

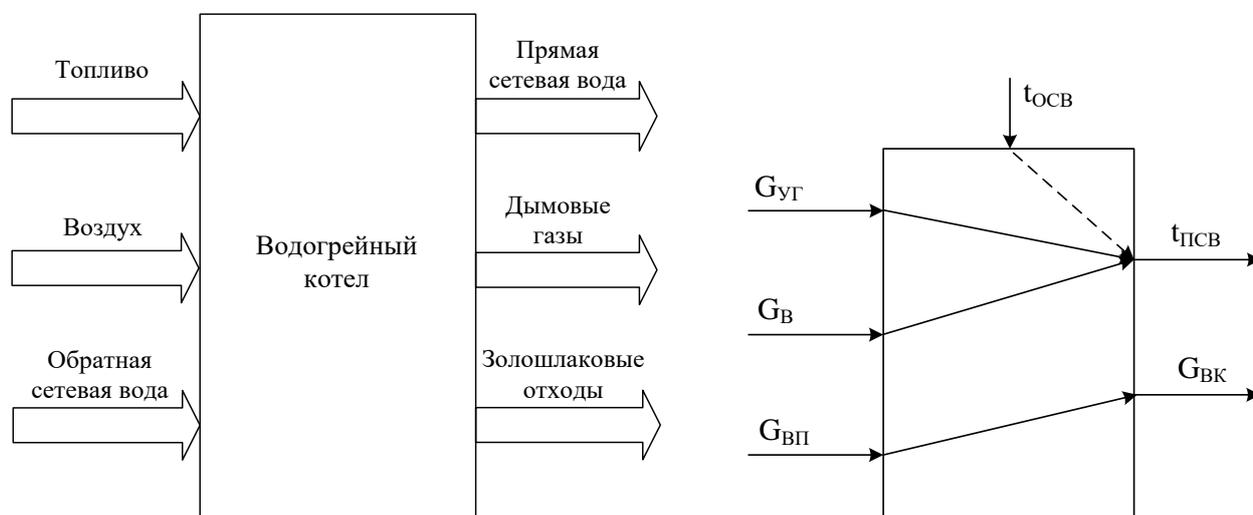
## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОГРЕЙНОГО УГОЛЬНОГО КОТЛА

**Скопюк К.В., студент; Волуева О.С., к.т.н.; Попов В.А., к.т.н., доц.**

*(ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР)*

В настоящее время в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве эксплуатируется большое количество котлов, которые морально и физически устарели, что приводит к значительным потерям энергии при подогреве воды. В связи с этим вопросы повышения технического уровня промышленных и бытовых котельных, в частности, их экономичности и надежности, имеют большое значение. Основная задача водогрейного котла – бесперебойное обеспечение бытовых и промышленных объектов горячей водой с требуемыми параметрами. Следовательно, отказ водогрейного котла приводит к простоям всего комплекса отопления или, как минимум, его большей части, а это существенные убытки. Уменьшение затрат на обслуживание и увеличение межремонтного интервала, а также упрощение и ускорение диагностики при повышении экономичности и надежности функционирования водогрейного котла, позволяет говорить о значительном экономическом эффекте от применения предложенной системы автоматического управления для парового котла, работающего в водогрейном режиме на твердом топливе.

На основании выполненного в [1] анализа особенностей устройства и процесса функционирования котла ДКВР-10/13, работающего в водогрейном режиме на угольном топливе получена схема его материальных потоков и информационных переменных, которые приведены на рис. 1.



*Рисунок 1 – Схема материальных потоков и информационных переменных котла ДКВР-10/13, работающего в водогрейном режиме на угольном топливе*

Согласно рис.1, входные материальные потоки – топливо (уголь), воздух и обратная сетевая вода, взаимодействуя между собой в котле, превращаются в его выходные материальные потоки – прямая сетевая вода, дымовые газы и золошлаковые отходы.

Основными управляемыми переменными, наиболее полно характеризующими процесс функционирования котла ДКВР-10/13, работающего в водогрейном режиме на угольном топливе являются температура прямой сетевой воды на выходе котла  $t_{ПСВ}$  и расход сетевой воды через котел  $G_{ВК}$  (рис.1). Управляющие воздействия: расход угольного топлива  $G_{УГ}$  и расход воздуха  $G_{В}$  – при управлении температурой прямой сетевой воды  $t_{ПСВ}$ ; расход воды на перепуск  $G_{ВП}$  – при управлении расходом воды через котел  $G_{ВК}$ . Основным возмущающим



воздуха  $W_{дрв}(p)$ . Данный контур изменяет подачу воздуха  $G_B$  в топку котла в зависимости от расхода угольного топлива  $G_{УГ}$ . Связь между расходом угольного топлива и требуемым расходом воздуха выражается через коэффициент соотношения  $k_C$  (рис.2).

Внешний контур управления температурой прямой сетевой воды работает по отклонению температуры прямой сетевой воды от заданного значения ( $105^{\circ}\text{C}$ ) и состоит из регулятора температуры  $W_{РТ}(p)$  и датчика температуры  $W_{ДТ}(p)$  (рис.2).

Согласно структурной схеме САУ температурой прямой сетевой воды (рис.2), объектом управления является водогрейный угольный котел, передаточные функции которого по каналам управления («расход угольного топлива – температура прямой сетевой воды»  $W_{GY}(p)$ , «расход воздуха – температура прямой сетевой воды»  $W_{GB}(p)$ ) и каналу возмущения («температура обратной сетевой воды – температура прямой сетевой воды»  $W_{ТТ}(p)$ ) имеют следующий вид [2]:

$$W_{GY}(p) = \frac{k_{GY}}{T_{GY}p + 1} e^{-\tau},$$

$$W_{GB}(p) = \frac{k_{GB}}{T_{GB}p + 1},$$

$$W_{ТТ}(p) = \frac{k_{ТТ}}{T_{ТТ}p + 1},$$

где  $k_{GY}$ ,  $T_{GY}$ ,  $\tau$  – коэффициент передачи, постоянная времени и запаздывание водогрейного котла по каналу «расход угольного топлива – температура прямой сетевой воды»;

$k_{GB}$ ,  $T_{GB}$  – коэффициент передачи и постоянная времени водогрейного котла по каналу «расход воздуха – температура прямой сетевой воды»;

$k_{ТТ}$ ,  $T_{ТТ}$  – коэффициент передачи и постоянная времени водогрейного котла по каналу «температура обратной сетевой воды – температура прямой сетевой воды».

Регулирующим органом во внешнем контуре управления температурой сетевой воды и объектом управления во внутреннем контуре управления расходом угольного топлива является пневмомеханический забрасыватель топлива  $W_{ПЗ}(p)$  (рис.2), математическая модель которого представляет собой инерционное звено первого порядка [3]:

$$W_{ПЗ}(p) = \frac{k_{ПЗ}}{T_{ПЗ}p + 1}.$$

В качестве приводного электродвигателя пневмомеханического забрасывателя топлива  $W_{ЭПЗ}(p)$  (рис.2) используется асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, математическая модель которого представляет собой следующую передаточную функцию [4]:

$$W_{ЭПЗ}(p) = \frac{k_{ЭПЗ}}{T_{ЭМ}T_M p^2 + T_M p + 1},$$

где  $k_{ЭПЗ}$  – коэффициент передачи электродвигателя

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

$T_M$  – механическая постоянная времени электродвигателя.

Исполнительным механизмом во внутреннем контуре управления расходом угольного топлива, позволяющим требуемым образом изменять частоту напряжения на электродвигателе, является преобразователь частоты  $W_{ПЧ}(p)$  (рис.2), математическая модель которого представляет собой инерционное звено первого порядка [4]:

$$W_{ПЧ}(p) = \frac{k_{ПЧ}}{T_{ПЧ}p + 1},$$

где  $k_{ПЧ}$  – коэффициент передачи преобразователя частоты;

$T_{ПЧ}$  – постоянная времени преобразователя частоты.

Объектом управления во внутреннем контуре управления расходом воздуха является дутьевой вентилятор  $W_B(p)$  (рис.2), математическая модель которого представляет собой инерционное звено первого порядка [3]:

$$W_B(p) = \frac{k_B}{T_B p + 1}.$$

В качестве приводного электродвигателя дутьевого вентилятора  $W_{ЭВ}(p)$  (рис.2) используется асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, выходной переменной – частота вращения его вала (дутьевого вентилятора)  $n_B$ . математическая модель которого описана выше [3].

Исполнительным механизмом во внутреннем контуре управления расходом воздуха, является преобразователь частоты  $W_{ПЧ}(p)$  (рис.2), математическая модель которого определена выше [3].

Контроль основной управляемой переменной – температуры прямой сетевой воды  $t_{ПСВ}(t)$  и дополнительной управляемой переменной внутреннего контура – расхода воздуха  $G_B(t)$  (рис.2) осуществляется с использованием соответствующих технологических датчиков:  $W_{ДТ}(p)$  и  $W_{ДРВ}(p)$ , которые могут быть описаны безынерционными звеньями.

На рисунке 3 приведена схема модели системы автоматического управления температурой сетевой воды на выходе водогрейного угольного котла в пакете Simulink.

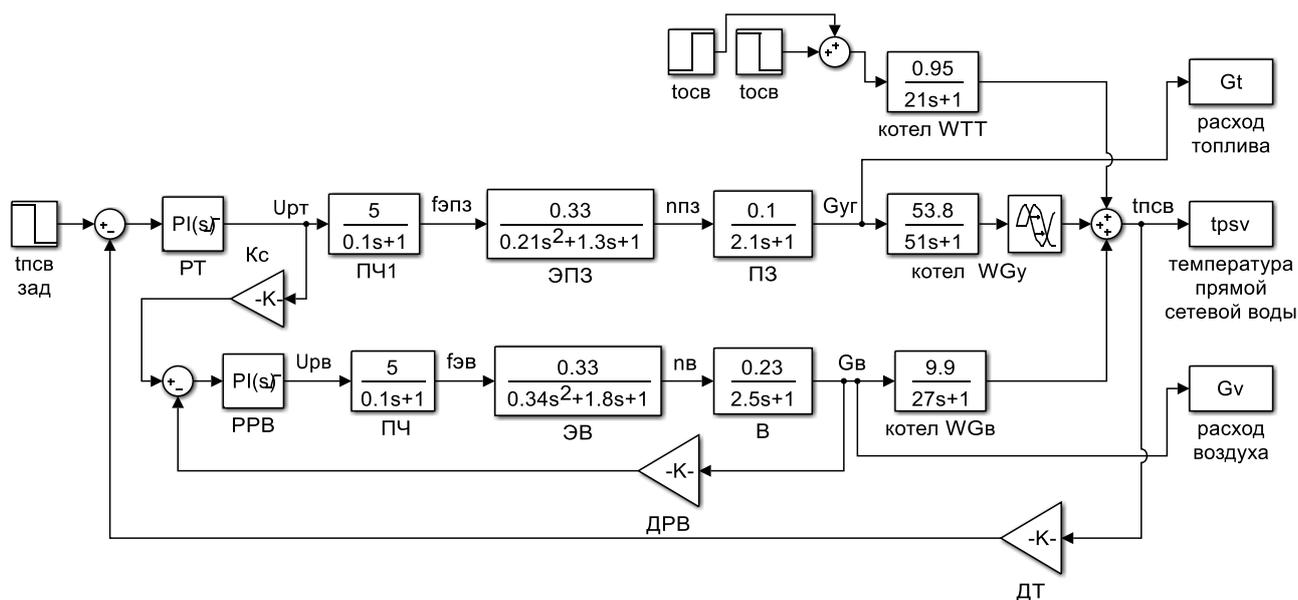


Рисунок 3 – Схема модели системы автоматического управления температурой сетевой воды на выходе водогрейного угольного котла в пакете Simulink

Настройка параметров регуляторов температуры прямой сетевой воды РТ и регулятора расхода воздуха (рис.3) осуществляется с применением возможностей пакета Simulink (программный комплекс Matlab). С использованием модели САУ температурой сетевой воды на выходе водогрейного угольного котла (рис.3) и полученных настроек регуляторов, выполнено моделирование, результаты которого приведены на рис 4.

Выполненный анализ результатов моделирования, которые приведены на рис.4 показал, что использование предложенных внешнего ПИ-регулятора температуры сетевой воды и внутреннего ПИ-регулятора расхода воздуха позволяет достичь требуемых по форме, длительности и точности переходных процессов по основным параметрам САУ температурой прямой сетевой воды по задающему и возмущающему воздействиям.

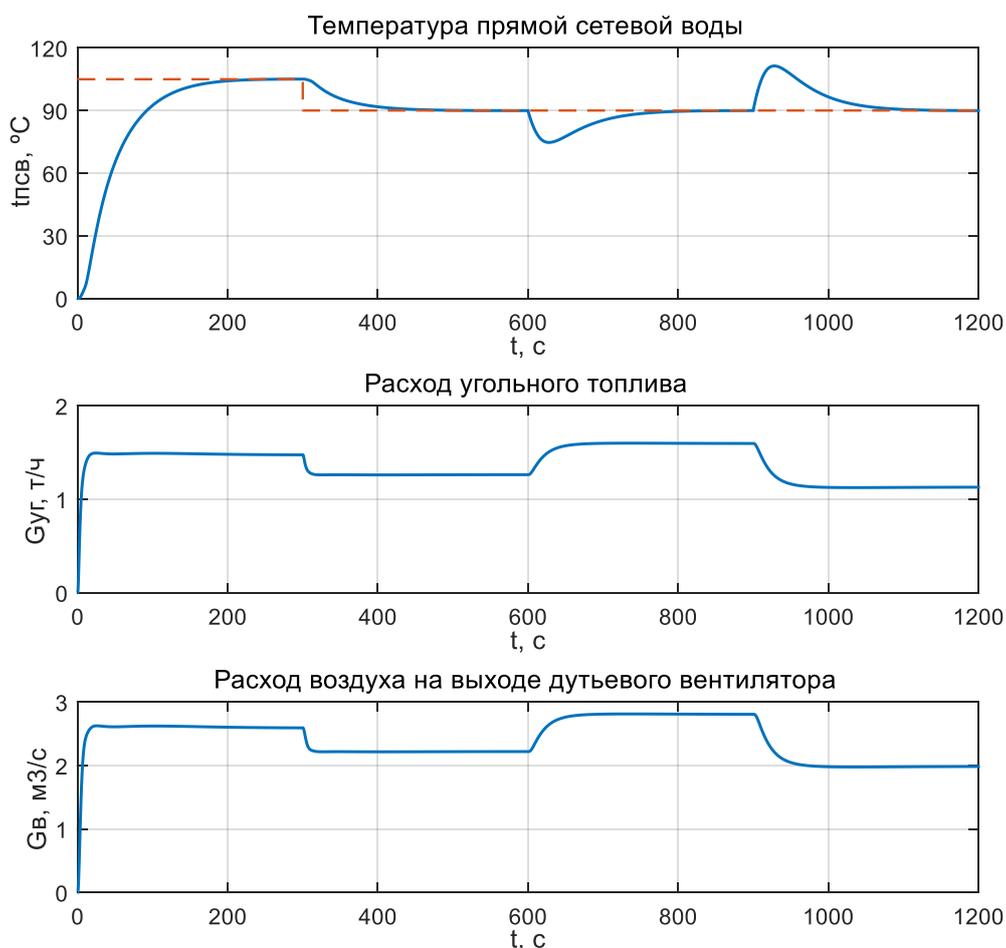


Рисунок 4 – Переходные процессы в САУ температурой прямой сетевой воды

Изменение управляющих воздействий – расхода угольного топлива  $G_{уг}$  и расхода воздуха  $G_B$  не выходит за пределы их технических характеристик:  $G_{уг} = 0 \dots 1,7$  т/ч (при допустимой производительности пневмомеханического забрасывателя  $G_{уг}^{доп} = 1,8$  т/ч);  $G_B = 0 \dots 2,8$  м<sup>3</sup>/с (при допустимой производительности дутьевого вентилятора  $G_B^{доп} = 3,0$  м<sup>3</sup>/с) (рис.4). Изменение управляемой величины – температуры прямой сетевой воды при действии задающего и возмущающего воздействий (рис.4) происходит с требуемыми показателями качества: перерегулирование – 0%; время регулирования – 200 сек (при отработке задающего воздействия), 140 сек (при отработке возмущающего воздействия), установившаяся ошибка отсутствует как по задающему, так и по возмущающему воздействиям (рис.4).

#### Перечень ссылок

1. Скопюк К.В., Попов В.А., Федюн Р.В. Особенности промышленного водогрейного угольного котла как объекта автоматического управления. / Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XIX международной научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 21-23 мая 2019 г. - Донецк: ДОННТУ, 2019. – С. 284-288.
2. Ключев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов, М., «Энергия», 1970г. – 280 с.
3. Гаврилов, П.Д. Автоматизация производственных процессов. Учебник для вузов. / П.Д. Гаврилов, Л.Я. Гимельшейн Л.Я., А.Е. Медведев. – М.: Недра, 1985. – 215с.
4. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1982. – 392 с.