

## РЕГУЛИРОВАНИЕ pH-ПАРЕМЕТРА ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ТЭС

**Р.В. Федюн (к. т. н, доцент), Т.В. Табаленкова.**

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина*

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.

Проблема автоматизации процессов химической очистки воды на тепловых электрических станциях (ТЭС) является актуальной вследствие следующих обстоятельств:

1. Технологический процесс химической подготовки воды в существенной степени является определяющим для эффективной работы основного оборудования теплоэлектростанции (ТЭЦ) и теплосетей, что, в частности, свидетельствует о высокой социальной значимости данного технологического процесса.

2. Оборудование подпитки теплосети весьма громоздко, рассредоточено на большой площади химического цеха и частично за его пределами, что затрудняет организацию эффективного управления процессом вручную.

3. Технологический процесс химической подготовки воды относится к классу дискретно-непрерывных процессов, а при большой протяженности транспортных потоков принятие оперативных решений без автоматизированного и рационального распределения информации затруднительно.

4. Наличие потоков, содержащих агрессивные компоненты, требует непрерывного контроля состояния запорно-регулирующей арматуры и трубопроводов.

Осветление воды состоит из двух процессов: известкования и коагуляции. Известкование исходной воды осуществляется для снижения щелочности, частичного умягчения, снижения солесодержания воды, а так же для выравнивания значения pH-параметра до необходимого. При совмещении процессов известкования и коагуляции полнее удаляются взвешенные и органические вещества, соединения кремния и железа. При известковании в обрабатываемую воду подается насыщенный раствор извести или известковое молоко, где содержание  $Ca(OH)_2$  превышает растворимость на 10 – 20%.

Перед тем как попасть в осветлитель, вода проходит предварительный нагрев воды в подогревателе сырой воды до 30°C. Вода поступает через распределительное устройство в воздухоотделитель, оттуда по отводящей линии через регулирующее сопло направляется в смесительную часть нижнего конуса осветлителя. 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.

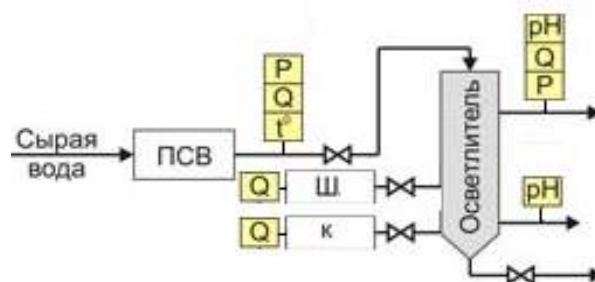


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса химической очистки воды

Целью процесса коагулирования совмещенного с известкованием является получение на выходе воды с заданными показателями качества, значение рН которой будет соответствовать необходимому. Таким образом, цель работы сводится к регулированию рН-параметра за счет изменения расхода щелочи и кислоты. Анализ технологического процесса как объекта управления с точки зрения материальных потоков представлен на рисунке 2.

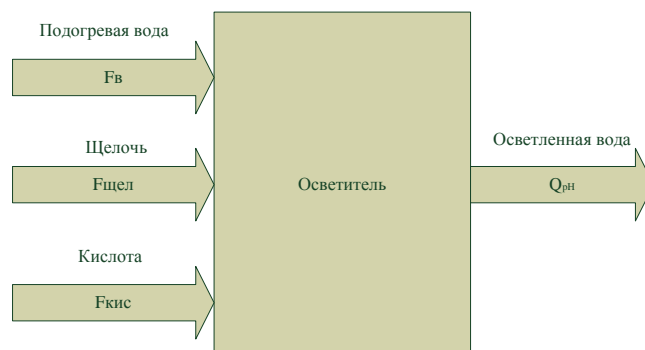


Рисунок 2 – Схема материальных потоков и их информационных переменных процессов коагуляции и известкования в осветлителе

Параметр рН необходимо поддерживать в диапазоне значений 10,1 – 10,2. Расход подогретой воды будет являться возмущением для данного процесса. Регулятор соотношения позволяет управлять, контролировать и изменять уровень рН. Изначально в осветлителе находится вода, нагретая до определенной температуре. Первым веществом подается кислота, расход которой определяется экспериментальными методом 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 рН на выходе установки для процесса осветления воды. На основе полученных сведений, представим структурную схему процесса осветления и отобразим ее на рисунке 3.

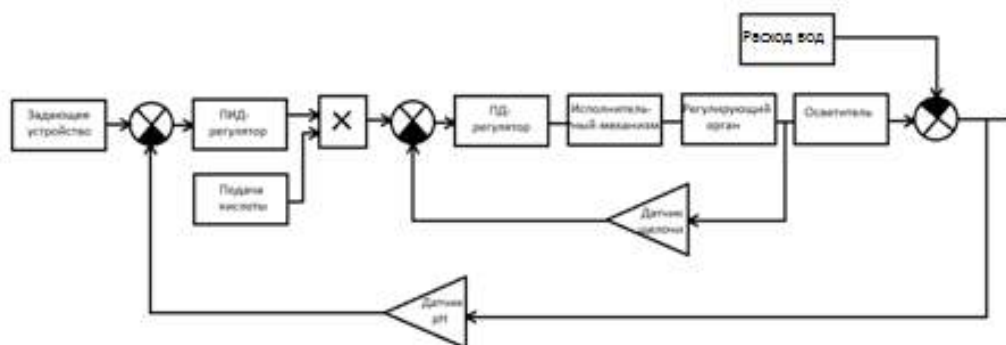


Рисунок 3 – Структурная схема САУ рН-параметра в осветлителе

Объект управления – осветитель описывается дифференциальным уравнением первого порядка с запаздывание, 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.

Вентиль выполняет функции регулирующего органа. Примем, что подача щелочи, осуществляемая вентилем, пропорциональна углу ее открытия, изменяющегося от  $0^0$  до  $90^0$ . Это значит, что при максимальном открытии вентиля, равном  $90^0$ , подача щелочи в осветитель максимальная и она, равна 1920 мг-экв/час. Значит, вентиль может быть

промоделирован пропорциональным звеном (усилителем), коэффициент усиления которого равен  $k = 1920/90 = 21,34$  (мг-экв/час)/(градус поворота).

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:  $k_p = 1$ ,  $T_d = 1$ .

Получив математическое описание всех необходимых компонентов, была собрана модель САУ процесса осветления воды в пакете Matlab.

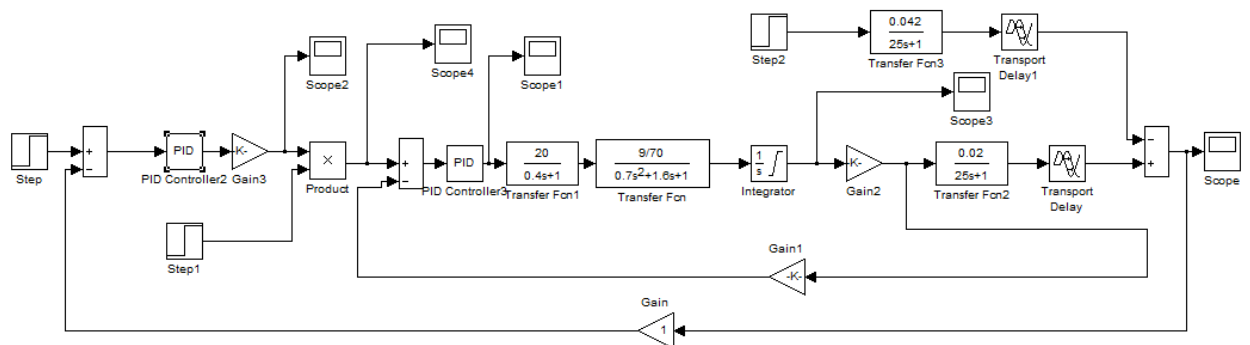


Рисунок 4 – Модель САУ процесса осветления воды при использовании выбранных законов регулирования

Результаты моделирования динамических процессов в САУ представлены на рисунках 5, 6, 7. Анализ результатов моделирования показал удовлетворительное качество переходных процессов в рассмотренном контуре управления.

Моделирование процесса осветления показало положительный результат (рисунок 5), поскольку время, за которое устанавливается значение, составляет 100 с, что соответствует техническим требованиям. Установившееся значение соответствует требуемому рН=10,2. Отсутствует перерегулирование. А также по графику видно, что в системе присутствует запаздывание  $\tau=9$ сек

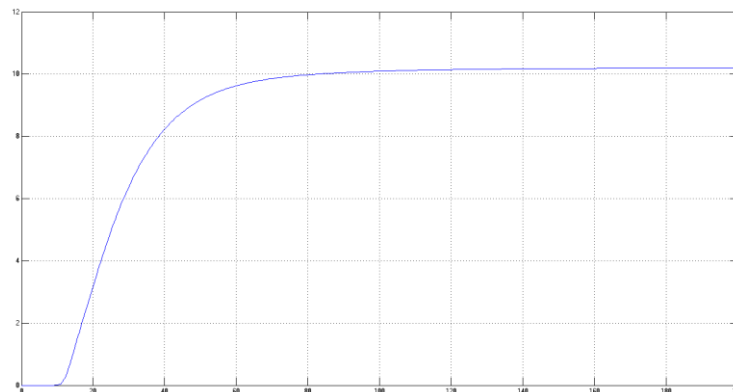


Рисунок 5 – Переходный процесс в САУ процесса осветления с ПИД и ПД-законом управления.

По переходной характеристике, представленной на рисунке 6, можно говорить о правильной и эффективной работе регулирующего органа, поскольку максимальный угол

открытия вентиля составляет  $43^{\circ}$ . Как показывает практика, регулирующие органы не работают на максимальных номинальных углах, что составляет  $90^{\circ}$ .

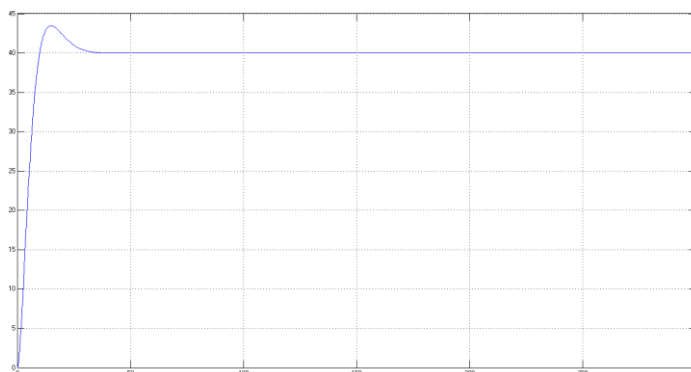


Рисунок 6 – Переходная характеристика, соответствующая положению регулирующего органа

Возмущающее воздействие приводит к небольшим допустимым отклонениям, которые восстанавливаются за допустимый промежуток времени, а именно 50 с, как показано на рисунке 7. Таким образом, предложенные законы регулирования с полученными настроечными параметрами подходят для САУ процесса химической очистки воды.

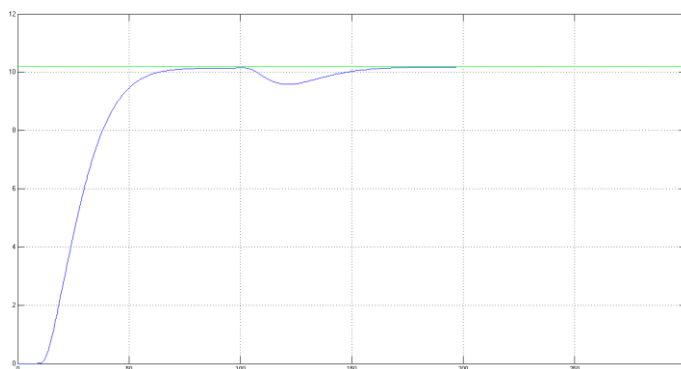


Рисунок 7 – Переходная характеристика САУ химической очистки воды с учетом возмущающих воздействий

### 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 издание, дополн. – М.: Госхимиздат, 1962. – 846 с.