



АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В.В. Панченко (ЗАО "Гидроник"),

В.М. Матвеев, В.М. Мазуров, В.И. Комков (ЗАО НПО "ТГЭС")

Обоснована актуальность задачи автоматизации процесса подготовки воды для ТЭЦ. Описывается опыт разработки первой очереди АСУТП предочистки сырой воды Тюменской ТЭЦ-1 для осветлителей типа ДКРУ-500, поступающей из реки Туры. Приводятся результаты опытной эксплуатации первой очереди АСУТП предочистки водоподготовительных установок.

Введение

Количество воды, потребляемой промышленными предприятиями и населением, растет из года в год. Крупнейшими потребителями воды среди промышленных предприятий являются тепловые электростанции (ТЭС). Качество подготовки воды для паросиловых установок тепловых электростанций во многом определяет надежность и экономичность работы всей станции. Низкое качество воды приводит к досрочному останову котла либо к разрыву поверхностей нагрева и полному выходу его из строя [1]. Одновременно происходит коррозионное повреждение основного оборудования ТЭС и трубопроводов под действием продуктов термолитиза органических веществ в питающей воде, приводящих к многомиллионным убыткам. Статистические данные по большому числу энергоблоков в США мощностью 50...600 МВт свидетельствуют о том, что примерно 56% вынужденных остановов парогенераторов были вызваны паровой коррозией [2].

Вместе с тем актуальной является и задача снижения потребления реагентов и уменьшения сброса солей с химводоочисток, особенно в условиях больших штрафов, налагаемых органами Госкомприроды за стоки, наносящие вред окружающей среде. Сброшенные соли, обладающие хорошей растворимостью, транзитом проходят очистные сооружения и поступают в естественные водоемы, увеличивая их минерализацию и отрицательно влияя на экологическое равновесие.

Процесс подготовки воды для ТЭС условно можно разделить на две стадии: предварительной очистки (коагуляции) исходной воды и окончательной обработки воды на основе ионного обмена, электролиза или обратного осмоса. В статье рассматривается только стадия предочистки, осуществляемая на водоподготовительных установках (ВПУ) ТЭС.

Стадия предочистки воды может вестись на осветлителях различного типа. Из них наиболее современными являются осветлители типа ОРАШ (осветлитель с рециркуляцией активного шлама) и ДКРУ (двухкамерный с рециркуляционным устройством), изготовляемые ЗАО НПО "ТГЭС" (г. Тула) [3].

В представленной работе описывается опыт разработки первой очереди АСУТП предочистки сырой воды Тюменской ТЭЦ-1 для осветлителей типа ДКРУ-500, поступающей из реки Туры. Этот тип осветлителей имеет ряд конструктивных и технологических преимуществ перед традиционно применяемыми аппаратами [1, 3]. Он удобен в эксплуатации и путем перераспределения коагулированной воды между камерами может работать в широком диапазоне нагрузок (150...500 т/ч). Коагуляция сырой воды на осветлителе ДКРУ ведется солями алюминия $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$. Такой способ используется, главным образом, для исходной воды с относительно низкой щелочностью (до 2 мг-экв/кг), малой жесткостью и повышенной перманганатной окисляемостью. Примером могут быть воды рек Волхов (20...25 O_2 /кг), Черная (18 O_2 /кг), Тура (34 O_2 /кг), Амур (14 O_2 /кг), Вятка (15 O_2 /кг) и ряда других водоисточников [4].

Для качественного ведения процесса подготовки воды на ВПУ необходимо решить две задачи.

1. Получение достаточно полного объема информации о ходе процесса очистки. Это достигается путем использования современных систем контроля параметров входных/выходных потоков воды и реагентов. У нас применяются следующие приборы химконтроля: рН-метры (типа рН-011Ц), сигнализаторы уровня шлама (типа СШР-91/5), концентратомеры (типа КАЦ), мутномеры (типа Fisher-R, T1054-A2120-X1-M2). Автоматически контролируются также такие параметры, как расход, уровень, давление и температура. Часть параметров процесса контролируется периодически путем отбора проб с последующим их анализом в химлаборатории.

2. Организация процесса управления объектом, обеспечивающая достижение поставленной цели функционирования объекта, например, получение заданной производительности процесса при заданном качестве получаемой воды. Для этого необходимо оптимизировать статический режим работы объекта и динамику управления объекта в двух режимах - автоматической стабилизации и перевода объекта из одного состояния в другое.

Такая оптимизация режимов работы осветлителя может быть осуществлена только с помощью совре-

менных АСУТП. Управление нашим процессом ведется с помощью следующих типов запорно-регулирующей арматуры: насосы-дозаторы (типа НД) с автоматическими регуляторами (типа АРДН-3), регулирующие клапаны с исполнительными механизмами (типа МЭОФ), задвижки нерегулируемые с исполнительными механизмами (типа МЭОФ).

Основным технологическим аппаратом предварительной очистки является осветлитель, являющийся наиболее сложным объектом автоматизации. В качестве объекта автоматизации в описываемой АСУТП рассматриваются также узлы подготовки щелочи, коагулянта и флокулянта с соответствующим оборудованием. На рис. 1 приведена основная мнемосхема ТП пресочистки воды для осветлителя ДКРУ.

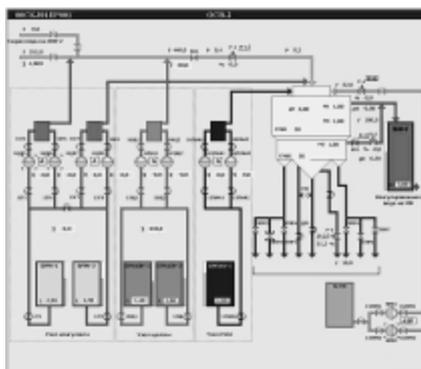


Рис. 1

Осветлитель как объект автоматического управления

С точки зрения технологии, основной задачей АСУ осветлителя является формирование и стабилизация устойчивого шламowego фильтра. Это должно достигаться путем выбора оптимальных значений расходов и их автоматической стабилизацией.

Анализ осветлителя, как объекта автоматического управления позволил выделить следующий ряд характерных особенностей:

- необходимость жесткой стабилизации режима работы осветлителя. Всякое изменение режимов должно производиться очень плавно, без резких колебаний;
- режимы работы осветлителя существенно зависят от его конструкции, условий, времени и места эксплуатации, что определяет специфику построения АСУТП. Выбор режима работы аппарата определяется обслуживающим персоналом на основе технологического регламента ведения процесса. Близость режима к оптимальному во много определяется опытом эксплуатации и квалификацией обслуживающего персонала;
- сам осветлитель является многомерной динамической системой, имеющей большое число контролируемых и управляющих параметров, взаимосвязанных между собой;
- статические и динамические характеристики осветлителя зависят от сезонных колебаний состава сырой воды, используемого сырья и от текущей нагрузки на осветлитель. Эти зависимости носят нелинейный характер и трудно поддаются определению. Это приводит к тому, что значительная смена нагрузки на аппарат (более 15% от номинала) требует подстройки параметров системы управления, т.е. введение элементов адаптивного управления.

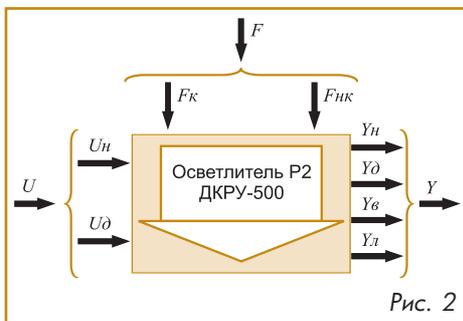


Рис. 2

На рис. 2 приведена схема осветлителя как объекта управления с указанием управляющих U (U_n , U_d), возмущающих F (F_k , $F_{нк}$) и измеряемых Y (Y_n , Y_d , Y_v , Y_l) векторных сигналов и их составляющих, где представлены вектора: U_n – непрерывных управляющих сигналов, U_d – дискретных управляющих сигналов; F_k – контролируемых возмущений, $F_{нк}$ – неконтролируемых возмущений; Y_n – непрерывно измеряемых параметров, Y_d – измеряемых параметров с дискретным выходом; Y_v – вычисляемых параметров; Y_l – параметров, определяемых лабораторным анализом.

Введение таких векторов позволяет осуществить формализацию задач управления и оптимизации процесса пресочистки воды.

В общем случае, вектор возмущений $F(t)$ следует рассматривать как случайный процесс со своими статистическими характеристиками. Однако для ВПУ в этом процессе явно выделяется периодическая составляющая, определяемая сезонными колебаниями состава сырой воды.

Анализ возмущающих воздействий показывает, что наиболее часто меняется давление сырой воды на входе осветлителя, связанное с периодическим отбором воды на собственные нужды. К колебаниям давления и расхода приводит также некачественная работа регулирующего клапана на линии сырой воды. Для устранения этих возмущений планируется оснастить двигатели насосов подачи сырой воды частотно-управляемыми преобразователями.

Вторым характерным возмущением является изменение концентрации растворов щелочи, коагулянта и флокулянта в процессе их приготовления. Однако, наличие данных периодического лабораторного анализа позволяют внести соответствующие коррективы в производительность насосов-дозаторов. Частичная компенсация этого возмущения осуществляется контуром автоматического регулирования величины рН в рециркуляторе осветлителя.

К медленно меняющимся возмущениям можно отнести и сезонные колебания состава сырой воды. Однако в паводковые периоды, в периоды сильных дождей можно наблюдать и более резкие и быстрые колебания состава сырой воды. Обработка этих возмущений представляет сложную проблему и ее решение должно осуществляться с помощью разработанной АСУТП. Заметим, что в настоящее время дозы реагентов в осветлителе в большинстве случаев устанавливаются по результатам пробной коагуляции в лаборатории в различ-

можно наблюдать и более резкие и быстрые колебания состава сырой воды. Обработка этих возмущений представляет сложную проблему и ее решение должно осуществляться с помощью разработанной АСУТП. Заметим, что в настоящее время дозы реагентов в осветлителе в большинстве случаев устанавливаются по результатам пробной коагуляции в лаборатории в различ-

ные периоды года и должны уточняться по результатам эксплуатации. Но так как пробы отбираются одновременно, то результаты получаются фиксированными на весь рассматриваемый период или сезон года, в то время как качество воды может изменяться в достаточно широких пределах в зависимости от климатических условий. Это означает, что в одни промежутки времени осветлители могут работать с передозировкой коагулянта, в другие – с недостаточной подачей со всеми вытекающими негативными последствиями.

Используя введенные обозначения, можно определить следующие уравнения, определяющие различные режимы работы осветлителя:

- статический режим работы $Y = f_1 [U, F]$; (1)

- динамический режим работы

$$dY_n/dt = f_2 [Y_n(t), U(t), F(t)]. \quad (2)$$

Статический режим характеризует установившееся течение процесса предочистки воды. Например, это может быть зависимость величины рН в рециркуляторе осветлителя от величины производительности дозирующего насоса подачи коагулянта в рециркулятор.

Практический интерес для технологов представляют зависимости производительности насосов-дозаторов реагентов от величины рН в рециркуляторе, нагрузки на осветлитель по сырой воде:

$$X_{н1} = \phi_1 (C_{н1}), \quad (3)$$

$$X_{н2} = \phi_2 (F_{н1}), \quad (4)$$

$$X_{н3} = \phi_3 (F_{н1}), \quad (5)$$

$$X_{н4} = \phi_4 (F_{н1}), \quad (6)$$

а также от расходов воды из нижней камеры, воды по каналу непрерывной продувки и воды с механических фильтров:

$$F_{н2} = \phi_5 (F_{н1}), \quad (7)$$

$$F_{н3} = \phi_6 (F_{н1}), \quad (8)$$

$$F_{н4} = \phi_7 (F_{н1}), \quad (9)$$

где U_n ($X_{н1}$, $X_{н2}$, $X_{н3}$, $X_{н4}$): $X_{н1}$ – производительность насоса-дозатора коагулянта в трубопроводе сырой воды, $X_{н2}$ – производительность насоса-дозатора коагулянта в рециркуляторе осветлителя, $X_{н3}$ – производительность насоса-дозатора щелочи, $X_{н4}$ – производительность насоса-дозатора флокулянта; F_k ($F_{н1}$, $F_{н2}$, $F_{н3}$, $F_{н4}$): $F_{н1}$ – расход сырой воды в осветлитель, $F_{н2}$ – расход коагулированной воды из нижней камеры, $F_{н3}$ – расход непрерывной продувки из осветлителя, $F_{н4}$ – расход промывочной воды от мех-фильтров; Y_n ($C_{н1}$, $C_{н2}$): $C_{н1}$ – рН в нижней части рециркулятора, $C_{н2}$ – рН в нижней камере осветлителя.

Эти зависимости соответствуют различным сечениям гиперкуба, определяемого уравнением (1), и могут быть определены в ходе эксплуатации осветлителя при различных нагрузках.

Динамический режим – это режим перехода из одного установившегося состояния в другое, например, при смене нагрузки на осветлитель, изменении расходов или концентраций растворов и т.д.

Совокупность уравнений статики и динамики образуют полную математическую модель осветлителя. Построение математической модели осветлителя представляет трудную задачу. Объясняется это тем, что уравнения материального баланса, являющиеся основой модели, должны быть дополнены уравнениями кинетики физико-химических процессов, протекающих в объеме, параметры которых во многом не известны.

За критерии оптимального ведения процесса можно принять:

1. обеспечение заданной производительности осветлителя $X_{в1} = const$ при нахождении параметров, характеризующих качество коагулированной воды в установленных пределах и с одновременной минимизацией затрат сырья ($min (X_{в2} + X_{в3} + X_{в4})$) на производство 1 т коагулированной воды;

2. минимум интегрального квадратичного критерия (при оптимизации динамики процессов управления детерминированным объектом) вида:

$$J = \int_0^{\infty} (\Delta Y' Q \Delta Y + \Delta U' R \Delta U) dt, \quad (7)$$

где ΔY – вектор отклонений измеряемых параметров объекта от заданных значений, ΔU – вектор отклонений управляемых параметров объекта от заданных значений.

Закон управления, минимизирующий этот критерий, можно найти методами аналитического конструирования многомерного регулятора стабилизации при условии знания точной математической модели объекта. Полученный в процессе оптимизации по какому-либо критерию режим работы осветлителя будет характеризоваться уравнением

$$Y_0 = f_3 [U_0] \quad (8)$$

для определенного значения вектора возмущающих воздействий ($F = const$).

Очевидно, что существует множество точек оптимального режима для различных значений вектора возмущений и различных критериев оптимальности. Поэтому важнейшей задачей разработанной АСУТП является предоставление возможности технологам устанавливать любые режимы работы осветлителя, накапливать и обрабатывать получаемую в ходе экспериментов информацию при поиске оптимального режима работы осветлителя, а также автоматически поддерживать найденный оптимальный режим. Кроме этого, разработанная АСУТП позволит автоматически удерживать оптимальный режим работы при смене нагрузки на технологический агрегат.

АСУТП предочистки

В разработанной АСУТП Тюменской ТЭЦ-1 были реализованы следующие технологические функции:

- сбор и первичная обработка сигналов;
- представление информации оператору;
- автоматическое регулирование технологических параметров;

Алгоритм решения сложной задачи - это сначала временные затраты на разработку, а затем экономический эффект от использования.

Журнал "Автоматизация в промышленности"

- технологические сигнализации и блокировки;
- дистанционное управление;
- программно-логическое управление;
- архивная регистрация технологических параметров и событий;
- протоколирование и документирование;
- информационный обмен с внешней системой АСУП;
- диагностика ПТК.

Общее число входных/выходных сигналов в системе составило 193 сигнала.

ПТК реализован в виде двухуровневой системы управления. Нижний уровень включает шкаф с дублированными контроллерами типа "Крузиз" (ПИК "Зебра", Москва) и устройствами сопряжения с объектом. В состав верхнего уровня входит дублированное АРМ оператора-технолога, АРМ ручного ввода и инженера ПТК, загрузчик ПО, дублированный архив, мост Ethernet/RS-485 для связи с АСУП.

Система спроектирована таким образом, что отказ оборудования верхнего уровня или потеря информационной связи с оборудованием нижнего уровня не вызывает останов или нарушение хода ТП пресочистки воды. Кроме этого, для повышения надежности технических средств ПТК АСУТП пресочистки предусмотрены следующие меры:

- применение двух контроллеров, один из которых находится в горячем резерве;

- применение резервированной ЛВС, объединяющей нижний и верхний уровни ПТК.

Системная диагностика осуществляется программным путем. Она позволяет оценить процесс запуска и достоверность входной и промежуточной информации, правильность функционирования контроллеров, сети и ПО. Контроллер сохраняет свои функции блокировок и автоматического управления при потере связи с АРМ операторов. Предусмотрена система автоматической блокировки действий оператора с целью защиты осветлителя от разрушения на этапах пуска и останова аппарата.

Для повышения надежности процессов управления были разработаны высококачественные алгоритмы управления исполнительными механизмами (задвижками, регулирующими клапанами и дозирующими насосами). Эти алгоритмы наряду с функциями управления осуществляют оценку состояния и проводят тестирование работоспособности запорно-регулирующей арматуры. Одновременно были разработаны новые алгоритмы цифрового управления для регуляторов положения, расхода и величины рН, учитывающие специфику переходных процессов в осветлителе. Реализация алгоритмов осуществлялась в виде специальных модулей на языке функциональных блоков. Из этих модулей осуществлялось формирование мега-блоков, а из них — всей системы управления. Все ПО верхнего и нижнего уровня было реализовано на SCADA-системе

TRACE MODE 5. Его предварительная отладка велась на специальном отладочном стенде фирмы ПИК "Зебра", что резко сократило сроки пусконаладочных работ непосредственно на объекте. Генеральным подрядчиком и разработчиком алгоритмов управления выступало ЗАО НПО "ТГЭС" (г. Тула), алгоритмизацию блоков системы выполнила фирма ОАО "АТМ" (г. Тула).

Структурная схема АСУ осветлителем приведена на рис. 3. В системе реализованы следующие новые подходы к управлению осветлителем, позволившие повысить качество и надежность работы установки.

1. При переключении всей системы управления с дистанционного режима на автоматический реализован алгоритм за-

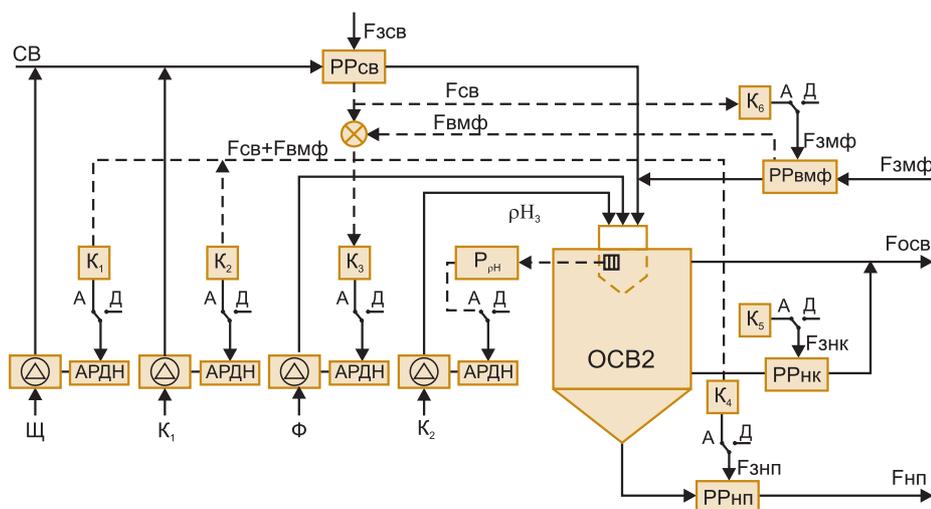


Рис. 3. Структурная схема АСУ осветлителем, где ОСВ2 – осветлитель ДКРУ, АРДН – автоматический регулятор дозирующего насоса, PP – регуляторы расхода, СВ – трубопровод сырой воды, Щ – дозирование щелочи в трубопровод сырой воды, $K_{1,2}$ – дозирование коагулянта в трубопровод сырой воды и рециркулятор осветлителя, Ф – дозирование флокулянта в осветлитель, $K_{1,6}$ – коэффициенты настройки многомерного регулятора пропорционального дозирования, $F_{зсв}$ – задание регулятору расхода сырой воды $PP_{св}$, $F_{змп}$ – задание регулятору расхода воды с механических фильтров $PP_{вмф}$, $F_{знк}$ – задание регулятору расхода осветленной воды из нижней камеры $PP_{нк}$, $F_{зп}$ – задание регулятору расхода непрерывной продувки $PP_{нп}$, pH_3 – задание регулятору величины рН P_{pH} , $F_{св}$ – расход сырой воды, $F_{вмф}$ – расход воды с механических фильтров, $F_{осв}$ – расход осветленной воды, $F_{нп}$ – расход воды по каналу непрерывной продувки, А – автоматическое управление, Д – дистанционное управление

поминания и автоматической стабилизации установленного операторами режима работы осветлителя. Предусмотрен также безударный переход с автоматического режима работы на дистанционный и обратно.

2. С помощью многомерного регулятора пропорционального дозирования осуществляется автоматическая корректировка режима работы осветлителя при смене нагрузки по расходу сырой воды. Регулятор реализует идею адаптивного управления по разомкнутому контуру, которая широко используется в изделиях оборонного назначения. Процедура расчета коэффициентов $K1 - K6$ настройки многомерного регулятора осуществляется автоматически при переводе системы из режима дистанционного управления в автоматический. Коэффициенты при необходимости могут подстраиваться операторами.

3. Введен контур автоматического регулирования величины рН в рециркуляторе осветлителя по расходу коагулянта $K2$. Контур может работать с любым настраиваемым периодом квантования. Рекомендовано устанавливать такое значение этого периода, которое было бы примерно равно или больше времени переходного процесса. В этом случае облегчается настройка регулятора величины рН, так как его параметры настройки не будут зависеть от постоянной времени и величины за-

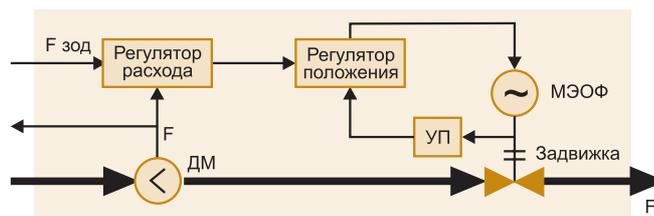


Рис. 4, где $F_{зад}$ – задание регулятору расхода, $УП_{зад}$ – задание регулятору положения, МЭОФ – механизм электрический однооборотный, УП – указатель положения, ДМ – дифманометр

паздывания в объекте управления.

4. Для повышения точности регулирования расходов использована двухконтурная система регулирования положения и расхода (рис. 4). Во все регуляторы расходов введены блоки плавного изменения сигналов управления при переходе с

одного уровня на другой. Этим достигается сохранение нормального режима работы шламового фильтра в режиме автоматического и дистанционного управления.

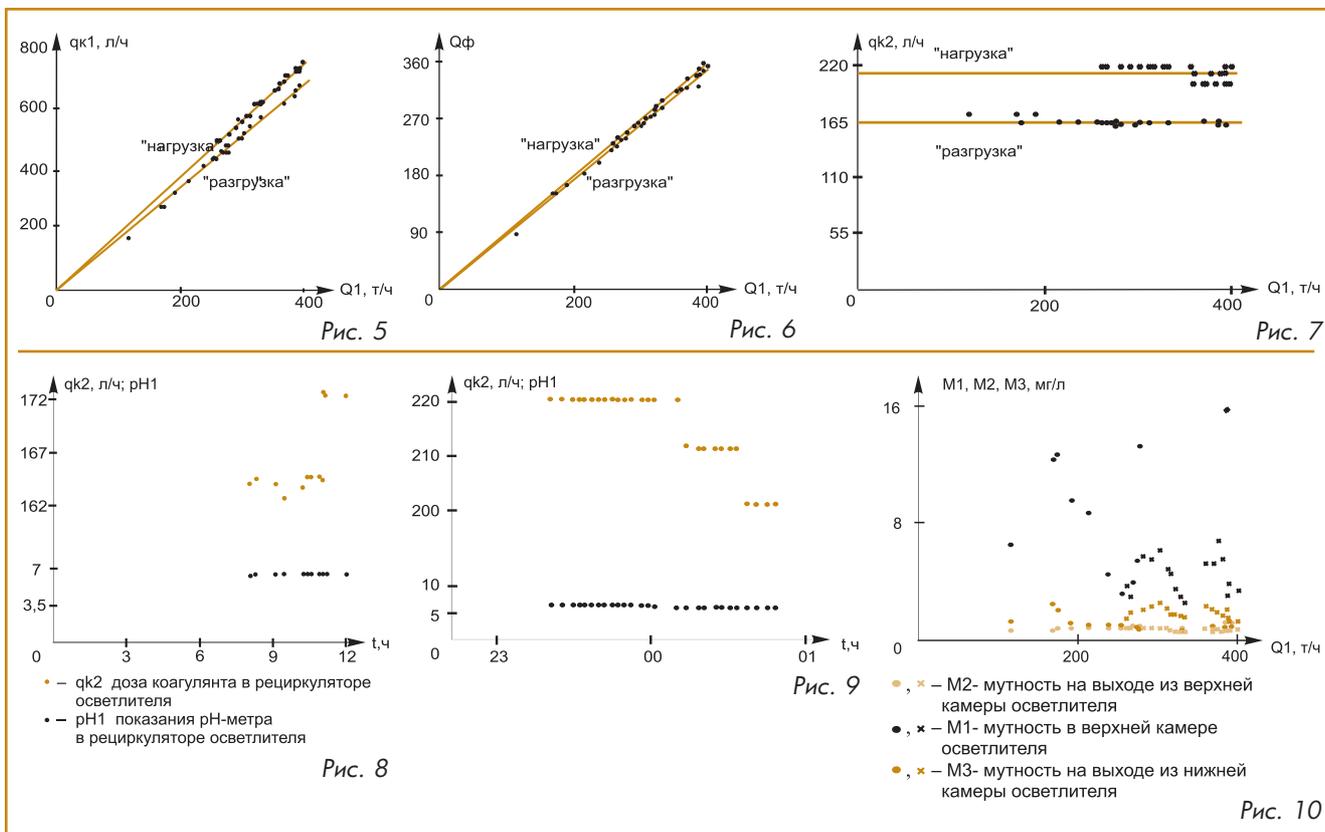
5. Введена система автоматической защиты осветлителя от разрушения. Эта система контролирует, а при необходимости и блокирует действия операторов на этапах пуска и останова осветлителя.

Анализ результатов опытной эксплуатации первой очереди АСУТП предочистки ВПУ Методика испытаний

Испытания работы системы управления проводились на двух режимах работы осветлителя ДРКУ:

1. увеличения нагрузки по сырой воде с 256 т/ч до 400 т/ч (режим "нагрузка");
2. уменьшения нагрузки с 400 т/ч до 114 т/ч (режим "разгрузка").

Во время всех испытаний система находилась в положении "Автомат" по всем контурам регулирования.



Фиксация результатов испытаний проводилась путем распечатки на принтере архивных данных, накопленных во время испытаний. Часть наиболее существенных данных дублировалась вручную по показаниям приборов путем составления соответствующих таблиц. Снимались также графики изменения во времени основных параметров процесса для режимов "нагрузка" и "разгрузка".

Обработка результатов испытаний проводилась путем построения соответствующих графиков зависимости установившихся значений интересующих параметров от нагрузки на осветлитель по сырой воде. Таким образом, были получены статические зависимости, приведенные на рис. 5 – 8, которые не учитывали динамику перехода с одной нагрузки на другую. Были получены следующие зависимости расхода:

- коагулянта, дозируемого в трубопровод сырой воды от нагрузки по сырой воде (рис. 5);
- флокулянта, дозируемого в осветлитель от нагрузки по расходу сырой воды (рис. 6);
- коагулянта, дозируемого в рециркулятор осветлителя от нагрузки по сырой воде (рис. 7);

Процессы автоматического регулирования величины рН в рециркуляторе осветлителя путем изменения величины дозирования коагулянта приведен на рис. 8 (на этапе "нагрузка") и рис. 9 (на этапе "разгрузка"). Зависимость мутности в трех точках отбора (М1 – верхняя камера, М2 – на выходе из верхней камеры, М3 – на выходе из нижней камеры) от нагрузки по сырой воде приведена на рис. 10.

Анализ результатов испытаний

1. Из графиков изменения во времени расходов воды и реагентов можно сделать вывод об удовлетворительной настройке и работе систем автоматического регулирования этих параметров.

2. Чувствительность и точность измерения параметров процесса удовлетворяет требованиям ТЗ. Однако, работа сигнализаторов уровня шлама (СШР) отличается малой точностью, что может быть объяснено плохой работой пробоотборных устройств.

3. Полученные графики (рис. 5, 6) доказали работоспособность многомерного регулятора пропорционального дозирования. Из этих графиков видно, что с увеличением (уменьшением) нагрузки прямо пропорционально растут (уменьшаются) и расходы коагулянта и флокулянта.

4. Из рис. 7 видно, что расход коагулянта в рециркуляторе осветлителя остается примерно постоянным и незначительно меняется лишь контуром регулирования величины рН. Этот контур стабилизирует величину рН в диапазоне 6,27...6,38 единиц рН, что обеспечивает вполне удовлетворительную точность регулирования

(рис. 8, 9). Из рис. 10 видно, что при всех нагрузках мутности остаются в допустимых пределах. Причем мутности М2 и М3 на выходе из верхней и нижней камер имеют весьма незначительный разброс, подтверждая обоснованность выбранного пропорционального алгоритма работы многомерного регулятора пропорционального дозирования. Большие колебания мутности в верхней камере М1 объясняются флуктуациями в контактной зоне шламowego фильтра, что вполне нормально. Причиной возникновения флуктуаций могут быть температурные колебания потоков воды, изменение давления сырой воды и т. д.

В перспективе, накопление больших массивов данных о параметрах процесса водоподготовки в архивах позволяет обслуживающему персоналу анализировать правильность выбранного режима работы, оперативно вносить необходимые коррективы. В частности, пропорциональный алгоритм дозирования может быть заменен на нелинейный (функциональный) алгоритм. Облегчить анализ можно путем автоматизации процесса статистической обработки этих данных, например, методами регрессионного анализа. Полученные в результате обработки графики и номограммы позволят операторам вести процесс в оптимальном режиме в любых условиях эксплуатации.

Заключение

В настоящее время внедренная АСУТП (пусковой комплекс) прошла стадию опытной эксплуатации на Тюменской ТЭЦ-1. Произведена отладка режимов дистанционного и автоматического управления, уточнены настройки всех параметров систем управления и устранены ошибки в представлении информации операторам. Результаты опытной эксплуатации полностью подтвердили работоспособность и эффективность предложенных алгоритмов управления. Это подтверждается графиками работы системы на режимах нагрузки/разгрузки осветлителя. На стадии промышленной эксплуатации с помощью этой АСУТП будет выбираться и уточняться оптимальный режим работы стадии предпочистки воды в разных сезонах, будет оценена экономическая эффективность внедренной системы управления.

Список литературы

1. Бармина О.В., Анисимов А.В., Смирнов В.Л. Модернизация предпочистки Тюменской ТЭЦ-1 // Энергетика Тюменского региона. 2002. № 4.
2. Новокрещенов Б.А. Очистка сточных вод тепловых электростанций от нефтепродуктов // Электрические станции. 1973. № 9.
3. Научно-производственное объединение "ТГЭС". Каталог продукции. 2002.
4. Коровин В.А. и др. Об автоматическом определении природных органических веществ в водах ТЭС // Энергетик. 2002. № 1.

Панченко Владимир Васильевич – главный эксперт по НИОКР ЗАО "Гидроникс",

Матвеев Владимир Михайлович – канд. техн. наук, ген. директор,

Мазуров Вячеслав Михайлович – д-р техн. наук, проф., главный эксперт по АСУ,

Комков Владимир Иванович – директор по АСУ ЗАО "НПО "ТГЭС".

Контактный телефон (0872)35-45-23.