

портрета користувача в кожний момент часу. Ця модель є доволі гнучкою і легко змінюється залежно від кон'юнктури ринку освітніх послуг на основі оцінок експертів, а також вигідно відрізняється простою реалізації від решти аналогів.

1. Brusilovsky P. *Intelligent learning environments for programming: The case for integration and adaptation* // In: J. Greer (ed.) *Proceedings of AI-ED'95, 7th World Conference on Artificial Intelligence in Education, Washington, DC, 16-19 August 1995, AACE, pp. 1-8.* 2. Віткін Л.М., Лемешко Т.А. *Корпоративна інформаційна система управління віртуальним університетом на основі принципів менеджменту якості відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000* // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2008. – № 2(6). – С. 89-95. 3. Віткін Л.М., Лемешко Т.А. *Розроблення ефективної методики створення адаптивних навчальних курсів в рамках освітньої корпоративної інтегрованої системи управління* // *Системи обробки інформації* – 2009. – № 1. 4. Brusilovsky P. *Student model centered architecture for intelligent learning environments* / In *Proc. of Fourth international conference on User Modeling, 15-19 August,*

*Hyannis, MA, USA. User Modeling Inc, 1994. 31-36.* 5. Волков О.І., Віткін Л.М., Хімичева Г.І., Зенкін А.С. *Системи якості ВНЗ: теорія і практика* // *Монографія*. – Київ: Наукова думка, 2006. – С. 300. 6. Буль Е.Е. *Обзор моделей студента для компьютерных систем. обучения.* Рижский технический университет, Рига, Латвия. / *Educational Technology & Society* 6(4) 2003 ISSN 1436-4522 pp. 245-250. 7. Орлов А.И. *Экспертные оценки. Учебное пособие.* М., 2002. 8. Никифоров А.Ю., Русаков В.А. *Проблемы аутентичности и формирования профиля обучаемого в программном комплексе поддержки лабораторных занятий* // *Научная сессия МИФИ–2003. Сб. науч. тр. В 14 т. М.: МИФИ, 2003. Т. 3.* 9. Бордовская Н.В., Реан А.А. *Педагогика. Учебник для вузов* – СПб: Питер, 2000. – 304 с. – (Серия «Учебник нового века»). 10. Николаенко В.М., Залесов Г.М., Андрюшина Т.В. и др. *Психология и педагогика. Учебное пособие.* – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 2000. – 175 с. 11. Орлов А.И. *Допустимые средние в некоторых задачах экспертных оценок и агрегирования показателей качества* // В сб. "Многомерный статистический анализ в социально-экономических исследованиях". – М.: Наука, 1974. – С. 388–393.

УДК 621.317

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

© Володимир Погребенник, Анатолій Романюк, 2009

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

*Запропоновано засади побудови інформаційно-вимірювальної системи для оперативного екологічного моніторингу водного середовища.*

*Предложены принципы построения информационно-измерительной системы для оперативного экологического мониторинга водной среды.*

*Principles of construction of informational-measuring system for operative ecological monitoring of the water environment are offered.*

**Вступ.** Відомі нині засоби та інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) контролю вод 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.

Новизна запропонованого підходу полягає у можливості оперативно визначати як органічні, так і неорганічні забруднення за допомогою однієї вимірювальної системи. Такого класу вимірювальні

системи нині відсутні на світовому ринку, що засвідчують виставки та науково-технічні конференції з питань контролю навколишнього середовища.

**Метою роботи** є розроблення науково-технічних засад побудови комп'ютерної інформаційно-вимірювальної системи для оперативного екологічного моніторингу водного середовища.

**Засади побудови інформаційно-вимірювальної системи для оперативного екологічного моніторингу водного середовища.** Основна ідея, покладена в основу побудови інформаційно-вимірювальної системи – використання лінійних та нелінійних ефектів взаємодії ультразвукових коливань з водним середовищем та нових методів вимірювання параметрів багаторазово відбитих сигналів, що дасть змогу на порядок підвищити точність та чутливість ІВС [1].

До ІВС для оперативного екологічного моніторингу водного середовища ставляться такі вимоги:

- ведення моніторингу безпосередньо на досліджуваному об'єкті в реальному часі;
- урахування та використання апріорної інформації про досліджуваний об'єкт або процес;
- можливість здійснення попередньої класифікації досліджуваного об'єкта з подальшим вибором адекватних алгоритмів вимірювання і відповідного вимірювального обладнання;
- попереднє автоматичне планування експерименту за допомогою оптимізації заданих показників якості результатів вимірювань на ідентифікованому класі моделей досліджуваного об'єкта або процесу;
- можливість здійснення автоматичної самоперевірки і самокалібрування вибраних вимірювальних каналів;
- параметрична адаптація вимірювальних алгоритмів у межах вибраного класу до можливих змін умов експерименту і вхідних впливів;
- цифрова реєстрація інформації та наявність діалогового інтерфейсу з оператором, що дає змогу контролювати хід вимірювального експерименту, втручатися в нього у разі необхідності, виводити отримані результати;
- здатність до самонавчання, тобто можливість сприймати нові знання, поповнювати ними власний банк знань, й активно використовувати їх при визначенні алгоритмів свого функціонування;
- стискання інформації, що міститься в результатах вимірювань, і видавання її в компактній та зручній для

сприйняття формі оператору разом з оцінкою похибок вимірювань та їх вірогідності і рішенням, яке в необхідних випадках треба прийняти за результатами вимірювань;

– висока надійність за обмежених масогабаритних характеристик та мінімального споживання.

Очевидно, що перераховані функції може виконати тільки засіб вимірювань, що містить персональний комп'ютер, міні- або мікро-ЕОМ з реалізованою системою керування банками даних і який має достатньо розвинуте вимірювальне і допоміжне периферійне обладнання. Отже, комп'ютерні ІВС можна було б охарактеризувати як засіб вимірювальної техніки, що містить мікро-ЕОМ і розвинуту вимірювальну периферію, що сприймає і використовує апріорну та поточну інформацію, приймає рішення, що визначають власну поведінку, контролює свою працездатність, самонавчається і спілкується з людиною-оператором.

Основними принципами побудови ІВС є: експрес-контроль безпосередньо на місці досліджень; одночасний аналіз температури, питомої електропровідності, рН, сумарної концентрації домішок, концентрації хлору та нітратів та інших інгредієнтів; автоматизація вимірювань та калібрування; передавання інформації інтерфейсом RS-232 для зв'язку з ПЕОМ; забезпечення накопичення інформації протягом доби; тривала стабільність роботи в автономному режимі.

У Національному університеті “Львівська політехніка” розроблено комп'ютерну ІВС для оперативного екологічного моніторингу водного середовища, в якій використано кондуктометричний, ультразвуковий та іонометричний методи [2, 3].

Основою комп'ютерної інформаційно-вимірювальної системи є однокристальний 8-розрядний мікроконтролер PIC16F876 фірми Microchip Technology Incorporated (рис. 1). Він має програмований захист пам'яті програм, режим енергозбереження, тактову частоту – 200 МГц, високошвидкісну архітектуру, всі команди виконуються за один цикл, низьковольтний режим програмування, напругу живлення від  $2 \div 5,5$  В, навантаження портів вводу/виводу – 25 мА, споживання в режимі енергозбереження 1 мА. Мікроконтролер працює за заданою програмою. При аналізі мов програмування було з-поміж інших вибрано мову C++. Її перевагами є достатній об'єм оперативної пам'яті та швидкість виконання програми, чітка структурованість, мобільність, ефективна взаємодія підпрограм. Мова C++ має доступ до бітів, регістрів

центрального процесора і зовнішніх пристроїв та відповідає завданням програмування під операційну систему Windows. Операційна система здійснює візуалізацію даних на моніторі без додаткових програм. Результати моніторингу водного середовища формуються у файли. В операційній системі Windows створюється файловий Веб-сервер за допомогою програми Http File Server.

Програма дає змогу відправляти файли користувачам в мережу Інтернет за заданою адресою, також Http File Server дає можливість доступу до файлів даних з Інтернету після введення пароля. Головна особливість програми полягає в тому, що вона може працювати в реальному часі, тобто вимірювання параметрів водного середовища, опрацювання результатів вимірювань та передавання даних за заданою адресою відбуваються одночасно.

Для узгодження роботи мікроконтролера з комп'ютером використовують мікросхему FT232BM, яка являє собою перетворювач USB в послідовний інтерфейс.

Для створення радіоканалу передавання даних використовується 3G модем PCMCIA EVDO Air Card SIERRA 580. Цей портативний пристрій дає змогу організувати мобільний швидкісний Інтернет, використовуючи технологію третього покоління 3G – CDMA2000, швидкість передавання досягає 3,1 Мбіт/с.

Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система дає змогу опрацьовувати, за потреби, сигнали з десятків сенсорів, тоді одна шина даних по черзі буде опрацьовувати декілька сенсорів. На схемі показано п'ять видів сенсорів, які мають відмінності у формуванні та передаванні даних на порти мікроконтролера.

Сенсор  $\sigma$  вимірює питому електропровідність водного розчину. Принцип вимірювання ґрунтується на залежності електричної провідності води від концентрації розчинених солей.

Питома провідність пропорційна до концентрації розчинених речовин та залежить від температури розчину. Вважається, що концентрація 1000 мг/л має електропровідність 0,2 см/м. Тобто, щоб визначити ступінь мінералізації води, достатньо виміряти її електричну провідність, або опір. Щоб виключити вплив електролізу розчину на результати вимірювання, вимірювання необхідно виконувати змінним струмом. Мікросхема ICL 7660A – перетворювач полярності напруги, D2.1 – задаючий генератор 170 Гц – формує різнополярні симетричні прямокутні імпульси,

VT1, VT2 – підсилювач струму на транзисторах, D2.2 – підсилювач, що виконує функцію випрямляча та забезпечує достатній рівень напруги сигналу для мікроконтролера.

Сенсор вимірювання температури виконаний на мікроконтролері DS18B20, сам сенсор безпосередньо розміщений в корпусі мікроконтролера. Дані з виходу DS18B20 надходять на вхід PIC16F для подальшого опрацювання.

Хлоридний та нітратний іоноселективні сенсори вимірюють концентрацію хлору та нітратів у водному середовищі за методом прямої потенціометрії. Залежно від концентрації хлору на електродах з'являється потенціал у межах 1÷1,3 В, який за допомогою підсилювача постійної напруги підвищується до 2,6 ÷ 4,9 В для подальшого опрацювання мікроконтролером.

Для вимірювання сумарної концентрації домішок у водному середовищі пропонується застосувати метод зразкових сигналів за допомогою ультразвукового триканального пристрою, у двох каналах якого містяться зразкові розчини, а в третьому – вимірювальна рідина, що дає змогу зменшити систематичну та повільнозмінну похибку вимірювання [4].

Електричний імпульс зондування з тактовою частотою  $F$  через блок комутації (БК1-3) надходить на обернені акустичні перетворювачі (АП1-3), які перетворюють його на акустичні імпульси, що поширюються в досліджуваному та двох еталонних середовищах (рис. 2). Імпульси багаторазово відбиваються від відбивачів (В1-3) та акустичних перетворювачів і поступово загасають за амплітудою. Частина енергії відбитих сигналів за допомогою АП перетворюються на електричні та через комутатор надходять на входи попередніх підсилювачів 2<sup>1</sup>, далі на схему аналізатора часових зсувів (АЧЗ), аналізатор формує часові інтервали та передає дані для подальшого опрацювання на мікроконтролер.

Сумарна концентрація води  $C_{\Sigma}$  визначається так

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

де  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_v$  – часи проходження ультразвукових сигналів через розчини, відповідно з еталонними концентраціями  $C_1$ ,  $C_2$ , та з невідомою концентрацією  $C_{\Sigma}$ ;  $\alpha$  – кут нахилу градуовальної характеристики ІВС.

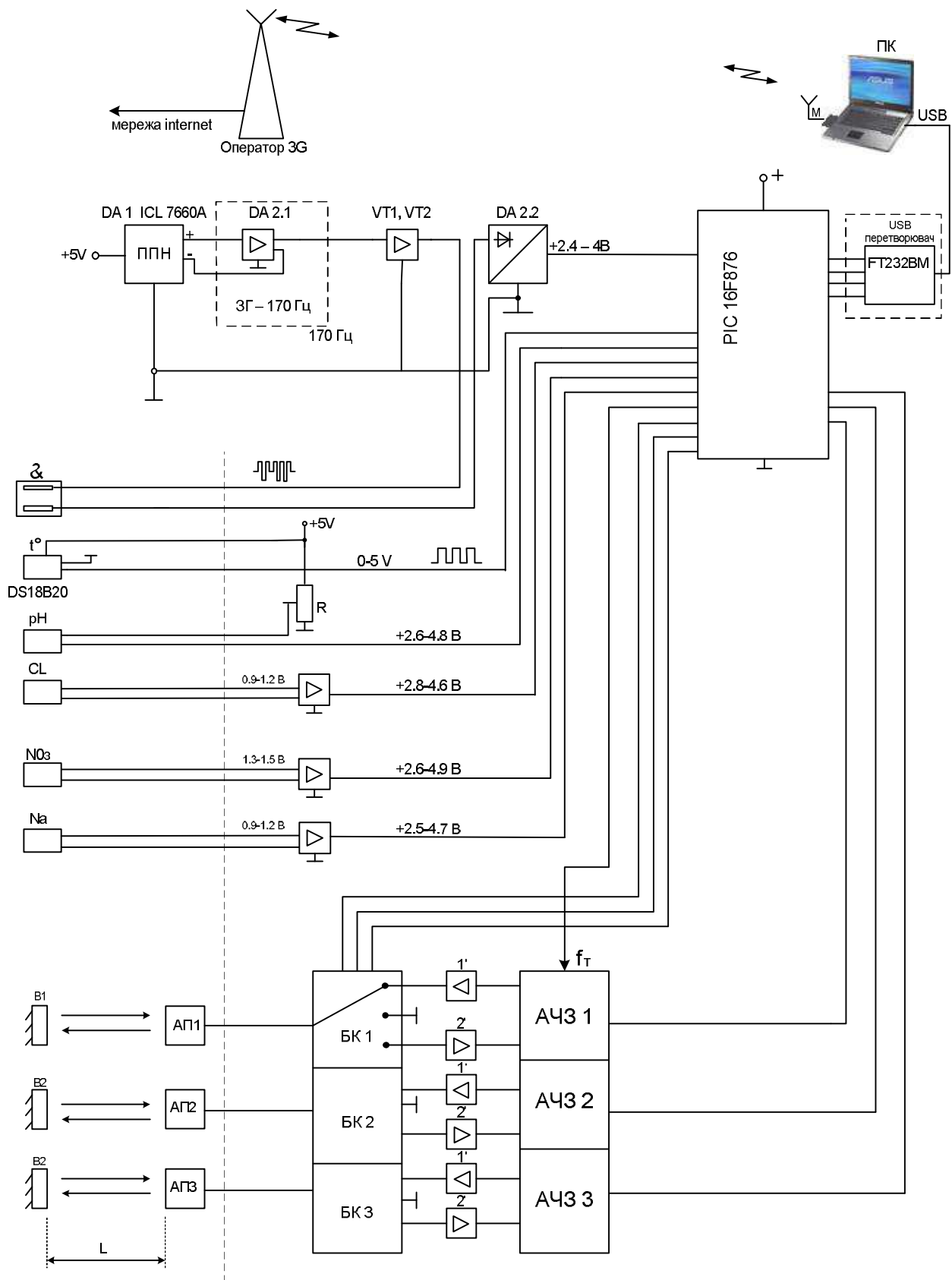


Рис.1. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи

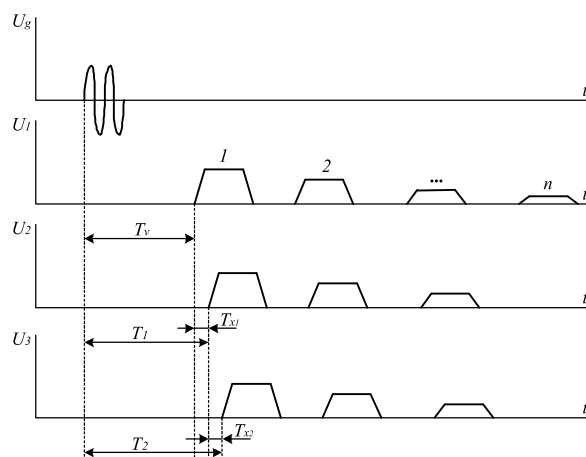


Рис. 2. Часові діаграми багаторазово відбитих сигналів

Основні характеристики ІВС: визначення температури води в діапазоні  $0...50\text{ }^{\circ}\text{C}$  з похибкою  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; вимірювання питомої електропровідності в діапазоні  $0,03...19,9\text{ мС/см}$  (похибка  $\pm 5\%$ ); визначення концентрації солей у воді в діапазоні  $0,1...40\text{ }‰$  (похибка  $0,1\text{ }‰$ ); живлення акумуляторне, постійним струмом, напругою  $8,5...12\text{ В}$  та змінним струмом частотою  $50\text{ Гц}$  і напругою  $220\text{ В}$ ; програмна зміна періодичності контролю; забезпечення мінімуму споживання до  $1...2\text{ Вт}$ ; автоматична термокомпенсація вимірювань.

Комп'ютерна ІВС може бути використана у хімічній, нафтохімічній та харчовій промисловості, в океанології, геології, матеріалознавстві, системах локації, навігації та екологічного моніторингу.

**Висновки.** Розроблена комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система дає змогу автоматизувати процес вимірювання, розширити функціональні можливості, номенклатуру забруднювачів і параметрів води і значно скоротити час вимірювань, підвищити точність та чутливість вимірювань, здійснювати первинне опрацювання даних, оперативно передавати

інформацію інтерфейсом RS-232 та з використанням технології CDMA.

1. 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.
2. Погребенник В.Д., Романюк А.В. *Методи і засоби підвищення точності первинних вимірювальних перетворювачів систем екологічного моніторингу водного середовища* // Вісник Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут». Серія «Приладобудування». – К., 2008. – С. 62–69.
3. Погребенник В.Д., Романюк А.В. *Синтез структурної схеми інформаційно-вимірювальної системи для екологічного моніторингу водного середовища* // Вимірювальна техніка та метрологія. – Вип. 69. – Львів, 2008. – С. 35–39.
4. 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.