

охватывающую все ТП электростанции, а также различные категории географически разрозненных пользователей. Она удачно вписалась в информационную цепочку имеющихся на электростанции систем автоматизации и некоторым из них дает новый толчок в развитии. Система получилась наглядная и удобная для пользователей: для них она внешне мало отличается от уже имеющихся АСУТП, все способы управления информацией им знакомы. В некоторых аспектах АСУТП были дополнены новыми возможностями, например, дополнительными трендами и мнемосхемами; возможностями использования рассчитываемых замеров (отсутствующих в АСУТП) в

трендах и мнемосхемах; дополнительной сигнализационной информацией; рассчитываемыми сигнализационными тегами, учитывающими замеры АСУТП и расчетные точки всех блоков; возможностями навигации по визуальным компонентам; средствами интеграции с имеющимися на электростанции Web-приложениями и другим прикладным ПО.

Применение OPC-технологии в системе открывает широкие возможности по развитию системы в рамках SCADA Genesis32, а также позволит расширить ее дополнительными приложениями в других средах для прогнозирования процессов и анализа различных технологических ситуаций.

*Лежнина Елена Владимировна — ведущий инженер-программист,
Воробьев Дмитрий Владимирович — начальник лаборатории ПО АРМов цеха АСУТП,
Бердникова Елена Николаевна — инженер-технолог химического цеха ОАО "Пермская ГРЭС".*

*Контактные телефоны: (34265)939-06, 932-02.
E-mail: Elezhnina@permgres.ru DVorobiev@permgres.ru*

АСУТП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.В. Иванова, О.А. Ремизова (СПГУ)

Приводятся характеристики и особенности ТП очистки сточных вод свинцовых аккумуляторных производств. Рассмотрена возможность разработки автоматизированной системы оптимального управления данного ТП с использованием нейросетевых технологий. Справедливость выбранного подхода подтверждается показателями качества очистки сточных вод при минимальных затратах реагентов.

Существенный вклад в развитие процесса загрязнения окружающей среды, как отмечает "Международная комиссия по окружающей среде и развитию ООН", вносят устоявшиеся методы удовлетворения потребностей человечества на основе использования традиционной практики природоразрушительного "технического прогресса". В этих условиях одно из ключевых значений приобретает проблема глубокой очистки сточных вод, результатов деятельности человека.

Химическое производство, в частности, производство свинцовых аккумуляторов, являются потребителями большого количества воды из открытых водоемов и подземных скважин и одновременно источниками загрязнения потребляемых вод. Поэтому важными задачами для отрасли химической промышленности являются совершенствование процессов водоподготовки, которые напрямую зависят от правильного выбора технологического оборудования для очистки сточных вод от примесей, упорядочение расхода и состава сточных вод, усреднение концентрации примесей и ряда других факторов.

Процесс очистки сточных вод свинцовых аккумуляторных производств (САП) является непрерывно-дискретным процессом, в основе которого лежат сложные физико-химические реакции, протекающие в технологическом оборудовании. При обширном варьировании технологических параметров система управления должна обеспечивать необходимые показатели качества водоочистки при минимуме расходов реагентов. Существующие системы управления не

всегда эффективно справляются с некоторыми возмущениями, действующими на процесс, так как в них в основном используются упрощенные технологии моделирования, учитывающие только локальные зависимости изменения параметров ТП, что в сильной степени сказывается на уровне адекватности модели реальному объекту и, как следствие, на качестве управления. Таким образом, особенности процесса и задачи автоматизации требуют создания корректной математической модели.

Особенности производства позволяют предположить, что наиболее эффективными методами для моделирования процесса очистки сточных вод и синтеза системы оптимального управления будут статистические методы.

Характерной особенностью, отличающей водоочистку от других областей химической технологии, является то, что процессы удаления примесей из воды — сложной физической и экологической системы — протекают в условиях взаимодействия различных механизмов и факторов при больших объемах растворов и незначительных концентрациях в них взвешенных и растворенных веществ.

Процесс очистки сточных вод включает стадии приготовления реагентов и непосредственно самого процесса очистки, который в свою очередь состоит: из этапов очистки и доочистки сточных вод. Процесс приготовления реагентов состоит из приготовления флокулянта полиакриламида (ПАА) и кальцинированной соды.

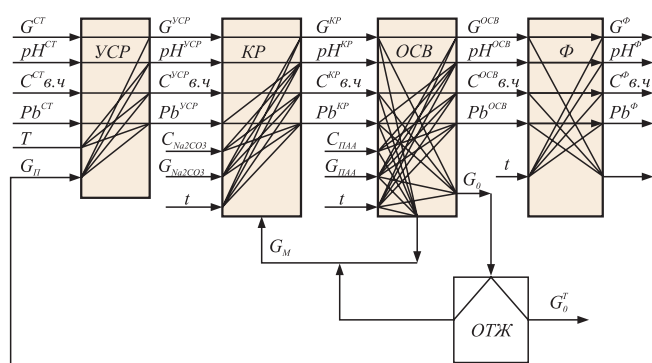


Рис. 1. Информационная схема для процесса очистки сточных вод САП, где

УСП – резервуар усреднитель; КР – приямок усредненных стоков и камеры реакции; ОСВ – вихревой смеситель и осветлитель; Ф – фильтр доочистки; ОТЖ – узел отжима осадка; G , pH , $C_{в.ч}$, Pb , T – расход, кислотность, концентрация взвешенных частиц, содержание свинца и температура сточных вод; $C_{ПАА}$, $G_{ПАА}$ – концентрация и расход полиакриламида; $C_{Na_2CO_3}$, $G_{Na_2CO_3}$ – концентрация и расход соды; G_0 ; G_M ; G_P – расходы осадка до и после удаления влаги; мутной воды и суммарный расход отработанного регенерата и промывной воды; t – время проведения ТП

Информационная схема процесса очистки сточных вод САП представлена на рис. 1. Здесь отражены взаимосвязи основных технологических параметров друг с другом.

Информационная схема служит для оценки в первом приближении статистики и динамики ТП, является основой для создания его математической модели. Кроме того, при моделировании, а в дальнейшем и при автоматизации процесса, необходимо учитывать его особенности, к которым относятся:

- наличие разделенных во времени технологических стадий;
- запаздывание, вносимое характером физико-химических процессов водоочистки;
- наличие регламентированных перерывов с остановкой и выключением различных групп технологических установок и агрегатов;
- территориальная разобщенность технологических объектов управления (ТОУ);
- широкий диапазон изменения значений физико-химических параметров, характеризующих процесс водообработки с качественной и количественной стороны.

Задачей управления процессом очистки сточных вод САП является поддержание критериев качества процесса на заданном значении при минимизации затрат на реагенты.

$$F = \min \left[\sum_{i=1}^n Z_i \right] | pH^\Phi, C_{в.ч}^\Phi, Pb^\Phi, \quad (1)$$

где Z_i – затраты на реагенты.

Для решения задач управления в ходе работы разработана АСУ, выполняющая следующие функции:

- оптимальное управление статическими режимами процесса;
- автоматическое регулирование расхода промышленных стоков на выходе усреднителей;

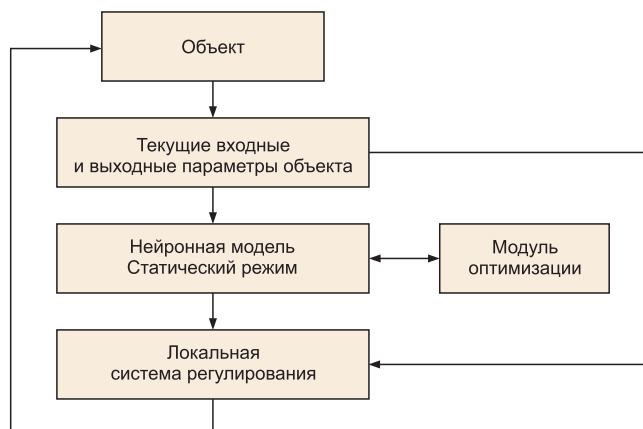


Рис. 2. Структура системы оптимального управления

- автоматическое поддержание величины pH промышленных стоков изменением количества кальцинированной соды, подаваемой для нейтрализации стоков;
- автоматическое регулирование приготовлением рабочего раствора кальцинированной соды;
- автоматическое управление системой дозирования раствора полиакриламида (ПАА).

Основываясь на разобщенности объектов, наиболее эффективной является структура АСУ для процесса очистки сточных вод в виде трехуровневой распределенной модульной системы с разделением выполняемых функций по трем уровням: отображения информации, контроля и архивирования; управления; устройств связи с объектом (УСО).

Для решения задачи управления на верхнем уровне выполнен синтез модели ТП.

При моделировании процесса, например для определения оптимальной дозы реагентов, возникает ряд сложностей, которые заключаются в следующем:

- влияние на флокулирующее действие высокомолекулярных соединений множества факторов, которые необходимо учитывать при формировании дозы ПАА;
- зависимость полной формулы для приготовления кальцинированной соды от многих параметров, что сказывается на точности величины оптимальной дозы.

На основании приведенных особенностей и специфики процесса очистки сточных вод САП был выбран статистический метод нейросетевого моделирования, позволяющий строить модели сложных объектов управления по принципу "черного ящика".

Большинство статистических методов связано с построением моделей, основанных на тех или иных предположениях и теоретических выводах. Нейросетевой подход не связан с таким предположением, а используется тогда, когда либо неизвестен точный вид связей между входными/выходными данными, либо существование зависимости определяется на этапе "обучения" системы.

Структура системы оптимального управления процессом очистки сточных вод САП с использованием нейронной модели процесса представлена на рис. 2.

На основании анализа структуры системы оптимального управления было предложено два подхода к построению нейронной модели.

Первый подход заключается в том, что на вход нейронной модели подаются входные, желаемые выходные и промежуточные параметры процесса, а на выходе получают необходимые задания для регуляторов.

Второй – на вход модели подается информация о входных параметрах процесса, а на выходе получается информация о промежуточных и выходных параметрах процесса.

Нейронная сеть – параллельная распределенная структура обработки информации, состоящая из обрабатывающих элементов (нейронов), соединенных между собой сигнальными каналами (связями). Каждый нейрон имеет одну выходную связь, которая может разветвляться до любой желаемой степени и соединять его с необходимым числом других элементов сети.

В данном случае искусственный нейрон представляет собой простой элемент вида:

$$V = \sum_{i=1}^n W_i \times x_i + W_0, \quad (2)$$

где n – число нейронов в слое, V – взвешенная сумма входных величин x_i , W_i – синаптический коэффициент или вес, W_0 – пороговая величина.

В зависимости от способа и характера преобразования сигнала возникают различные виды нейронных структур. В предложенной системе были использованы *детерминированные нейроны*, когда преобразующая функция однозначно вычисляет выход по входу.

По архитектуре связей нейросети использована многослойная сеть прямого распространения, в которой связи не имеют петель и между входными/выходными данными располагаются несколько так называемых скрытых слоев нейронов, добавляющих больше нелинейных связей в модель.

Для исследования и определения окончательного варианта структуры нейронной сети с учетом изложенных подходов были разработаны следующие три структуры модели:

1) на вход модели поданы входные и желаемые выходные параметры процесса, на выходе модели получены уставки для управляющих параметров процесса;

2) на входной слой модели подаются исходные данные о процессе, на выходном слое имеем не только выходные параметры процесса и уставки для управляющих параметров, но и текущие промежуточные параметры процесса. Эта модель по сравнению с предыдущей имеет более подробную структуру;

3) отличие третьей модели от предыдущей заключается в том, что вид среднего слоя нейронной модели полностью соответствует структу-

ре ТП. В структуре модели отражены кроме прямых связей еще и обратные. Модель имеет более жесткую структурную зависимость.

Одним из основных вопросов при обучении нейронной модели является формирование выборок для обучения и тестирования. В данной работе применялась следующая методика формирования обучающих примеров: представленные примеры должны охватывать весь диапазон изменения параметров; выборка не должна содержать противоречащих примеров.

Для ускорения процесса сходимости при исследовании нейронной модели были использованы следующие подходы: выбор начальных весов; учет инерционности; управление величиной шага (скоростью); оптимизация архитектуры сети; масштабирование данных.

Для выбора одной из трех моделей были проведены следующие исследования:

- влияния настроек алгоритма обучения (коэффициента инерционности и коэффициента скорости обучения):

$$W_i^k = W_{i-1}^k \times \alpha + \varepsilon \times x_i^k, \quad (3)$$

где i – номер такта обучения; ε – коэффициент скорости обучения; k – номер слоя; α – коэффициент инерционности обучения;

- влияния преобразующей функции среднего слоя;
- влияния объема выборки;
- влияния диапазона итераций;
- влияния числа нейронов на среднем слое;
- влияния числа слоев на модель;
- проверки работоспособности модели.

Первая модель, выполненная по первому подходу, имеет трехслойную структуру с тангенсоидной преобразующей функцией среднего слоя и 14 нейронами на нем ($\alpha = 0,1$; $\varepsilon = 0,1$).

Вторая модель, выполненная по второму подходу, представлена трехслойной моделью с 25 нейронами на среднем слое и тангенсоидной преобразующей функцией ($\varepsilon = 0,03$; $\alpha = 0$).

Третья модель, также выполненная по второму подходу, имеет сложную структурную зависимость, поскольку средний слой отражает взаимосвязь между технологическими аппаратами, участвующими в процессе очистки сточных вод. Каждый аппарат представлен трехслойной структурой; первый и последний слои имеют линейные преобразующие функции, а

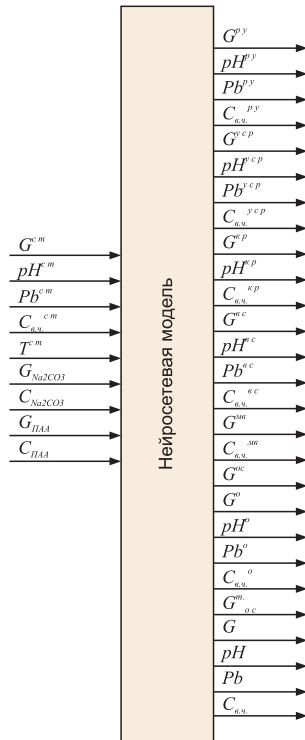


Рис. 3 Информационная схема нейросетевой модели

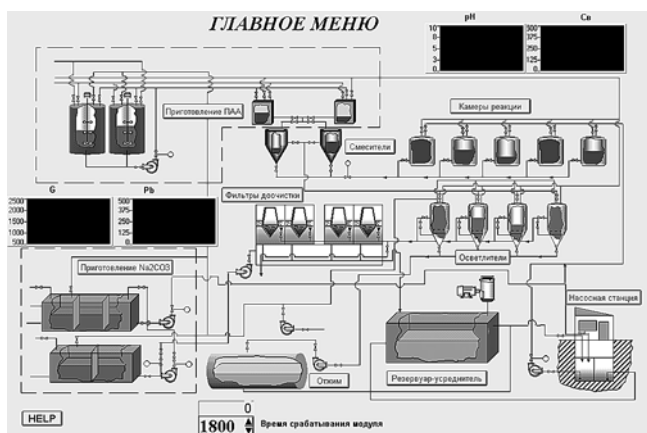


Рис. 4. Экранная форма основного меню

средний – тангенсоидную. Число нейронов на первом и последнем слоях соответствует числу входных/выходных параметров аппарата ($\epsilon = 0,01$; $\alpha = 0$). Информационная схема модели приведена на рис. 3.

В результате исследования и анализа для системы управления процессом очистки сточных вод САП в качестве модели объекта было предложено использовать третью модель, как наиболее работоспособную.

Для осуществления мониторинга процесса использовалась SCADA-система GENIE 3.0, в которой реализован алгоритм оптимального управления процессом очистки сточных вод свинцового аккумуляторного производства.

В качестве целевой функции F модуля оптимизации для алгоритма управления принят критерий вида:

Иванова Галина Владимировна – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации процессов химической промышленности Санкт-Петербургского Государственного технологического института (технического университета), Ремизова Ольга Александровна – канд. техн. наук, старший преподаватель.

Контактный телефон (812)259-47-53.

E-mail: remizova@w01.sapr.pu.ru ivanova@w01.sapr.pu.ru

Новое поколение 3D/стереоскопических дисплеев от компании Planar Systems

Компания Planar Systems представляет изделия серии SD, в основу которых положена новаторская технология StereoMirror. Дисплеи обеспечивают стереоскопическое изображение наилучшего качества для настольных мониторов. Эти дисплеи имеют разрешение и яркость, которые полностью соответствуют качеству марки Planar. Технология StereoMirror позволяет получить отличные изображения для таких применений, как космическая аэро- и фотограмметрия, интроскопия в медицине, вычислительная химия, сложное моделирование визуальных отображений и компьютерные игры.

В модели SD1710 используется два 17-дюймовых AMLCD-монитора с разрешением SXGA (1280x1024 пикселей). Технология StereoMirror обеспечивает полное разрешение 1,3 мегапикселя для получения качественного стереоизображения.

StereoMirror обеспечивает беспрецедентный уровень комфорта визуального отображения. Немерцающий режим работы позволяет следить за картинкой в расширенном стереорежиме. За изображением на мониторе могут одновременно наблюдать множество пользователей – сидящих или стоящих. Здесь нет "зон наилучшего восприятия", ограничивающих об-

ласть просмотра стереоизображений, и нет необходимости работать в темном помещении. Монитор имеет достаточную яркость для работы при нормальном офисном освещении.

Изделия серии SD могут использоваться при помощи большого числа приложений Windows, DirectX или OpenGL, поддерживающих стереорежим. Новые дисплеи совместимы с рядом доступных для приобретения графических плат. Информация для левого и правого глаза передается в соответствующий монитор непосредственно через интерфейс DVI. При этом не требуется дополнительного оборудования или обработки данных.

Основные достоинства монитора SD1710: немерцающее высококонтрастное изображение; монитор пригоден для использования без затемнений; время электрооптического отклика 12 мс; широкий угол обзора, возможно наблюдение изображения несколькими наблюдателями; совместим со стандартными графическими платами; режим "plug and play" с большим числом приложений OpenGL и DirectX, которые поддерживают стереорежим; используются простые поляризационные очки; изделия легко преобразуют изображение из стерео/3D в стандартное 2D.

[Http://www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)