

УДК 681.3

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК У ВОДІ

Погребенник В.Д., Політило Р.В., Романюк А.В., Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

Отримано залежність методичної похибки визначення загальної концентрації домішок у водному середовищі і на цій основі мінімізовано сумарну похибку вимірювання комп'ютерних ультразвукових ІВС

Ключові слова: домішки у воді, загальна концентрація, методична похибка

Вступ. Постановка проблеми

Оперативний моніторинг водного середовища передбачає спостереження у реальному часі за параметрами окремих об'єктів у районах аварій і зонах надзвичайної екологічної ситуації, а також прийняття рішень щодо їх ліквідації.

Відомі зараз інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) контролю вод [1-4] мають низьку оперативність, часову та просторову роздільну здатність, точність, чутливість та надійність. Все це зумовлює необхідність розроблення автоматизованих ІВС з покращеними метрологічними характеристиками для оперативного визначення параметрів водного середовища.

На даний час кількість забруднювальних речовин у воді досягає сотень тисяч. Селективні вимірювальні засоби можуть визначати лише один компонент забруднення. Тому для оперативного визначення стану водного середовища доцільно використовувати інтегральні параметри. Критерієм забруднення є загальний вміст неорганічних та органічних домішок у воді.

Постановка задачі

У праці [5] введено новий інтегральний інформативний параметр – загальну концентрацію домішок у воді та розроблено новий інваріантний до температури метод її визначення, який передбачає вимірювання параметрів ультразвукових сигналів у еталонному та досліджуваному середовищах.

У статті [6] описано метод підвищення точності ультразвукової інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для оперативного екологічного моніторингу водного середовища, в основу якого покладено вимірювання часових параметрів ультразвукових багаторазово відбитих сигналів у двох еталонних та досліджуваному середовищах.

Структурну схему ультразвукового каналу ІВС [2] наведено на рис. 1. Концентратомір працює так. Імпульси з частотою відліків f_0 запускають генератор зондування 6. Електричний імпульс зондування через комутатори 3 і 3' надходить на обернені акустичні перетворювачі 2, 2' і 2'', які перетворюють його в акустичні імпульси. Ці імпульси поширюються в досліджуваному та двох еталонних середовищах на базі L , багаторазово відбиваються від відбивачів 1, 1', 1'' і обернених акустичних перетворювачів 2, 2' і 2'', поступово загасають за амплітудою.

Кожного разу при відбиванні від перетворювачів 2, 2', 2'' частина енергії звукового імпульсу перетворюється в електричні сигнали, які через комутатори 3, 3', 3'' надходять на входи схеми вимірювання часових інтервалів 4 та часу поширення

звуку в еталонному середовищі 5. На виході блоків 4 та 5 формуються часові інтервали T_x і T_e , які визначають лічильниками імпульсів 8 і 8', куди надходять імпульси еталонної частоти f_0 з генератора 7. Ці дані заносять у мікроконтролер 9.

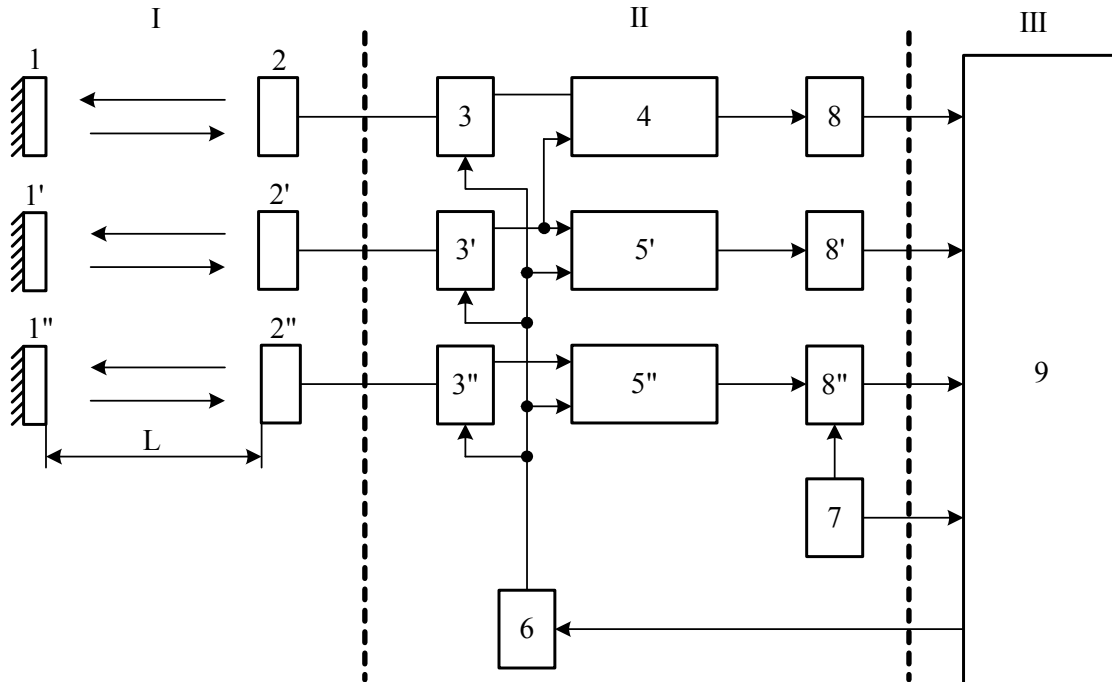


Рис. 1. Структурна схема акустичного каналу, де: 1, 1', 1'' - відбивачі; 2, 2', 2'' - акустичні сенсори; 3, 3', 3'' - комутатори; 4 - блок вимірювання часових інтервалів; 5' і 5'' - блоки вимірювання часу поширення звуку в еталонних середовищах; 6 - генератор зондування; 7 - кварцовий генератор; 8, 8', 8'' - лічильники; 9 - мікроконтролер

$$C_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha} \lg \left(\frac{T_v - T_2}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_1} + \frac{T_1 - T_v}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_2} \right). \quad (1)$$

У (1) концентрація C_{Σ} не залежить від a_0 і a_1 і є функцією тільки часових інтервалів T_v , T_1 і T_2 , виміряних за короткий інтервал часу, і концентрацій C_1 і C_2 , відомих з високим ступенем точності. Алгоритм (2.28) реалізується вбудованою мікро-ЕОМ, в яку надходять часові інтервали T , T_1 і T_2 , а параметри α , C_1 і C_2 вводяться вручну. Мікроконтролер обчислює загальну концентрацію C_{Σ} і подає її значення у цифровій формі на персональний комп'ютер.

Метою роботи є аналіз методичної похибки вимірювання загальної концентрації домішок у воді.

Аналіз методичної похибки вимірювання загальної концентрації домішок у воді

Візьмемо повний диференціал виразу (1), у результаті отримаємо

$$dC = \frac{\partial C}{\partial T_1} dT_1 + \frac{\partial C}{\partial T_2} dT_2 + \frac{\partial C}{\partial T_v} dT_v =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\lg e}{\alpha} \frac{1}{\left(\frac{T_v - T_2}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_1} + \frac{T_1 - T_v}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_2} \right)} \frac{T_v - T_2}{(T_1 - T_2)^2} (10^{-\alpha C_2} - 10^{-\alpha C_1}) dT_1 + \\
 &+ \frac{\lg e}{\alpha} \frac{1}{\left(\frac{T_v - T_2}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_1} + \frac{T_1 - T_v}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_2} \right)} \frac{T_v - T_1}{(T_1 - T_2)^2} (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2}) dT_2 + \quad (2) \\
 &+ \frac{\lg e}{\alpha} \frac{1}{\left(\frac{T_v - T_2}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_1} + \frac{T_1 - T_v}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_2} \right)} \frac{1}{(T_1 - T_2)} (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2}) dT_v
 \end{aligned}$$

Використовуючи (2) та перейшовши до приростів, отримаємо залежність відносної методичної похибки вимірювання загальної концентрації домішок у воді δ від середнього квадратичного відхилення σ_{T_v} , яка має вигляд

$$\begin{aligned}
 \delta = \Delta C / C \cdot 100 = 100 \cdot \left\{ \lg e \left[\frac{1}{\left((T_v - T_2) 10^{-\alpha C_1} + (T_1 - T_v) 10^{-\alpha C_2} \right) (T_1 - T_2)} (10^{-\alpha C_2} - 10^{-\alpha C_1}) \Delta T_1 \right] + \right. \\
 + \left[\frac{1}{\left((T_v - T_2) 10^{-\alpha C_1} + (T_1 - T_v) 10^{-\alpha C_2} \right) (T_1 - T_2)} (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2}) \Delta T_2 \right] + \\
 + \left. \left[\frac{1}{\left((T_v - T_2) 10^{-\alpha C_1} + (T_1 - T_v) 10^{-\alpha C_2} \right)} (10^{-\alpha C_1} - 10^{-\alpha C_2}) \Delta T_v \right] \right\} / \lg \left(\frac{T_v - T_2}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_1} + \frac{T_1 - T_v}{T_1 - T_2} 10^{-\alpha C_2} \right) \quad (3)
 \end{aligned}$$

де ΔT_1 , ΔT_2 , ΔT_v – абсолютні похибки вимірювання часових інтервалів, відповідно, T_1 , T_2 , T_v .

Побудовано (рис. 2) залежності δ від σ_{T_v} при різних значеннях α та при $C_1=0,1$ та $C_2=0,9$. При $\alpha > 3$ та $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T_v = \Delta T = 10^{-3}$ похибка вимірювання концентрації не перевищує 5 % у діапазоні σ_{T_v} від 0,2 до 1. Зі зменшенням похибки $\Delta T = 10^{-4}$ та при $C_1=0,1$ та $C_2=0,9$ похибка вимірювання концентрації (рис. 3) не перевищує 1 % у діапазоні σ_{T_v} від 0,2 до 1. Зі зменшенням похибки $\Delta T = 10^{-5}$ та при $C_1=0,1$ та $C_2=0,9$ похибка вимірювання концентрації (рис. 4) не перевищує 0,12 % у діапазоні σ_{T_v} від 0,2 до 1. При розрахунку залежностей прийнято, що похибки вимірювання концентрацій C_1 і C_2 мають значення порядку 10^{-5} і тому ними можна знехтувати.

При використанні алгоритмічних методів підвищення точності, до яких відноситься і метод зразкових сигналів, через додаткові вимірювальні цикли може підвищуватися випадкова складова похибки, а також зменшується швидкодія ІВС, але у багатьох практичних випадках зменшення швидкодії ІВС не суттєво, а статистичним усередненням, що здійснюється тією ж мікро-ЕОМ, можна добитися зменшення і випадкової складової похибки.

Отже, використання додаткового вимірювального каналу та методу зразкових сигналів дає змогу зменшити на порядок похибки вимірювань концентрації рідин.

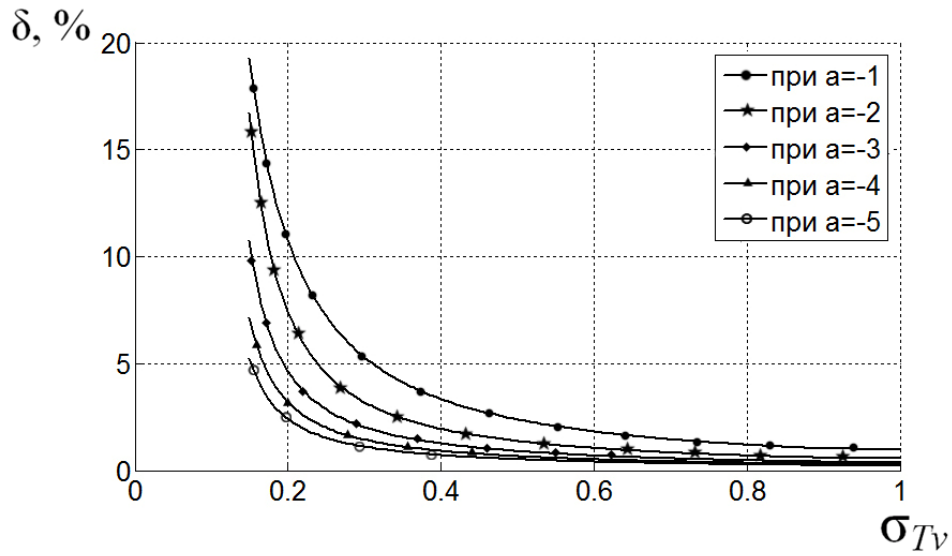


Рис. 2. Залежність δ від σ_{TV} при $\Delta_T = 10^{-3}$.

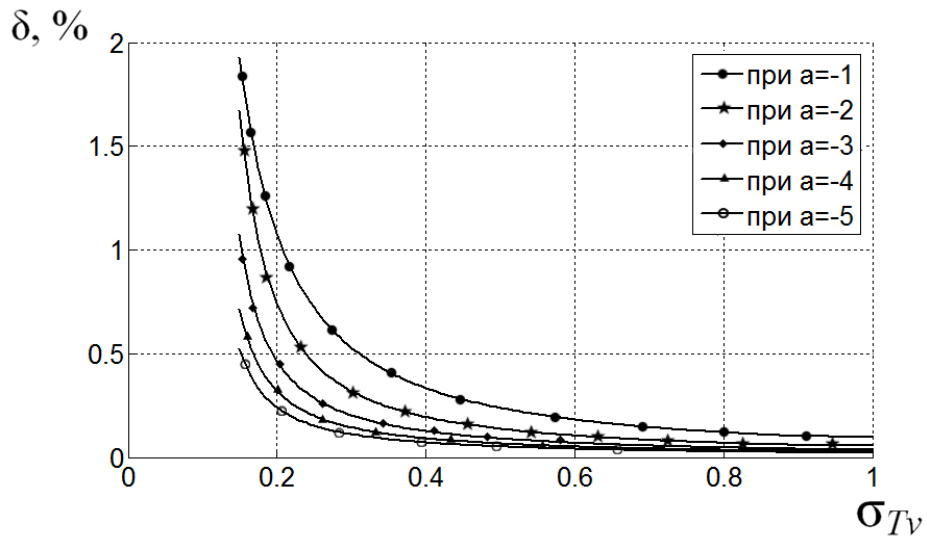


Рис. 3. Залежність δ від σ_{TV} при $\Delta_T = 10^{-4}$.

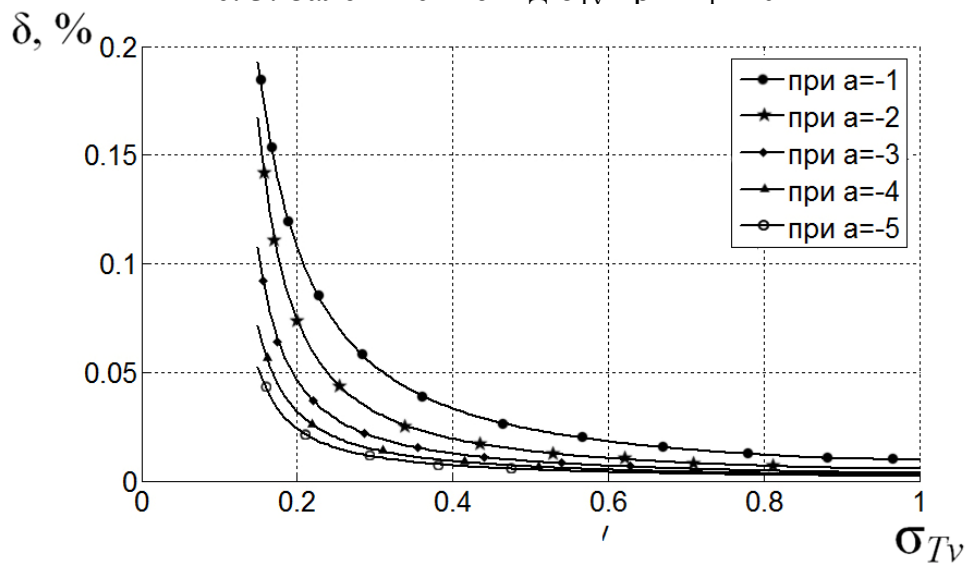


Рис. 4. Залежність δ від σ_{TV} при $\Delta_T = 10^{-5}$.

Якщо залежність між часовими параметрами та інтенсивністю випромінювання нелінійна, то її апроксимують лінійними ділянками, ІВС буде мати тоді $K+1$ каналів, де K – число ділянок кусково-лінійної апроксимації.

Висновки

Отримано залежність методичної похибки визначення загальної концентрації домішок у водному середовищі і на цій основі мінімізовано сумарну похибку вимірювання комп'ютерних ультразвукових ІВС.

На основі отриманих теоретичних результатів доцільно розробити методику проектування багатоканальної комп'ютерної ІВС визначення параметрів водного середовища, що дасть змогу автоматизувати роботу, розширити її функціональні можливості, підвищити точність вимірювань, організувати передавання даних на ЕОМ, суттєво зменшити розміри та масу апаратури.

Література

1. Зарубежные аналитические приборы для контроля загрязнений // Обзорная информация: Приборы, средства автоматизации и системы управления. Серия ТС-4 “Аналитические приборы и приборы для научных исследований”. – М.: Информприбор, 1989.-Вып. 3.- 49 с.
2. Зорі А.А., Корнеев В.Д., Хламов Н.Г. Методи, засоби, системи вимірювання і контролю параметрів водних середовищ. – Донецьк: РВА ДонДТУ, 2000. – 368 с.
3. Донец В.М. Особенности построения локальных автоматизированных систем контроля в водоохране // Моделирование и контроль качества вод. – Харьков, ВНИИВО, 1988.– С. 134–138.
4. Савенко Д.В., Донец В.М. Использование сигнализаторов для контроля загрязняющих веществ, индивидуальных и обобщенных параметров // Проблемы разработки автоматизированных систем наблюдения, контроля и оценки состояния окружающей среды. – Казань, 1983. – С. 147–148.
5. Погребенник В.Д. Методи і вимірювальні системи оперативного визначення інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів: дис. докт. техн. наук: 05.11.16. – Львів: Фізико-механічний інститут ім Г.В.Карпенка НАН України, 2002. – 382 с.
6. Погребенник В.Д., Романюк А.В. Підвищення точності ультразвукових інформаційно-вимірювальних систем для експрес-контролю параметрів рідин // Матеріали науково-технічної конференції до 40-річчя ДП ДНДІ «Система». – Львів: ДП ДНДІ «Система», 2008. – С. 109-112.

<p>Погребенник В.Д., Политыло Р.В., Романюк А.В. Анализ методической погрешности измерения общей концентрации примесей в воде.</p> <p>Получена зависимость методической погрешности измерения общей концентрации примесей в воде и на этом основании минимизировано суммарную погрешность измерения компьютерных ультразвуковых информационно-измерительных систем.</p> <p>Ключевые слова: примеси в воде, общая концентрация, методическая погрешность.</p>	<p>Pohrebennyk V.D., Politylo R.V., Romanjuk A.V. An analysis of methodical error of measuring of general concentration of admixtures is in water.</p> <p>Dependence of methodical error of measuring of general concentration of admixtures is got in water and the total error of measuring of the computer ultrasonic information measurings systems is minimized on that ground.</p> <p>Keywords: admixtures in water, general concentration, methodical error</p>
--	--

Надійшло до редакції
18 січня 2010 року