

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

УДК 621.317

СИНТЕЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

© Погребенник Володимир, Романюк Анатолій, 2008

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра захисту інформації,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Виконано синтез структурної схеми інформаційно-вимірювальної системи для екологічного моніторингу водного середовища.

Выполнен синтез структурной схемы информационно-измерительной системы для экологического мониторинга водной среды.

Synthesis of the block diagram informational-measuring system for ecological monitoring of the water environment it is executed.

Вступ. Прецизійні вимірювання стану водного середовища є надзвичайно складною проблемою, що охоплює такі взаємопов'язані аспекти: мету дослідження та структуру досліджуваних океанологічних полів, рівняння стану водного середовища, принципи вимірювань та метрологічної атестації, методи побудови ІВС, методи опрацювання результатів вимірювань та оцінки похибок відновлення. У неоднорідних середовищах, до яких належить і водне середовище, це і проблема динамічних вимірювань. Специфіка досліджень водного середовища полягає у тому, що дотепер прямими методами *in situ* можна виміряти не усі, а тільки деякі параметри, які характеризують його термодинамічний стан, зокрема температуру T , тиск P , питому електропровідність σ , швидкість звуку C та показник заломлення світла n . Але такі важливі параметри, як солоність S і густина ρ прямим методом з необхідною точністю *in situ* не вимірюються, а розраховуються на основі функціонально з ними пов'язаних параметрів.

Сьогодні у гідрографії основні відомості про стан водного середовища отримують за допомогою автоматизованих вимірювально-обчислювальних комплексів, основу яких становлять *CTD*-зонди, що вимірюють прямим методом параметри σ , T , P , на основі яких розраховуються густина, солоність та інші непрямі вимірювані елементи стану. Але *CTD*-зонди мають принципові недоліки, зумовлені інерційністю сенсора

температури, різними об'ємами просторового усереднення сенсорів температури та електропровідності та їхнім просторовим рознесенням.

Відомі нині інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) контролю вод мають низьку оперативність, часову та просторову роздільну здатність, точність, чутливість та надійність.

У працях [1–5] розроблено нову методологію побудови ІВС оперативного визначення інтегральних параметрів водного середовища, яка полягає у використанні лінійних та нелінійних ефектів взаємодії акустичних коливань з вказаними середовищами та введенні нових інформативних параметрів багаторазово відбитих сигналів, що є підставою для аналізу взаємодії вузлів систем з метою визначення усіх складових похибок, розроблення вимог до цих вузлів, а також синтезу їхніх структур. Введено новий інтегральний інформативний параметр C_{Σ} – загальну концентрацію домішок у воді, який дає змогу оперативно виявляти наявність та рівень забруднення, та вперше встановлено її зв'язок з параметрами акустичних коливань з урахуванням впливу основних термодинамічних параметрів – температури, тиску, швидкості звуку – і на цій підставі розроблено новий інваріантний до зміни температури акустичний метод оперативного вимірювання загальної концентрації речовин у воді, в основу якого покладено вимірювання часових та

амплітудних параметрів багаторазово відбитих сигналів в еталонному та досліджуваному середовищах, що дає змогу аналізувати неорганічні та органічні рідини, і створено засади побудови відповідних ІВС. Вперше отримано залежності нелінійного акустичного параметра від солоності та температури і показано, що використання цього параметра дає змогу підвищити більш як на порядок чутливість визначення загальної концентрації солей у воді.

Запропоновано [6] методологію побудови інформаційно-вимірювальних систем для екологічного моніторингу водного середовища, яка полягає в одночасному вимірюванні його інтегральних, селективних та гідрофізичних параметрів з прив'язкою до географічних координат.

Узагальнену структурну схему відбору інформації під час екологічного моніторингу водоймищ-охолоджувачів атомних електростанцій розроблено у [7]. Вона містить такі вимірювальні канали: загальної концентрації C_{Σ} домішок у воді (або її складової солоності S), вихрового компонента швидкості потоку $rot_z v$, компонентів течії v_x та v_y , визначення напрямку течії ϕ , температури T , питомої електропровідності σ та концентрацій компонентів водного середовища C_a , Mg , Cl .

Метою роботи є синтез структурної схеми ІВС для екологічного моніторингу водного середовища.

Синтез структурної схеми ІВС для екологічного моніторингу водного середовища. Розглянемо модель водного середовища, яке містить: привідний шар атмосфери, шарувате водне середовище та донні відклади. Водне середовище характеризується наявністю домішок і дрібномасштабних вихорів, а також швидкістю руху v_p . Для цієї моделі водного середовища проаналізовано математичні моделі забруднення та самоочищення водного середовища. На підставі аналізу цих моделей обґрунтовано вибір параметрів водного середовища.

Сутність цього підходу розглянуто на прикладі класів моделей водного середовища, які можна описати хвильовим рівнянням зі скалярною змінною. Але реальне середовище характеризується незворотним передаванням енергії його частинкам (дисипацією) та залежністю швидкості поширення хвилі від частоти (дисперсією). Це можна описати введенням додаткового лінійного члена.

При збуренні середовища його опис не зводиться до лінійних хвильових рівнянь, а з урахуванням нелінійних членів набуває вигляду:

$$\nabla^2 P = (1/c^2)(\partial^2 P / \partial t^2) + M_1(P) + M_2(P^2) + M_3(P^3) + \dots, \quad (1)$$

де ∇ – оператор Лапласа; P – тиск; c – швидкість звуку; M_i – лінійні оператори, які дають змогу описати нелінійні ефекти при поширенні хвиль у середовищі.

На базі розроблених моделей запропоновано засади створення ІВС для екологічного моніторингу водного середовища.

Операторне рівняння передавання, відбирання та перетворення інформації ІВС оперативного визначення параметрів водного середовища з урахуванням конструктивних параметрів має вигляд [7]

$$\begin{aligned} & [P_i \{C_a; S; T; pH; Eh; \gamma\}; P_c \{C_i\}; \\ & P_h \{v_x, v_y, v_z; c; rot v; H\}; P_g \{b; \phi\}] = \\ & = F\{t_1; t_2\} \{L, p, \alpha, z\} [D, K_a, K(\phi), K_0], \quad (2) \end{aligned}$$

де P_i – інтегральні параметри, зокрема, C_a – загальна концентрація домішок у воді; S – питома електропровідність; T – температура; pH – водневий показник; Eh – окисно-відновний потенціал; γ – нелінійний акустичний параметр; P_c – селективні параметри, зокрема, концентрації інгредієнтів C_i у привідному шарі атмосфери, водному середовищі та донних відкладах; P_h – гідрофізичні параметри, зокрема, v_x, v_y, v_z – компоненти швидкості течії, c – швидкість звуку; $rot v$ – вихровий компонент швидкості течії; H – рівень води; P_g – географічні координати, широта b та довгота ϕ ; L – база вимірювань; t_1, t_2, p, α – входні параметри, відповідно, часи проходження акустичних сигналів вздовж вимірювальної бази у протилежних напрямках або в еталонній та досліджуваній рідинах, тиск рідини і коефіцієнт поглинання; $D, K_a, K(\phi), K_0$ – конструктивні параметри, що враховують геометричні розміри сенсора, акустичні властивості водного середовища, діаграму спрямованості, взаємне розміщення сенсорів один щодо одного; z – величина, яка характеризує неточність моделі, до складу якої входять такі параметри: розкид чутливості акустичних сенсорів, роздільна здатність за частотою, швидкість потоку, наявність турбулентності тощо.

Як показано у [2], для вимірювання загальної концентрації домішок у воді C_{Σ} доцільно використати ультразвуковий метод і, відповідно, ультразвукові перетворювачі. Параметр C_{Σ} визначають із залежності

$$C_{\Sigma} = Lt_x/c(t_e t_d), \quad (3)$$

де L – відстань між поверхнями відбивань; t_e і t_d – часи поширення звуку в еталонному та досліджуваному каналах; $t_x = t_e - t_d$.

Особливістю вимірювання параметра C_{Σ} є використання багаторазово відбитих сигналів, що дає змогу визначити загальну концентрацію домішок у воді в реальному часі, незалежно від температури та тиску води, а також аналіз неорганічних та органічних рідин.

Для визначення низьких провідностей води використовують ємнісний перетворювач, який має найменшу нижню границю діапазону вимірювання питомої електричної провідності (0,01 См/м) і дає змогу оцінювати низькі концентрації солей у воді з похибкою 2...5 % за статичною чутливістю (10^{-3} ... 10^{-4} См/м). Йому також притаманні достатньо високі характеристики просторового усереднення (міра просторового усереднення 0,005...0,01 м).

Для вимірювання водневого показника pH , окисно-відновного потенціалу Eh доцільно використовувати сенсори на основі іоноселективних електродів.

Сенсори на основі іоноселективних електродів призначено для вимірювання водневого показника pH , та селективних параметрів C_i .

Визначення нелінійного акустичного параметра γ здійснено за допомогою вимірювання тиску p , густини ρ , швидкості поширення звуку C у середовищі, рівноважної швидкості звуку C_0 , ізотермічного коефіцієнта тиску $G = \partial C / \partial p$:

$$\gamma = 1 + 2\rho_0^2 G^2 p / \rho + 2\rho_0 G [(p/\rho)(1 + \rho_0^2 G^2 p / \rho)]^{0.5}. \quad (4)$$

Значення параметра γ для "звичайних" однорідних середовищ – газу, води, скла, плавленого кварцу тощо лежать у діапазоні від 3 до 10. Набагато більші його значення (до 10^3 – 10^4) спостерігаються для середовищ із "складною" структурою – води з пухирцями газу, пористих пластизолів, деяких земних порід, зернистих середовищ.

Для вимірювання селективних параметрів C_i доцільно використати іоноселективні електроди. Застосування сенсорів на основі іоноселективних електродів дає змогу за необхідності розширити перелік автоматично вимірюваних безпосередньо у середовищі речовин без змін системи.

Розроблено новий підхід одночасного визначення гідрофізичних параметрів водного середовища: вихрового компонента швидкості течії, компонентів швидкості звуку та течії, в основу якого покладено ультразвуковий метод [9].

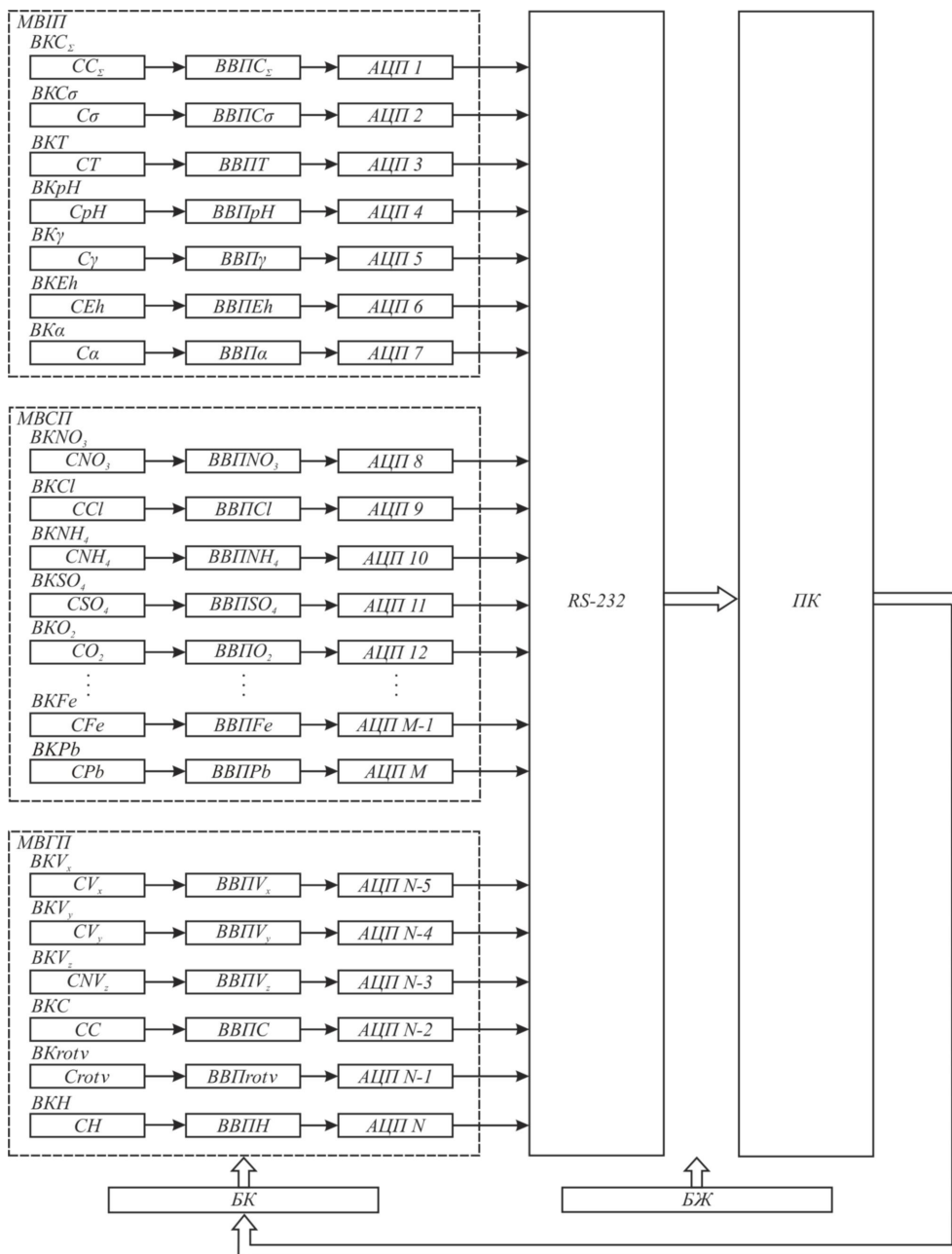
На підставі запропонованої методології авторами розроблено структурну схему інформаційно-вимірювальної системи для екологічного моніторингу водного середовища (див. рисунок).

Схема містить модуль вимірювання інтегральних параметрів МВІП, модуль вимірювання селективних параметрів МСІП, модуль вимірювання гідрофізичних параметрів МВГП, інтерфейс RS-232, персональний

комп'ютер ПК, блок керування БК та блок живлення БЖ. МВІП містить такі вимірювальні канали: загальної концентрації C_{Σ} домішок у воді BKC_{Σ} , питомої електропровідності BKS , температури T BKT , водневого показника pH $BKpH$, нелінійного акустичного параметра γ $BK\gamma$, окисно-відновного потенціалу Eh $BKEh$, показника світлопропускання α $BK\alpha$. МВСП містить вимірювальні канали: нітратів $BKNO_3$, хлоридів $BKCl$, амонію NH_4 $BKNH_4$, сульфатів SO_4 $BKSO_4$, кисню O_2 BKO_2 , заліза Fe $BKFe$, свинцю Pb $BKPb$. МВГП містить вимірювальні канали: компонентів течії v_x , v_y , v_z – BKv_x , BKv_y , BKv_z , швидкості звуку C BKC , вихрового компонента швидкості потоку $rotv$ $BKrotv$, глибини H BKH . Кожний з вимірювальних каналів містить сенсор C , вторинний вимірювальний перетворювач $BВІП$ та аналого-цифровий перетворювач $АЦП$. Отримані дані надходять через інтерфейс у банк даних і систему прийняття рішення на основі персонального комп'ютера ПК. Дані спостережень за відповідними розробленими алгоритмами порівнюють з даними, які містяться у банку моделей, і система прийняття рішення надсилає інформацію у систему керування станом середовища, яка приймає відповідні управлінські рішення. Зазначимо, що система прийняття рішення та керування станом водного середовища, банки даних і моделей становлять експертну систему, що є новим кроком у розробленні нових інформаційних технологій.

Висновки. Синтезовано структурну схему інформаційно-вимірювальної системи для екологічного моніторингу водного середовища, яка дає змогу одночасно вимірювати його інтегральні, селективні та гідрофізичні параметри з прив'язкою до географічних координат.

1. Погребенник В.Д. Інформаційна модель ультразвукового зондування водного середовища // *Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів.* – Київ–Львів: ФМІ НАН України. – 2002. – Вип. 7. – С. 68–73. 2. Погребенник В.Д. Оптимізація вибору параметрів ультразвукового концентратоміра рідин // *Відбір і обробка інформації.* – Львів. – 1999. – № 13. – С. 101–10 3. Погребенник В.Д. Підвищення точності та завадостійкості вимірювання часових параметрів ультразвукових сигналів // *Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів.* – Київ–Львів: ФМІ НАН України. – 2000. – Вип. 5. – С. 43–48. 4. Погребенник В.Д., Михалина І.А. Автоматичний експрес-контроль концентрації водних розчинів // *Фізико-хімічна механіка матеріалів.* – 1997.



Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи

– № 5. – С. 123–129. 5. Погребенник В.Д., Юзевич В.М., Сопрунюк П.М., Червінка О.О., Червінка Л.Є. Діагностика водних розчинів з допомогою нелінійних акустичних ефектів // Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів. – Київ–Львів. – 2001. – Вип. 6. – С. 60–64. 6. Ромась М. І. Гідрохімія водних об'єктів атомної і теплової енергетики // Автореф. дис. д-ра геогр. наук 11.00.07. – К., 2003. – 34 с. 7. Погребенник В.Д., Романюк А.В. Методологія побудови інформаційно-вимірювальних систем для екологічного моніторингу водного середовища // Матеріали Міжнародної

науково-практичної конференції “Обробка сигналів і негауссівських процесів”. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – С. 227–229. 8. Дудикевич В. Б., Погребенник В.Д., Сопрунюк П. М., Романюк А. В. Інформаційна система екологічного моніторингу водоймищ-охолоджувачів атомних електростанцій // Відбір та обробка інформації. – 2007. – № 27. – С. 49–53. 9. Погребенник В.Д. Ультразвукова система експрес-контролю параметрів водного середовища // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2000. – Т.5. – № 2. – С. 92–96.