

**Секция 1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 504.064

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ТРЕНДОВ**

**Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И.**

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова  
Ижевск, Российская Федерация*

В условиях загрязнения природных водоемов изыскание более действенных средств контроля качества воды принимает первостепенное значение. Контроль, осуществляемый в режиме реального времени с помощью автоматических приборов, способствует более быстрому принятию решений и проведению мероприятий по устранению неблагоприятных воздействий на источники водоснабжения населения и проводится путем прямого измерения величин концентрации загрязнений с помощью определенных датчиков.

В процессе контроля, задача распознавания (классификации) уровней загрязнения заключается в отнесении объекта к тому или иному классу на основе прецедентной информации, заданной совокупностью объектов с известной классификацией. Объекты представлены своими признаковыми описаниями и могут быть представлены в самом разном виде (состояние, ситуация, процесс и т.д.).

Характерной чертой задачи распознавания является то, что решение о классификации уровня состояния необходимо принять на основе неформализованной, неполной, косвенной, разнородной, иногда противоречивой информации. Применение алгоритма распознавания позволяет прогнозировать негативные последствия и принимать адекватные решения для минимизации рисков и ущерба.

На основании изложенного, система мониторинга состояния сточных вод должна обладать следующими характеристиками:

- иметь многоуровневую иерархическую структуру;
- обеспечивать непрерывную информацию об изменении ключевых параметров состояния взаимодействующих водных сред;
- использовать многосенсорный бесконтактный подход с применением современных дистанционных, оптоэлектронных технических средств и методов;
- быть экономически эффективной и основанной преимущественно на отечественных комплектующих и технологиях.

Модификация системы мониторинга состояния сточных вод включает в себя  $N+1$  датчик,  $N+1$  блок обработки, и соответственно  $N+1$  отвод и блок утилизации. Устройство разделяет все загрязняющие жидкости в разные резервуары, не давая им смешиваться. Таким образом, нет никакой опасности для предприятий, на которых

содержатся опасные и взаимодействующие жидкости. Эффективность работы устройства повышается за счет уменьшения времени распознавания загрязнения на каждом датчике вследствие увеличения их количества и уменьшения диапазона оптической плотности.

На рисунке 1 приведена структурная схема системы мониторинга состояния сточных вод.

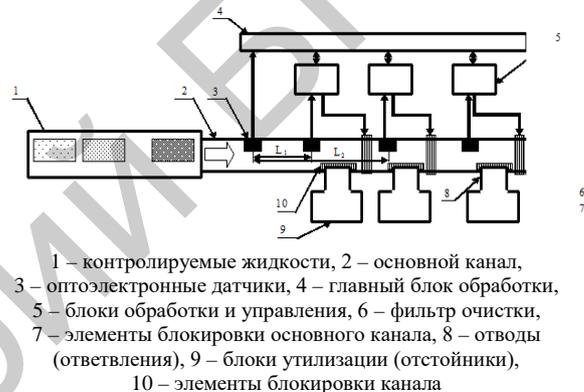


Рисунок 1 – Структурная схема системы длительного мониторинга состояния сточных вод

Система мониторинга состояния сточных вод работает с  $N+1$  типом загрязнений, где первое состояние – фоновое загрязнение. Она содержит канал 2 движения контролируемой среды (трубопровод), оптоэлектронные датчики 3, состоящие как минимум из одного источника и одного приемника излучения. С каждым из датчиков связаны блоки обработки и управления 5, а каждый блок обработки и управления связан с главным блоком обработки 4. От канала 2 отходят ответвления (отводы) 8, расположенные после каждого оптоэлектронного датчика. Элементы 7, 10 блокировки движения контролируемой среды (задвижки) установлены в канале 2 и отводах 8 соответственно. Управляющие входы элементов 7 и 10 соединены с выходами блоков обработки и управления 5. На выходе канала движения контролируемой среды установлен фильтр очистки 6, а на выходе каждого отвода 8 – блок утилизации 9 (резервуар, отстойник) загрязненной контролируемой среды [1].

Рассматриваемое устройство устранения аварийной ситуации представляет собой систему из  $N+1$  датчиков ( $n=0..N$ ), на каждом из которых происходит процесс распознавания загрязнения. Каждый датчик № $n$  ( $n=0..N$ ) характеризуется

своим диапазоном оптической плотности  $[P_{n_{\min}}; P_{n_{\max}}]$ , поэтому тип жидкости №n идентифицируется только датчиком №n. Заметим, что датчики №0 и №N являются вспомогательными: нулевой – для дальнейшего подсчета с учетом тренда фонового уровня загрязнения, последний – для сброса всех неидентифицируемых жидкостей. Их диапазоны являются максимальными и равны между собой.

Формализованный вид аварийных ситуаций для датчика №n представлен в системах неравенств, соответственно.

Первая ситуация: уровень загрязненности резко повысился и поддерживается в течение длительного времени

$$\begin{cases} \alpha_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \alpha_2 : S_{n_{\min 1}} \leq S_{n_i} \leq S_{n_{\max 1}}, \\ \alpha_3 : T_{n_{\min 1}} \leq T_{n_i} \leq T_{n_{\max 1}}. \end{cases} \quad (1)$$

Вторая ситуация: уровень загрязненности колеблется, то возрастая, то убывая

$$\begin{cases} \beta_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \beta_2 : S_{n_{\min 2}} \leq \sum_{l=1}^k S_{n_l} + S_{n_i} \leq S_{n_{\max 2}}, \\ \beta_3 : T_{n_{\text{уср}2}} \leq T_{n_l}, l \in [1, k], \\ \beta_4 : T_{n_{\min 2}} \leq \sum_{l=1}^k T_{n_l} + T_{n_i} \leq T_{n_{\max 2}}. \end{cases} \quad (2)$$

Третья ситуация: уровень загрязненности периодически меняется с высокого на нормальный, с нормального – на высокий

$$\begin{cases} \gamma_1 : P_{n_{\min}} \leq P_i \leq P_{n_{\max}}, \\ \gamma_2 : S_{n_{k \min}} \leq S_{n_k} \leq S_{n_{k \max}}, \\ \gamma_3 : S_{n_{\min 3}} \leq \sum_{l=1}^k S_{n_l} + S_{n_i} \leq S_{n_{\max 3}}, \\ \gamma_4 : T_{n_{\text{уср}3}} \leq T_{n_l}, l \in [1, k], \\ \gamma_5 : T_{n_{\min 3}} \leq \sum_{l=1}^k T_{n_l} + T_{n_i} \leq T_{n_{\max 3}}. \end{cases} \quad (3)$$

Для примера на рисунке 2 приведена временная диаграмма начала аварии для сплошного загрязнения.

Пункт 1 – оптоэлектронный датчик №0 уловил превышение оптической плотности контролируемой среды. Далее происходит слежение за длительностью и площадью предполагаемого загрязнения. Чтобы удостовериться в наличии загрязняющей жидкости, требуется время  $T_{\min}$  (пункт 2).

Если по истечении этого интервала данные о загрязнении (оптическая плотность, площадь) подтвердили его наличие, то наблюдение за ним

продолжится. Если же при прохождении интервала произошел спад значений параметров на фоновый нормальный уровень, слежение прекращается и возобновляется безаварийный режим.

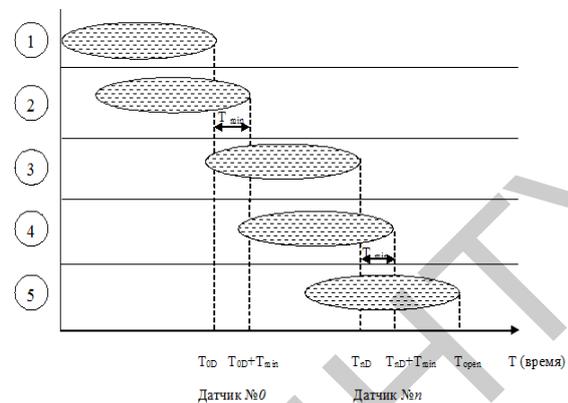


Рисунок 2– Временная диаграмма начала аварии

Пункт 3 – оптоэлектронный датчик №n уловил превышение оптической плотности контролируемой среды. Распознавание загрязнения пойдет аналогично первому датчику. При подтверждении наличия сгустка на датчике №n (пункт 4), устройство определяет расчетные параметры.

Пункт 5 – начинает открываться заслонка в ответвлении и одновременно начинает закрываться заслонка основного канала. Далее загрязнение отправляется в блок утилизации.

С использованием аналитических выражений и временных диаграмм разработаны блок-схема автоматизации устранения аварийных сбросов, функциональная схема, изготовлена лабораторная система мониторинга состояния сточных вод для выделения антропогенных факторов на фоне естественных природных трендов, разработана технология применения установки.

Проведенные исследования показали, что при проектировании систем управления аварийными сбросами в технологическом процессе очистки сточных вод и промышленных стоков, для успешного выявления и устранения аварийных ситуаций необходимо с помощью разработанных теоретических и методических основ учитывать фоновые значения загрязнений, тренд их изменения, существование корреляционных связей между оптической плотностью и другими параметрами, характеризующими содержание и виды загрязнений.

1. Патент №153362 РФ на полезную модель. МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Девятов Н.А., Юран С.И., Усольцев В.П. – Заявка на полезную модель 2014141487. – Дата подачи заявки: 14.10.2014. Опубликовано: 20.07.2015. Бюл. № 20.