

Начало этапа обучения определяется началом загрузки слитков в МНП, а управление адаптивной системы происходит в процессе тепловой обработки материала. Для каждой марки стали коэффициенты  $b_i(N)$ ,  $c_j(N)$  имеют стохастический характер. То есть амплитуда ненаблюдаемых коэффициентов также случайна и устанавливается на протяжении времени нагрева  $T_{sl}$  для каждой партии заготовок. Следовательно, имеется возможность подстраивать коэффициенты модели нагрева заготовки при помощи внутреннего контура управления (рис.2).

Амплитуда изменения коэффициентов имеет вид:

$$\begin{cases} c_j(N+1) - c_j(N) = \beta_j(N); \\ b_i(N+1) - b_i(N) = \delta_i(N); \\ \beta_j(N), \delta_i(N), N \in (0,1) \end{cases} \quad (3)$$

Отметим, что разброс коэффициентов изменяется в зависимости от марки стали. При контроле качества заготовки металла допускается стационарность дисперсии коэффициентов.

Тогда уравнение работы МНП в соответствии с (1) примет вид:

$$y(N) = \sum_{i=1}^m b_i(N) f_i(N) + \sum_{j=1}^n c_j(N) y_j(N-j) + z(N) \quad (4)$$

Уравнение (4) можно записать в векторной форме:

$$y(N) = X^T(N)Q(N), \quad (5)$$

где  $X^T(N) = (b_1(N) \dots b_i(N), c_1(N) \dots c_j(N))$  – оцениваемый вектор коэффициентов МНП.

При изменении сортамента стали используют прогнозные модели [2]:

$$y^{\wedge}(N) = M^T(N-1)Q^{\wedge}(N), \quad (6)$$

где  $M^T(N-1) = (b_1(N-1) \dots b_i(N-1), c_1(N-1) \dots c_j(N-1))$  – вектор коэффициентов модели нагрева слябов в МНП;

$Q^{\wedge}(N)$  – вход модели МНП;

$y^{\wedge}(N)$  – оценка выхода МНП.

Критерий качества нагрева слябов на выходе МНП, используемый в системе управления (рис. 2), не учитывает всех составляющих заготовки на выходе из томильной зоны МНП и должен учитываться на ранних этапах технологическим. Таким образом, в адаптивной системе управления этот недостаток должен учитываться внешним контуром.

#### Перечень ссылок

1. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер с англ. И. М. Макарова – М.: Мир, 1984. – 541с., ил.
2. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей производства. – М.: Энергия, 1975. – 172 с.
3. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления: Питер, 2004. – 256с.:ил.

## ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ

**Петрова Е.Э., магистр; Приходченко Б.В., аспирант; Тарасюк В.П., доц., к.т.н.**  
(Донецкий национальный технический университет, г.Донецк, Украина)

*В статье рассмотрены особенности протекания биологического этапа технологического процесса очистки сточных вод в аэротенках. Предложено использовать нейронную сеть с*

использованием элементов нечеткой логики как основу для построения АСУТП биологической очистки сточных вод.

**Введение.** В условиях постоянного развития производственных мощностей и экономики, когда человечество вовлекает в свои производственные и хозяйственные нужды более половины запасов пресных вод, проблема сохранения качества воды становится чрезвычайно актуальной. Известно, что главным источником загрязнения водной среды являются сточные воды. Основная их масса в Донецкой области, равно как и на всей территории Украины (около 80% от общего объема очищенной воды) очищается на биологических очистных сооружениях, которые являются мощным защитным экраном.

В настоящее время более 70% станций очистки сточных вод (ОСВ) в нашей стране работают неэффективно по причине морального и физического износа оборудования, недостаточного уровня автоматизации и недостаточной квалификации персонала, вследствие недостатка данных для принятия решений. Это вызвано тем, что ряд значений параметров трудно определяемы из-за отсутствия соответствующих измерительных средств.

Повышение эффективности управления ОСВ может быть достигнуто за счет автоматизации управления на этапах наблюдения, сбора, обработки и анализа информации средствами пакетов математического анализа данных, внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

### Основная часть.

Аэротенк представляет собой прямоугольный резервуар, разделенный продольными перегородками на отдельные коридоры, по которым иловая смесь протекает от входа в аэротенк к выходу из него при постоянном перемешивании и обогащении кислородом воздуха. Схема реализации процесса биологической очистки сточных вод в аэротенке промежуточного типа представлена на рис. 1. Основные параметры процесса биологической очистки должны быть взаимосвязаны между собой, а именно: объем аэротенков, количество и окисляемость загрязняющих веществ в сточных водах, время контакта сточных вод с активным илом. Окисление органических загрязняющих веществ в аэротенках происходит за счет жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, образующих хлопьевидные скопления – активный ил. Часть органических веществ, непрерывно поступающих со сточными водами, окисляется, а другая обеспечивает прирост бактериальной массы активного ила.

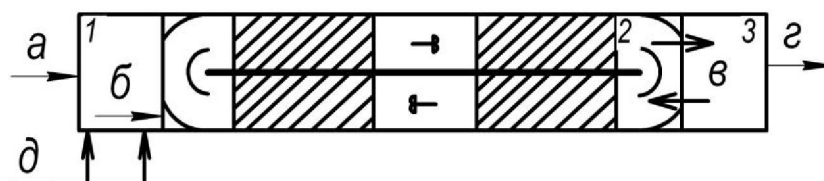


Рисунок 1 - Схема реализации процесса биологической очистки сточных вод в аэротенке: 1 - первичный отстойник; 2 - биореактор; 3 - вторичный отстойник; а –ступающая сточная вода; б - осветленная сточная вода; в - возвратный ил; г – очищенная сточная вода; д - реагент ( $FeCl_3$ ); заштрихованная часть - зона переменной аэрации.

Наиболее важными факторами, влияющими на развитие и жизнеспособность активного ила, а также на качество биологической очистки, являются: температура, наличие питательных веществ, содержание растворенного кислорода в иловой смеси, значение  $pH$ , присутствие токсинов [1]. Влияние этих факторов на процесс биологической очистки является доминирующим. Удовлетворительная работа аэротенков в значительной степени определяется также технологическим режимом эксплуатации, где основное значение имеют:

- оптимальное соотношение между концентрацией загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, и рабочей дозой активного ила по массе (при уменьшении дозы ила возникает эффект повышения нагрузки и снижения качества очистки, при увеличении дозы затрудняется эффективное разделение ила и очищенной воды во вторичных отстойниках);
- необходимое время контакта загрязненных сточных вод с активным илом;

- достаточная аэробность системы [2].

Для поддержания заданного эксплуатационного режима компьютерная система управления технологическим процессом очистки сточных вод должна иметь в своем составе достаточно сложный механизм принятия решения, что делается возможным только с использованием стратегического подхода к преодолению локальных неопределенностей в задаче управления, который всегда классифицировался в качестве основного критерия уровня интеллектуального развития человека. Следовательно, единственным способом достичь высокой степени автоматизации объекта является использования стратегического подхода к управлению объектом.

Искусственная нейронная сеть является наиболее эффективным методом решения там, где традиционные вычисления трудоемки или физически неадекватны. В нашем случае нейронная сеть будет использована для того, чтобы на базе анализа определенных параметров технологического процесса (температура сточных вод, количество и окисляемость загрязняющих веществ в них, количество и состояние активного ила) прогнозировать значение оптимального уровня концентрации кислорода в сточных водах (регулируется нагрузкой аэраторов) и оптимальное время аэрации (регулируется заслонкой во вторичный отстойник). Такую сеть можно отнести к классу гибридных, так как формально по структуре она идентична многослойной нейронной сети с обучением, например, по алгоритму обратного распространения ошибки, но скрытые слои в ней будут соответствовать этапам функционирования нечеткой системы [3].

Данная нейронная сеть должна содержать следующие слои:

- 1-й слой нейронов выполняет функцию введения нечеткости на основе заданных функций принадлежности входов;
- 2-й слой отображает совокупность нечетких правил;
- 3-й слой выполняет функцию приведения к четкости.

Каждый из описанных выше слоев характеризуется набором параметров (параметры функций принадлежности, нечеткие решающие правила, активационных функции, веса связей), настройка которых производится, так же, как и в обычных нейронных сетях [4].

**Выводы.** Нейронная сеть с использованием элементов нечеткой логики, как система управления технологическим процессом биологической очистки сточных вод способна на базе анализа следующих параметров технологического процесса (температура сточных вод, количество и окисляемость загрязняющих веществ в них, количество и состояние активного ила) формировать управляющие сигналы для исполнительных механизмов (аэраторы, заслонки, и в случае необходимости нагреватели). Корректность её работы будет зависеть от компетентности специалистов и разработчиков, привлекаемых для формирования функций принадлежности и правил работы системы.

Использование предложенного подхода существенно повышает степень автоматизации технологического процесса и обеспечивает качественное, максимально обоснованное и своевременное формирование управляющих сигналов. Создание компьютерной информационно-измерительной системы очистки сточных вод позволит также минимизировать нагрузку и затраты на обслуживающий персонал, оптимизировать затраты на электроэнергию и продлить срок жизни активного ила.

#### Перечень ссылок

1. С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. Водоотведение и очистка сточных вод – М.: Стройиздат 1996, с.588-594.
2. М.П. Лапицкая. Очистка сточных вод (примеры расчетов) – Минск: Высшая школа, 1983, с. 132-145.
3. В. С. Медведев, В.Г. Потемкин. Нейронные сети Matlab 6 – М.: Диалог МИФИ 2002.– 490 с.
4. Саймон Хайкин. Нейронные сети полный курс – Вильямс 2008 – 1104 с