

Белов А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

### Обоснование периода дискретизации при формировании математической модели временных рядов данных в системе экологического мониторинга.

В современных системах мониторинга выбросов загрязняющих веществ применяются разнообразные одно- и многокомпонентные датчики загрязняющих веществ, минимально возможный период опроса которых может составлять несколько миллисекунд. Например, в датчиках токсичных и взрывоопасных газов фирмы Detcon, таких как FP-700 или IR-700 программное время опроса устанавливается равным 10 мс. При сборе информации с такой временной задержкой неизбежна высокая избыточность полученной информации, что негативно отразится на дальнейшей обработке полученных данных и интерпретации результатов анализа. В связи с этим встает задача выбора оптимального периода дискретизации сбора данных с датчиков газов, включающая:

1) Анализ дублирования значений уровней газовых концентраций с учетом программного выбора частоты и периодичности опроса датчиков.

2) Формирование временных табличных функций и построение графиков по каждому из анализируемых компонентов с учетом оптимальной частоты сбора, полученной в п.1.

3) Аппроксимация полученных табличных функций степенными полиномами n-го порядка (порядок полинома определяется требованием к погрешности аппроксимации) и формирование графиков аппроксимирующих полиномов.

4) Формирование амплитудного спектра сигнала с применением преобразования Фурье, который позволяет получить верхнюю частоту спектра рассматриваемого ряда концентраций газообразных загрязняющих веществ.

5) Расчет оптимального периода дискретизации в соответствии с теоремой Котельникова.

Для обеспечения возможности формирования алгоритмов анализа, обработки и дальнейшего прогнозирования данных была получена абстрактная математическая модель временного ряда, с применением математического аппарата вейвлет - анализа.

Временной ряд  $x(t_k)$  представляется суммой двух компонент – сигнала о текущем уровне концентрации загрязняющего вещества с датчика и некоторой флуктуации:

$$x(t_k) = u(t)_k + \xi_k, \quad (1)$$

где  $u(t)_k$  - уровень сигнала с газового датчика;  $\xi_k$  - случайная флуктуация сигнала.

Сигнал  $x(t_k)$  на первом уровне вейвлет-обработки можно представить разложенным на множество  $V^m$  аппроксимирующих коэффициентов и множество  $W^m$  детализирующих коэффициентов. Таким образом, с применением скейлинг ( $\varphi$ ) и вейвлет ( $\psi$ ) функций формируются коэффициенты 1-го уровня разложения: аппроксимирующие  $C_1$  и детализирующие  $d_1$ :

$$C_1 = \frac{1}{p} \cdot (u(t)_k + \xi_k) \cdot \varphi_1(2t - k); \quad d_1 = \frac{1}{p} \cdot (u(t)_k + \xi_k) \cdot \psi_1(2t - k), \quad (2)$$

где  $p$  - коэффициент ортонормирования.

Далее аналогичное разложение происходит лишь с множеством аппроксимирующих коэффициентов предыдущего  $i$ -го уровня разложения.

$$C_{i+1} = \frac{1}{p} \cdot C_i \cdot \varphi_{i+1}(2^{i+1}t - k), \quad d_{i+1} = \frac{1}{p} \cdot C_i \cdot \psi_{i+1}(2^{i+1}t - k) \quad (3)$$

Таким образом, математическая модель экспериментального временного ряда концентраций при вейвлет-разложении до уровня  $n$  может быть представлена в виде:

$$x_k = \frac{1}{p} [(u(t)_k + \xi_k) \cdot \psi_1(2t - k)] + \sum_{i=1}^n (C_i \cdot \psi_{i+1} \cdot (2^{i+1}t - k)) + C_n \cdot \varphi_n \cdot (2^n t - k). \quad (4)$$