

РЕГУЛИРОВАНИЕ pH-ПАРАМЕТРА ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ТЭС

Федюн Р.В. доц., к.т.н.; Табаленкова Т.В., студентка

(ГВУЗ «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 (ТЭС) 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% [1].

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 [2]. Технологическая схема объекта представлена на рисунке 1.

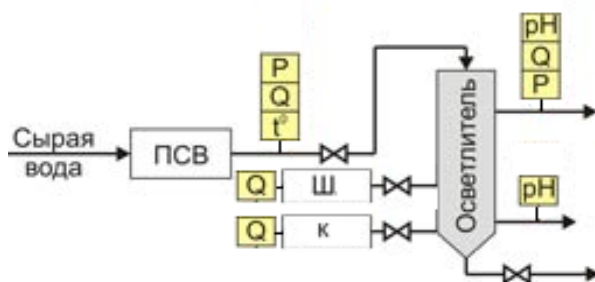


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса химической очистки воды

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.

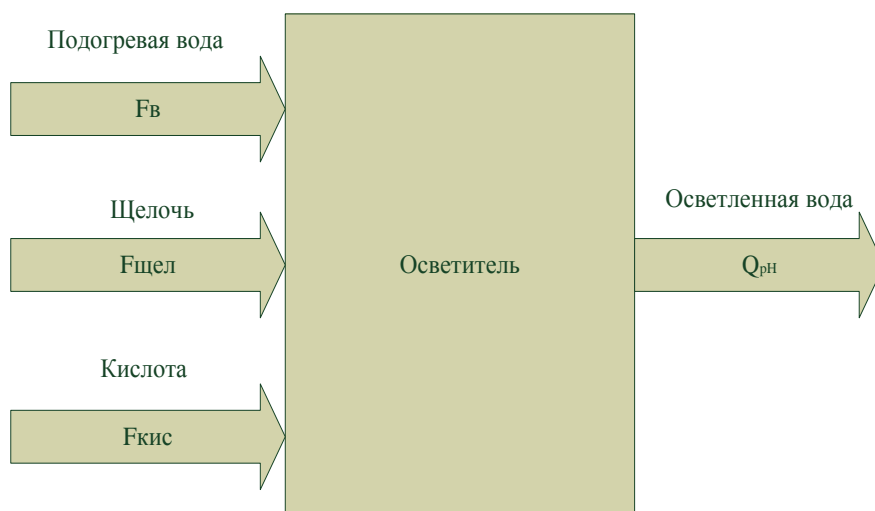


Рисунок 2 – Схема материальных потоков и их информационных переменных процессов коагуляции и известкования в осветлителе

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 экспериментальным 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 ($F_{кис}$) является ведущим потоком, а расход щелочи ($F_{щел}$) – 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[3]. На основе полученных сведений, представим структурную схему процесса осветления и отобразим ее на рисунке 3.

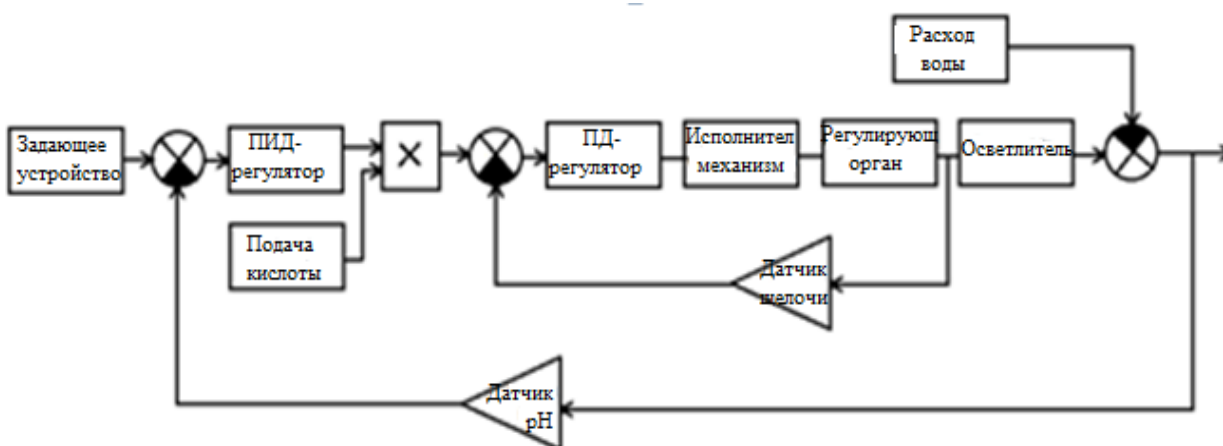


Рисунок 3 – Структурная схема САУ рН-параметра в осветлителе

Объект управления – осветлитель 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.

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)[4].

Поскольку в данной системе необходимы два регулятора, то для внешнего контура управления выбран ПИД-регулятор [5], 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.

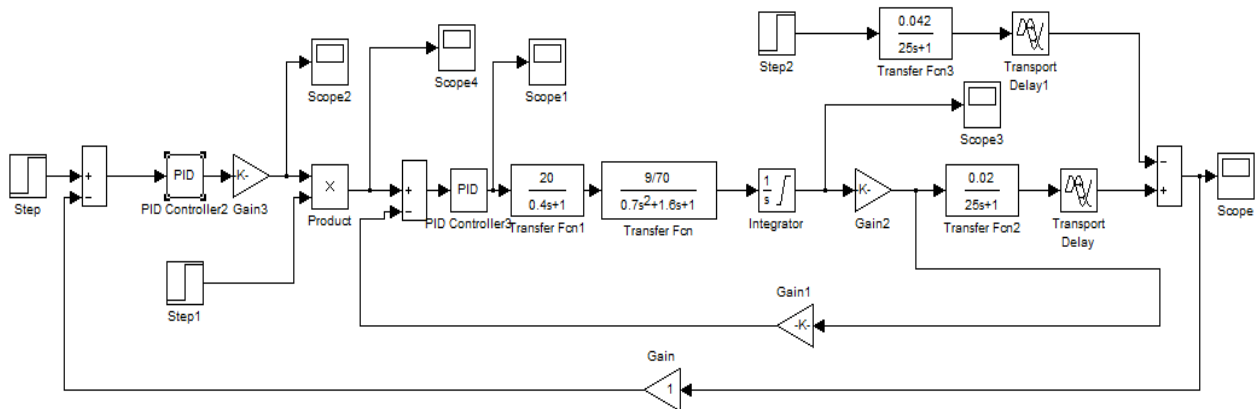


Рисунок 4 – Модель САУ процесса осветления воды при использовании выбранных законов регулирования

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

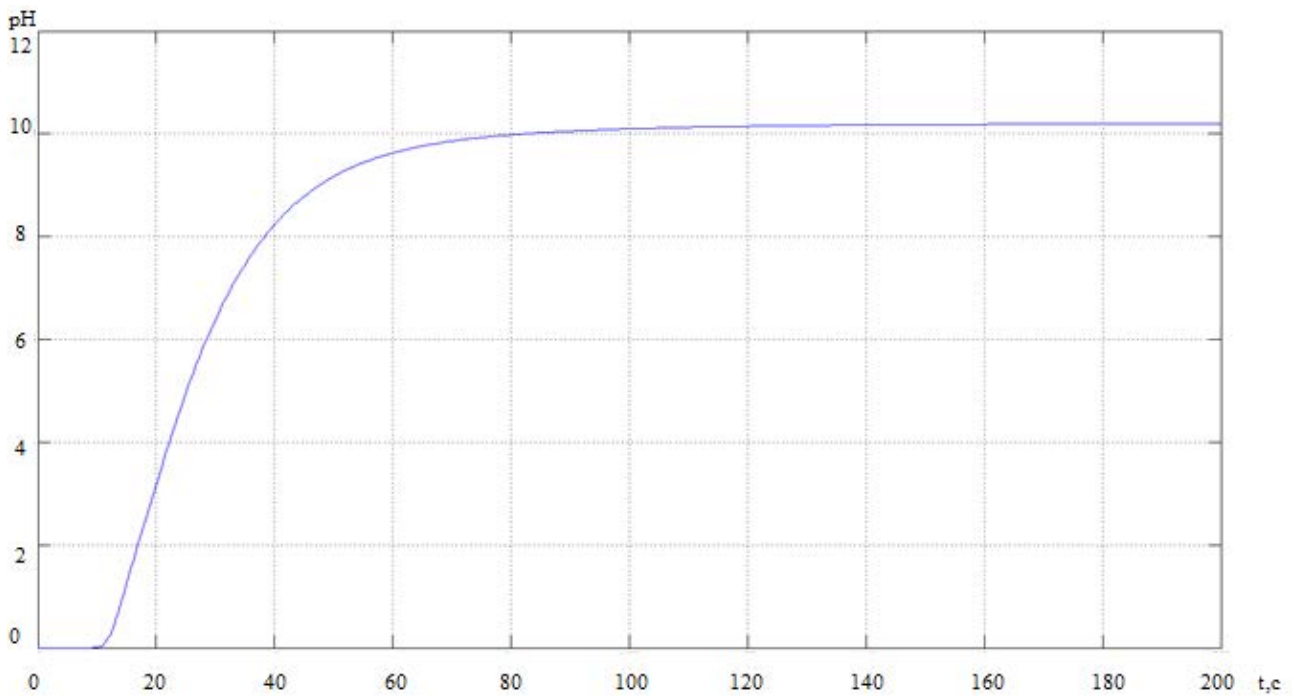


Рисунок 5 – Переходный процесс в САУ процесса осветления с ПИД и ПД-законом управления.

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

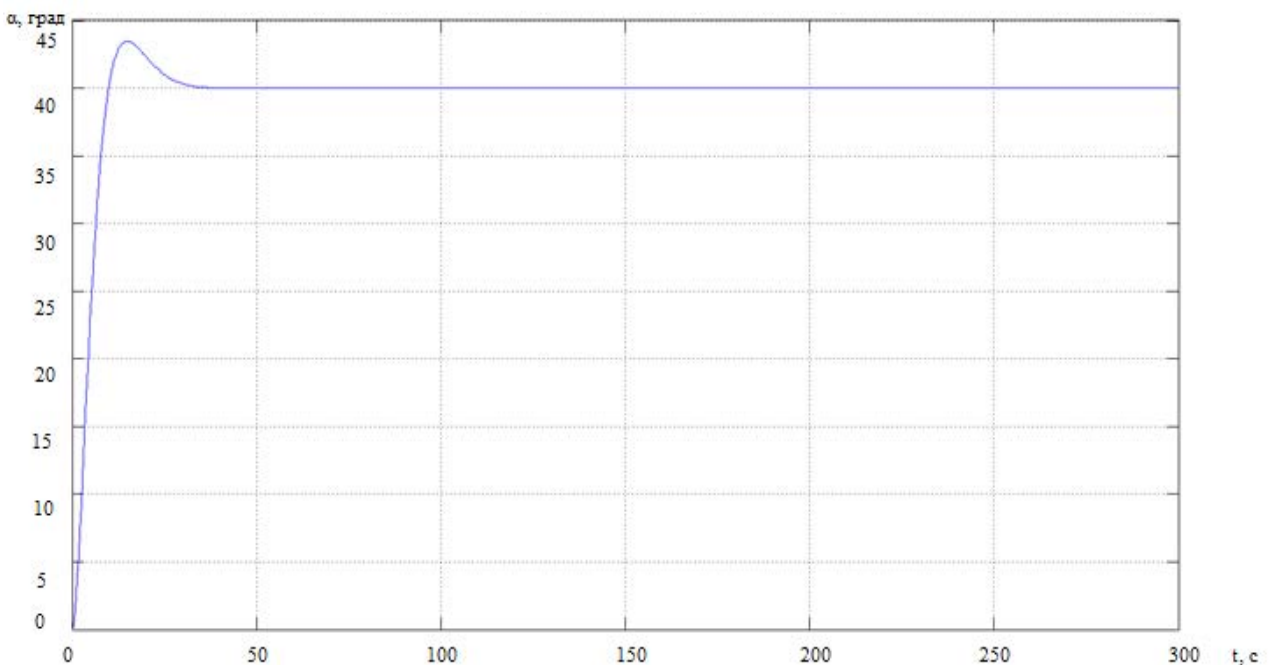


Рисунок 6 – Переходная характеристика, соответствующая положению регулирующего органа

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 настроенными параметрами подходят для САУ процесса химической очистки воды.

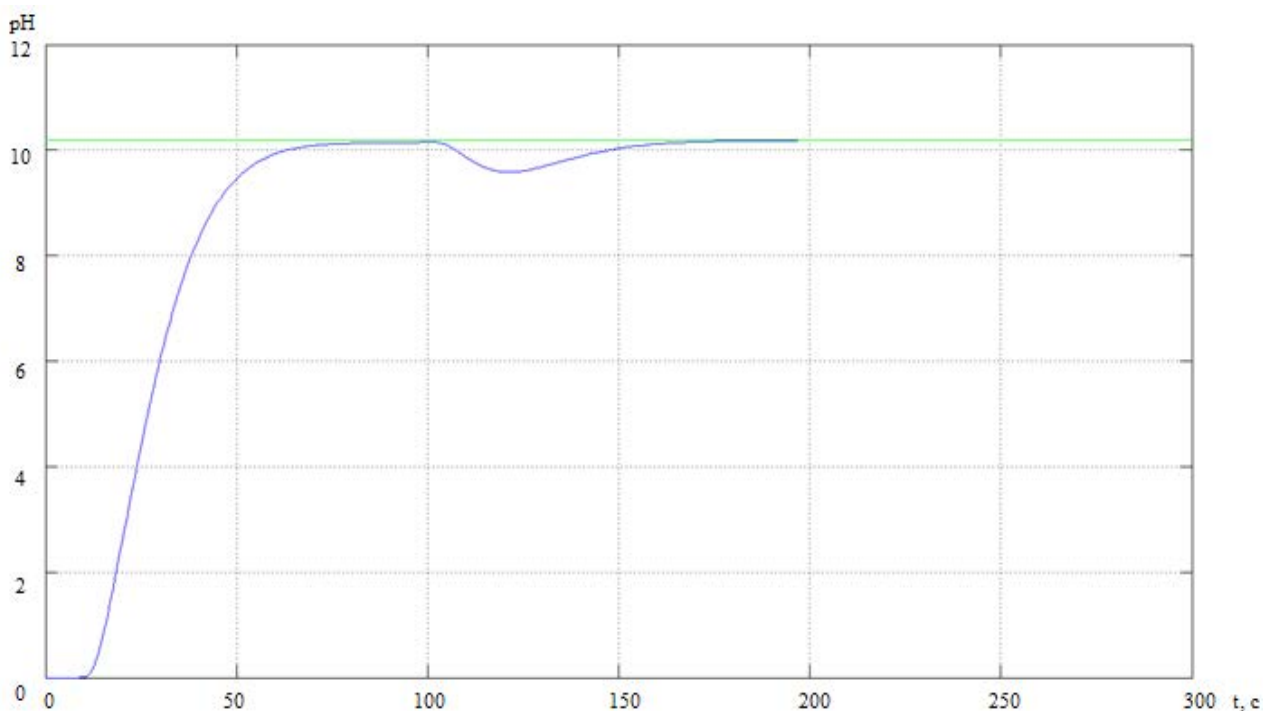


Рисунок 7 – Переходная характеристика САУ химической очистки воды с учетом возмущающих воздействий

Выводы.

1. Выполненный анализ процесса химической очистки воды позволил представить его с точки зрения автоматического 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.

Перечень ссылок

1. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии – 2е издание, дополн. – М.: Госхимиздат, 1962. – 846 с.

2. Федюн Р.В., Попов В.А., Найденова Т.В. Принципы построения динамической модели процесса биохимической водоочистки. Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 20 (158).- Донецьк, ДВНЗ “ДонНТУ”, 2010. – с. 30 – 37.

3. Федюн Р.В., Найденова Т.В., Юрченко Р.В. Математична модель технологічного процесу біохімічного водоочищення. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск - 22(200) - Донецьк, ДонНТУ, 2012.- с. 48-55.

4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления.- М.: Лаборатория Базовых знаний.- 2002 - 832 с.

5. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Учебный курс для вузов. Екатеринбург: Издательство УГГГА, 2002.- 675 с.