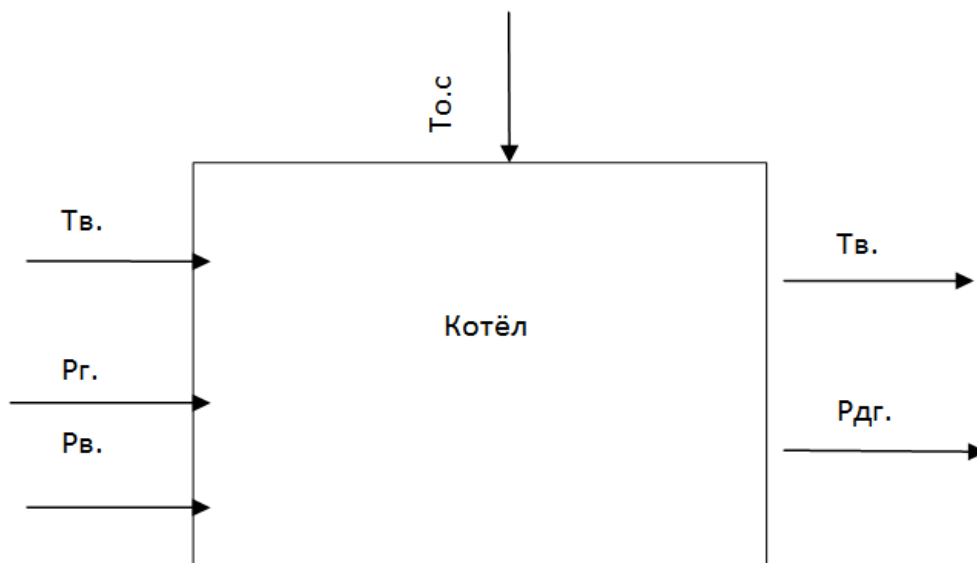


Рисунок 1 – функциональная схема анализа процесса нагрева воды в котле

На функциональной схеме (рис. 1) видно, что объект – котёл имеет входные воздействия – температуру воды (Тв.), давления газа (Рг.) и давление воздуха (Рв), пройдя

через котёл на выход поступает подогретая вода (T_v) и дымовые газы ($P_{дг.}$), как результат горения газа и воздуха. Так же возмущающее воздействие оказывает температура наружного воздуха ($T_{o.c}$), относительно которой и нужно регулировать давление газа.

На рисунке 2 показана структурная схема системы автоматического управления температурой воды на выходе из водогрейного котла КВГ- 6,5.

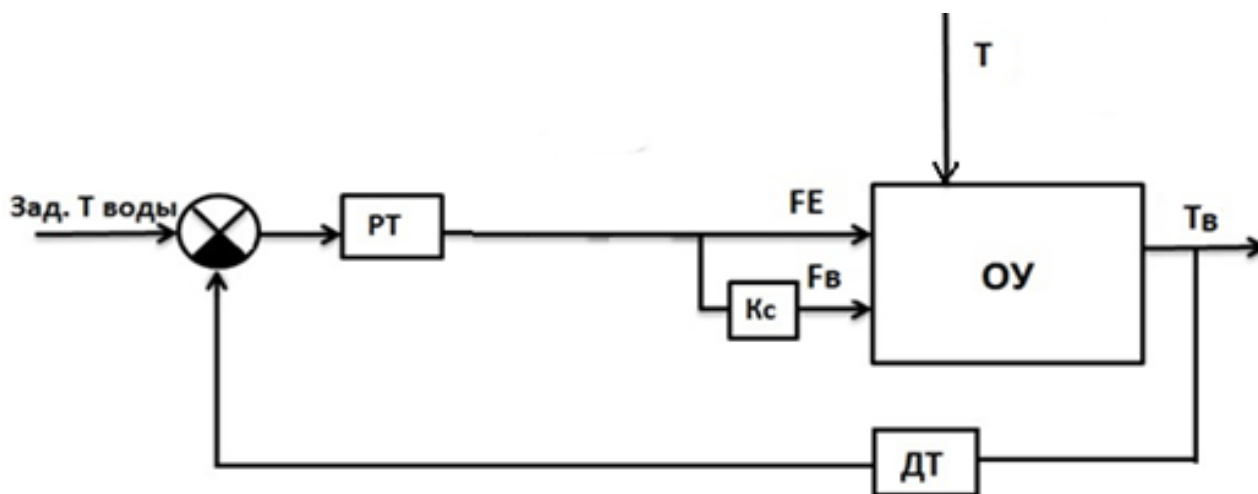


Рисунок 2 – Структурная схема САУ

Объект регулирования САУ – водогрейный котёл, его выходной параметр – температура воды на выходе из котла T_v , которая изменяется в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, температуры обратной сетевой воды и расхода подаваемого газа F_E . Количество (расход) воздуха F_v , подаваемого в топку котла определяет экономичность процесса горения и связано с расходом подаваемого газа через коэффициент соотношения «газ-воздух» - K_c . Возмущающими воздействиями являются изменение наружной температуры воздуха и температуры обратной сетевой воды.

Таким образом, согласно структурной схеме САУ (рис. 2) необходимо получить модель элементов САУ, а также выполнить синтез алгоритма управления, который реализуется регулятором температуры воды РТ. Отсюда можно получить структурную схему модели водогрейного котла, которая приведена на рис. 3.

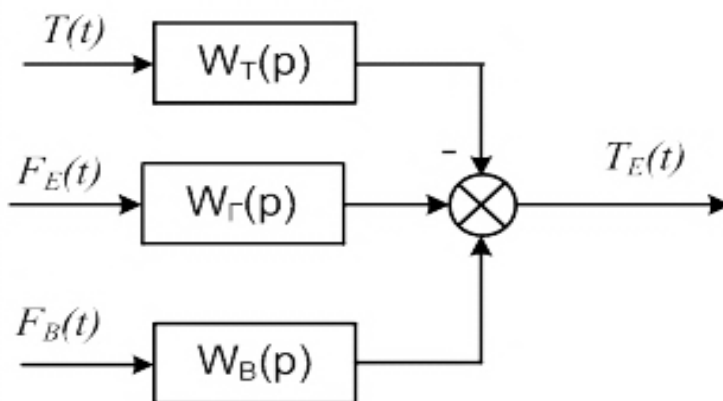


Рисунок 3 – Структурная схема модели водогрейного котла

Экспериментальным путем определено изменение расхода газа и температуры сетевой воды на выходе из котла КВГ- 6,5 при изменении положения регулирующего клапана на 10%, что приведено на рис.4. Из графиков видно, что при изменении положения

регулирующего органа на 10% расход газа на котел изменится по экспоненте с 230 м3/час до 255 м3/час, а температура сетевой воды на выходе из котла изменится с 90 °С до 95 °С транспортным запаздыванием.

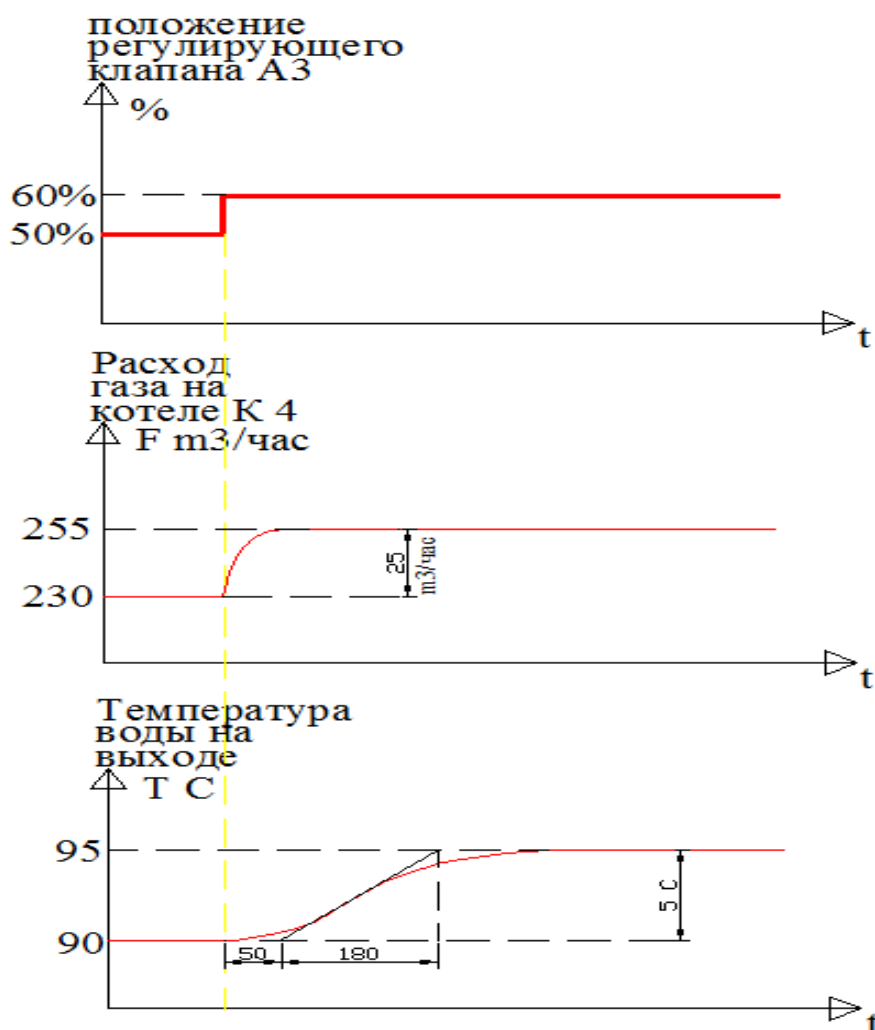


Рисунок 4 – Переходные процессы изменения расхода газа и температуры воды

Передаточная функция $W_T(p)$ по каналу изменения температуры сетевой воды на выходе из водогрейного котла (согласно рисунку 4) будет иметь вид:

$$W_T(p) = \frac{k_T}{T_T p + 1} e^{-\tau_T p} = \frac{0,2}{180p + 1} e^{-50p}. \quad (1)$$

При сжигании топлива в топочную камеру должно быть определенное количество воздуха в нашем случае $K_C=1,25$. То есть для того чтобы процесс горения был максимально экономичным необходимо подать 1 часть топлива и 1,25 часть воздуха. Тогда передаточные функции $W_B(p)$ и $W_T(p)$ будут иметь вид:

$$W_B(p) = 1,25 \cdot W_T(p) = W_G(p) = \frac{0,25}{180p + 1} e^{-50p}; \quad (2)$$

$$W_T(p) = \frac{0,8}{15p + 1} e^{-3p}. \quad (3)$$

В качестве исполнительного механизма, изменяющего расход подаваемого в котел газа, является электрический однооборотный механизм (МЭО-100) который управляет дисковым затвором и может быть описан следующей передаточной функцией:

$$W_{МЭО}(p) = \frac{5}{12p + 1} \quad (4)$$

В качестве исполнительного механизма, изменяющего количество (расход) подаваемого в котел воздуха, является центробежный дутьевой вентилятор ВДН-9, который описан следующей передаточной функцией:

$$W_{ВД}(p) = \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2 \frac{1}{(T_{ЭМ}p + 1)T_M p + \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2} = \frac{k_{ВД}}{T_{ЭМ}T_M p^2 + T_M p + k_{ВД}} = \frac{0,25}{1,2p^2 + 2,3p + 0,5} \quad (5)$$

где T_M – механическая постоянная времени электродвигателя;

$T_{ЭМ}$ – электромагнитная постоянная времени электродвигателя.

Динамические свойства дутьевого вентилятора ВДН-9 с достаточной степенью точности можно описать инерционным звеном первого порядка со следующей передаточной функцией, где $T_{ВД}$ – постоянная времени дутьевого вентилятора, $T_{ВД} = 2,5$ с и коэффициент передачи вентилятора дутьевого $k_{ВД}$ равен:

$$k_{ВД} = \frac{Q^{ном}}{n^{ном}} = \frac{2,75 \text{ м}^3/\text{с}}{16,7 \text{ об/с}} = 0,18 \frac{\text{м}^3}{\text{об}} \quad (6)$$

$$W_{ВД}(p) = \frac{k_{ВД}}{T_{ВД}p + 1} = \frac{0,18}{2,5p + 1} \quad (7)$$

Подставив в структурную схему САУ настроечные параметры ПИД-регулятора $K_p = 0,3$; $T_i = 0,01$; $T_d = 55$, получили модель замкнутой САУ температурой воды на выходе водогрейного котла с ПИД-законом управления, которая в терминах пакета simulink приведена на рис. 5.

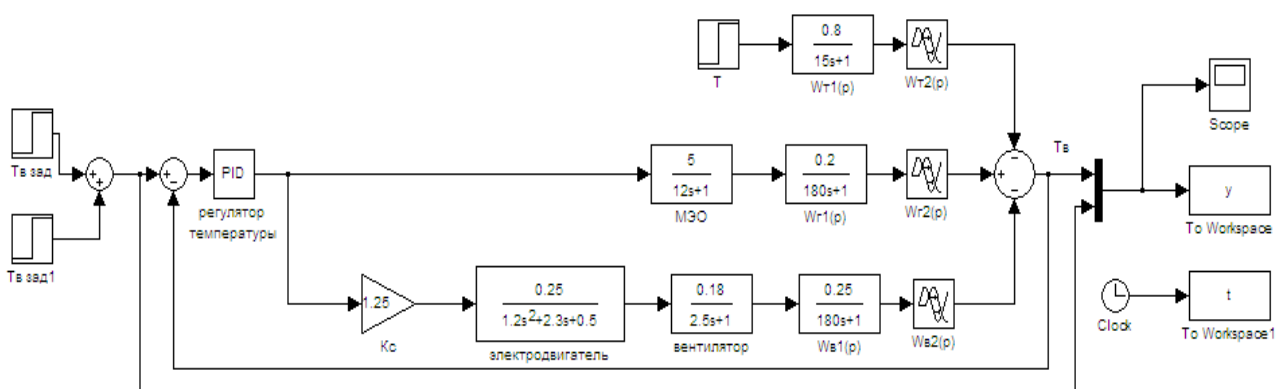


Рисунок 5 – Схема модели САУ температурой водогрейного котла с ПИД-алгоритмом управления

Для оценки качества управления в САУ с разработанным ПИД-законом управления выполнено моделирование процесса изменения температуры воды на выходе водогрейного котла при изменении возмущающего воздействия на 20°C (в момент времени $t=1500$ с) и изменении задающего воздействия на 20°C (в момент времени $t=2000$ с).

Выполненное моделирование с использованием данной модели показало удовлетворительное качество управления температурой воды на выходе водогрейного котла, как по каналу задающего воздействия, так и по каналу возмущающего воздействия.

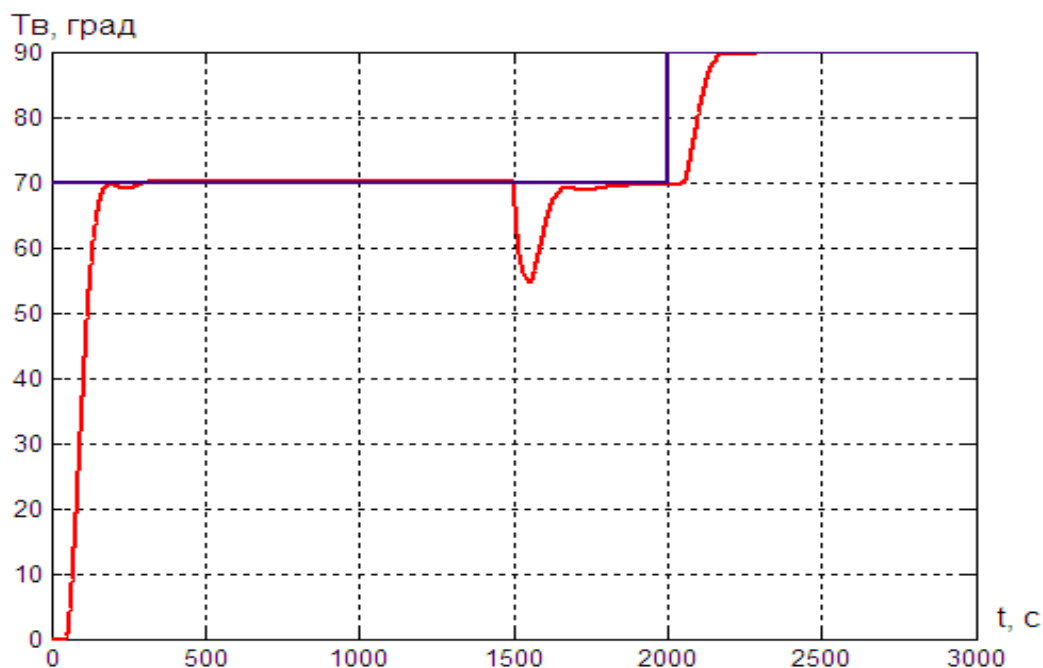


Рисунок 6 – Изменение температуры воды на выходе котла при использовании ПИД-закона управления

Выполненное моделирование с использованием данной модели показало удовлетворительное качество управления температурой воды на выходе водогрейного котла (рис.6), как по каналу задающего воздействия, так и по каналу возмущающего воздействия.

В САУ с ПИД-регулятором наблюдается отсутствие установившейся ошибки управления, как по каналу задающего воздействия, так и по каналу возмущающего воздействия (рис.6). Также улучшилось быстродействие САУ по обоим каналам управления по сравнению с САУ без регулятора.

Перечень ссылок

1. Бузников, Е. Ф. Производственные и отопительные котельные / Е. Ф. Бузников, К. Ф. Роддатис. – 2-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 248 с., ил.
2. Липов, Ю. М. Котельные установки и парогенераторы / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 592 с.
3. Клюев, А. С. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов / А. С. Клюев, А.Г. Товарнов. – Москва : Энергия, 1970. – 270 с.
4. Липатников, Г.А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики : учебное пособие / Г. А. Липатников, М. С. Гузев. – Владивосток, Дальневосточный государственный технический университет, 2007. – 137 с.
5. Рыбалев, А. Н. Автоматическое управление энергетическими установками : учебное пособие / А. Н. Рыбалев. – Благовещенск : Амурский государственный университет, 2007. – 105 с.