

Автоматизация процесса химической очистки воды ТЭСТ.В. Табаленкова, tabalenkova@mail.ru

Научный руководитель – Федюн Р.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

В настоящее время вода широко используется в различных отраслях промышленности в качестве теплоносителя, в том числе и в тепловой энергетике, но она не может применяться в теплоэнергетических установках без предварительной обработки, поскольку современные тепловые электростанции (ТЭС) в энергетическом цикле используют воду высокого качества. Оборудование современных ТЭС эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, что требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева по условиям температурного режима их металла в течение рабочей кампании. Качество обработки воды на ТЭС тесным образом связано с надежностью и экономичностью эксплуатации современного высокоинтенсивного котлотурбинного оборудования, с безопасностью энергетических установок.

Система химической очистки воды состоит из нескольких взаимосвязанных процессов. Первым процессом является подогрев питательной воды. На этой стадии происходит нагрев исходной воды паром с коллектора собственных нужд ТЭС на подогревателе сырой воды (ПСВ) до температуры $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Исходная вода поступает в пароподогреватель, куда подается и пар. Поскольку температура, до которой необходимо нагреть исходную воду строго задана (30°C), то поступление пара будет осуществляться при постоянном давлении, а нагрев происходит за счет изменения расхода пара. На выходе из пароподогревателя получаем воду с заданной температурой, которая поступает в осветитель, где и происходит начальный этап очистки воды. Вода поступает через распределительное устройство в воздухоотделитель, оттуда по отводящей линии через регулирующее сопло направляется в смесительную часть нижнего конуса осветителя. Сюда же подается известковое молоко и раствор коагулянта. Перемешивание воды и реагентов обеспечивается за счет тангенциального подвода воды в коническую часть корпуса. Технологическая схема объекта представлена на рисунке 1.

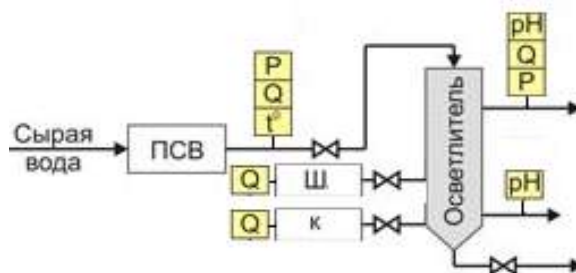


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса химической очистки воды

Исходя из всего вышеприведенного, можно выделить два контура управления САУ:

- контур стабилизации температуры питательной воды в нагревательном теплообменнике;
- контур стабилизации pH-параметра в осветительном баке.

Первый контур, а именно стабилизация pH-параметра в осветительном баке, является главным. Осветление воды состоит из двух процессов: известкования и коагуляции. Целью процесса коагулирования совмещенного с известкованием является получение на выходе воды с заданными показателями качества, значение pH которой будет соответствовать необходимому. Параметр pH необходимо поддерживать в диапазоне значений 10,1 – 10,2. Температура подогретой воды будет являться возмущением для данного процесса. Регулятор соотношения позволяет управлять, контролировать и изменять уровень pH. Изначально в осветителе находится вода, нагретая до определенной температуре. Первым веществом подается кислота, расход которой определяется экспериментальными методами и колеблется в пределах от 0,25-0,75 мг-экв/л. Далее в зависимости от расхода кислоты будет определен расход

щелочи. Расход кислоты (Fкис) является ведущим потоком, а расход щелочи (Fщел) – ведомым. Тогда основной технологической целью процессов коагуляции и известкования является получение очищенной воды с $pH = 10,2$, а целью управления будет стабилизация значения pH на выходе установки для процесса осветления воды.

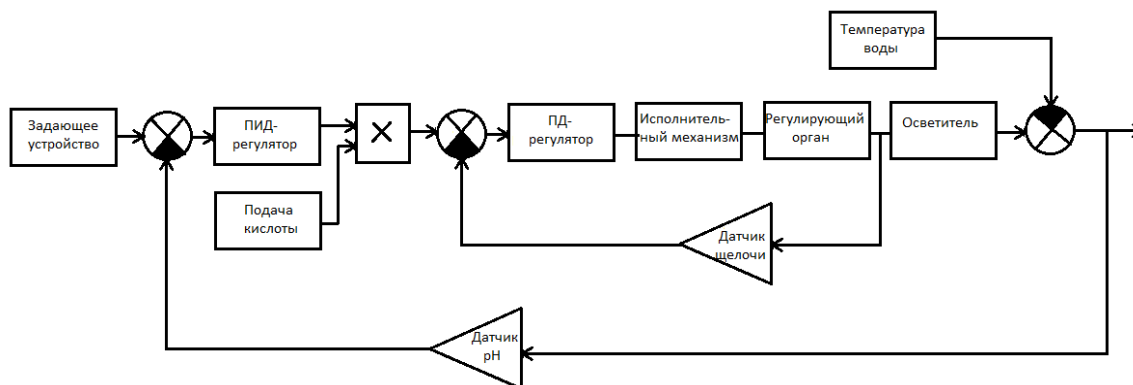


Рисунок 2 – Структурная схема САУ pH-параметра в осветителе

Объект управления – осветитель описывается дифференциальным уравнением первого порядка с запаздыванием, и поэтому его математическое описание имеет следующий вид:

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1} e^{-p\tau}$$

Для применяемого объекта эти значения $k = 0,02$ $T = 25$ с $\tau = 9$ с. Поскольку в данной системе необходимы два регулятора, то для внешнего контура управления выбран ПИД-регулятор, с передаточной функцией в следующей форме:

$$W_p(p) = k_{II} + \frac{k_{II}}{p} + T_D p.$$

На основе рекомендуемых значений и путём экспериментального уточнения были получены настройки $k_n = 2,8$, $k_u = 0,1$, $T_D = 2,8$. Для внутреннего контура управления ПД-регулятор с передаточной функцией, которая представлена в следующем виде:

$$W_p(p) = k_{II} + T_D p$$

Для данного регулятора получены настройки: $k_p = 1$, $T_D = 1$.

Рассмотрим контур представленный возмущением, а именно стабилизацию температуры питательной воды. Основной регулируемой величиной подогревателя является температура питательной воды, которую требуется поддерживать на заданном уровне с высокой точностью. На основании приведенной схемы объекта, исходя из поставленных задач, получена следующая структурная схема данного контура управления (рисунок 3).

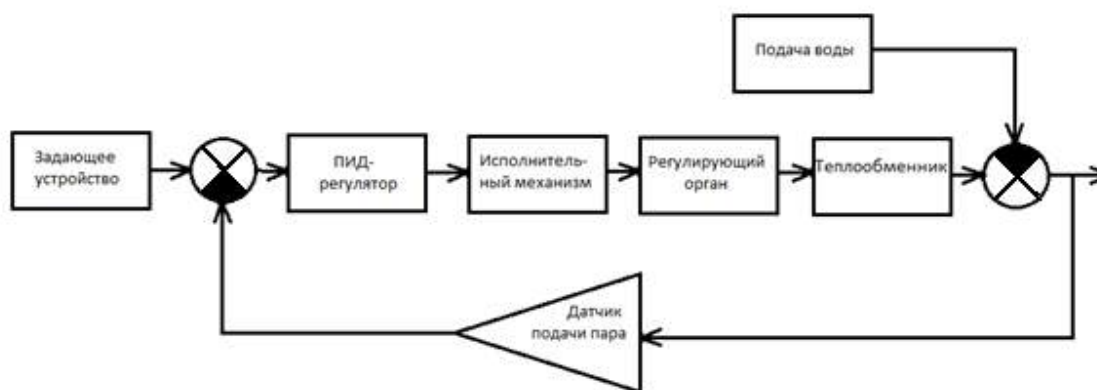


Рисунок 3 – Структурная схема САУ температуры в теплообменнике

Динамика объекта по каналу управления температурой жидкости на выходе описывается математической моделью аperiodического звена 1-го порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k_6}{T_6 p + 1} \cdot e^{-p\tau}$$

Для применяемого объекта эти значения $k_6 = 0,015$ $T_6 = 7,3 \text{ с}$ $\tau = 2 \text{ с}$. Для данного контура управления выбран ПД-регулятор с передаточной функцией в следующей форме:

$$W_p(p) = k_{II} + T_D p.$$

Для данного регулятора получены настройки: $k_p = 13$, $T_D = 80$. Используя данные значения, получена модель САУ химической очистки воды с предложенным алгоритмом управления.

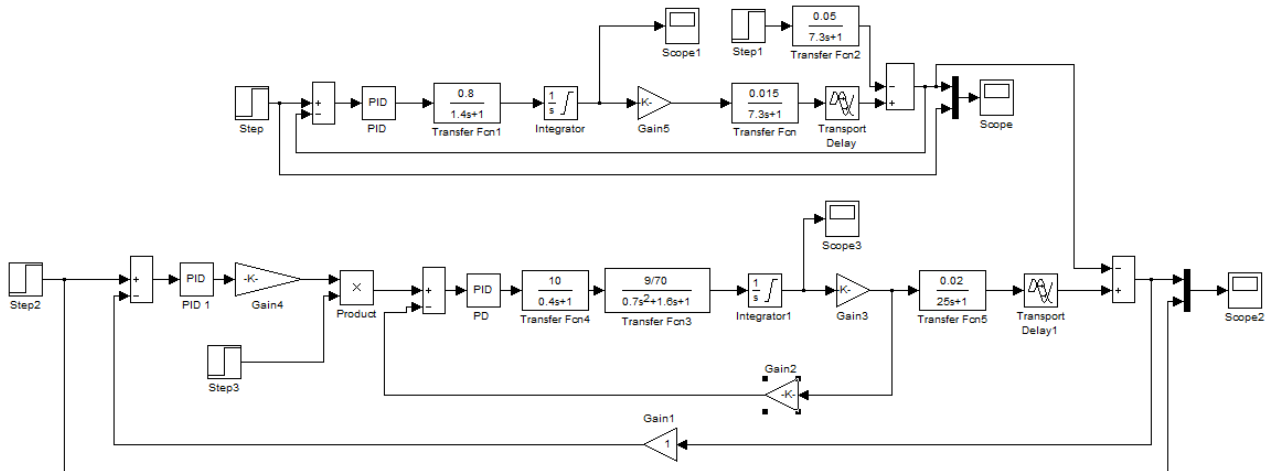


Рисунок 4 – Модель САУ процесса химической очистки воды при использовании выбранных законов регулирования

Результат моделирования динамических процессов в САУ представлен на рисунке 5.

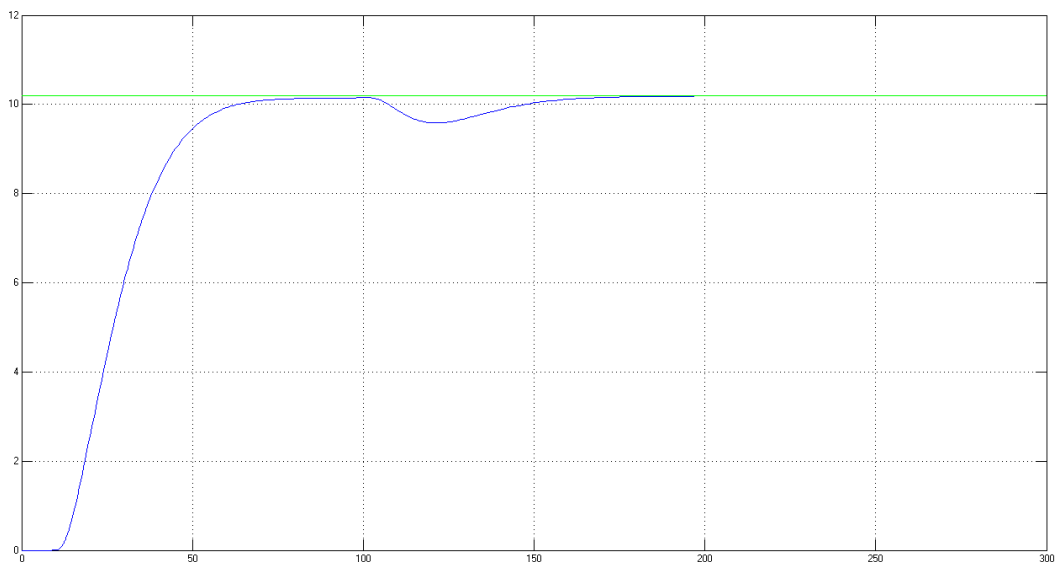


Рисунок 5 - Переходная характеристика САУ химической очистки воды с учетом возмущающих воздействий

Анализ результатов моделирования показал удовлетворительное качество переходных процессов в рассмотренном контуре управления процессом химической очистки воды. Время, за которое устанавливается значение, составляет 100 с, что соответствует техническим требованиям. Возмущающее воздействие приводит к небольшим допустимым отклонениям, которые восстанавливаются за допустимый промежуток времени, а именно 50 с., как показано на рисунке 5. Таким образом, предложенные законы регулирования с полученными настроечными параметрами подходят для САУ процесса химической очистки воды. Как видно из рисунка, значение довольно точно соответствует требуемому уровню рН, процесс плавный, с достаточным быстродействием. Показатели качества САУ соответствуют требуемым.

По переходной характеристике, представленной на рисунке 6, можно говорить о правильной и эффективной работе регулирующего органа, поскольку максимальный угол открытия вентиля составляет 43° . Как показывает практика, регулирующие органы не работают на максимальных номинальных углах, что составляет 90° .

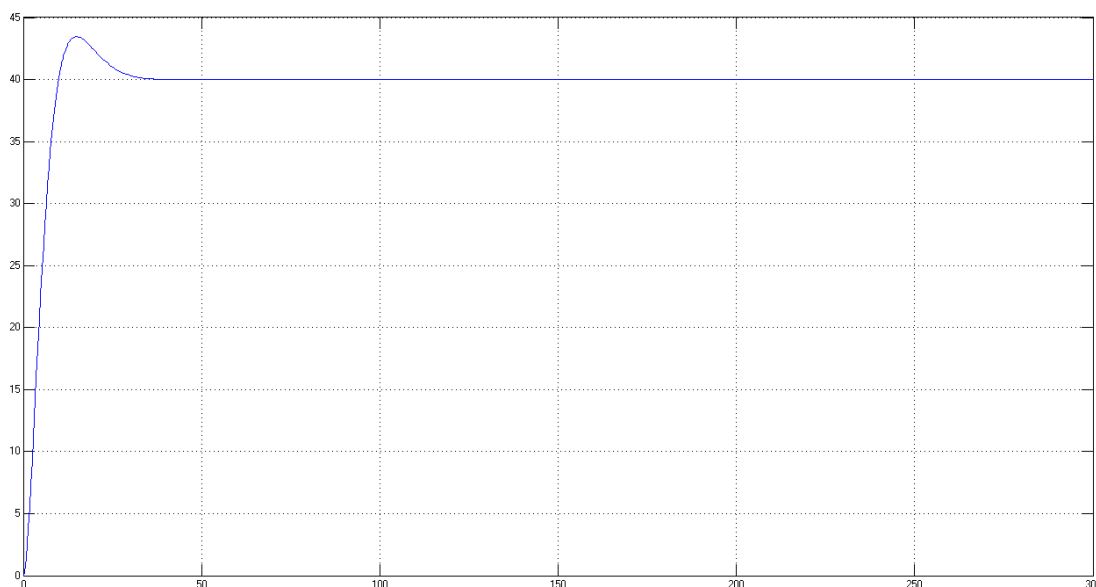


Рисунок 6 – Переходная характеристика, соответствующая положению регулирующего органа

Выводы.

1. Выполненный анализ процесса химической очистки воды позволил представить его в виде совокупности взаимодействующих контуров управления.
2. Предложенные математические модели процесса химической очистки воды позволили исследовать динамические процессы в объекте управления, по результатам которых сделан вывод о необходимости синтеза новых алгоритмов управления.
3. Использование предложенных регуляторов с соответствующими настройками позволило устранить статическую ошибку, улучшить динамические показатели качества, что подтверждается результатами моделирования.

Библиографические ссылки:

1. Рыбалев А. Н. Автоматическое управление энергетическими установками А.Д.Качан. – Благовещенск, 2007 – 94 с.
2. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: Методическое пособие/ СПбГТИ(ТУ).-СПб., 2003 – 140с.
3. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии – 2е здание, дополн. – М.: Госхимиздат, 1962. – 846 с.