

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ОСНОВІ ОЕІП З ПІДВИЩЕНОЮ ІНФОРМАЦІЙНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ**

© Литвин І.С., 2008

**Наведено результати аналізу стану досліджень і розробок інформаційно-вимірювального забезпечення для екологічного контролю, розроблено рекомендації для створення і вдосконалення методологічної та програмно-технічної бази вимірювальних пристроїв для комп'ютерних систем екологічного контролю.**

**Presented researches analysis results of informative-measuring supplements developments for ecological control and recommendations for creation and improving of methodological and programming and technical base of measuring devices for computer ecological checking systems are developed.**

**Постановка проблеми.** Проблема оцінювання якості навколишнього природного середовища дуже багатогранна. До параметрів якості довкілля зараховують оцінки оптимальної розораності і лісистості території, різноманітності ландшафтів, чистоти повітря, води та ґрунтів тощо. Серед перерахованих параметрів фактор забруднення середовища, який є наслідком активної людської життєдіяльності найбільшою мірою визначає рівень його чистоти, є тепер одним з найістотніших у вирішенні еколого-економічних завдань. У зв'язку із стрімким зростанням промислового виробництва, енергетичних потужностей, чисельності автотранспорту і нераціональною тратою природних ресурсів у всіх економічно розвинутих, а також в багатьох країнах, що розвиваються, надзвичайно актуальною постала проблема боротьби із забрудненням повітря. Це пояснюється такими причинами: повітря присутнє всюди і постійні вимоги до його чистоти ідуть передовсім, сільському, лісовому і комунальному господарству; атмосфера за своєю природою є дуже динамічним середовищем, а переміщення повітряних мас – процесом, практично некерованим. Крім того, ліквідація наслідків великих забруднень повітря вимагає великих затрат часу і засобів. Сьогодні можна вважати доведеною наявність взаємозв'язку між рівнем забруднення атмосфери і погіршенням параметрів функціонування природних і штучних екологічних систем. Тому в комплексі проблем охорони навколишнього природного середовища важливе місце займають питання контролю чистоти повітря за допомогою сучасних методів і засобів комп'ютерних систем екологічного контролю.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Виконаний аналіз негативного впливу забруднення природного середовища на здоров'я населення показує необхідність першочергового розв'язання завдань, пов'язаних зі зменшенням шкідливих викидів в атмосферу України, а також з негайним впровадженням сучасної, відповідно до міжнародних вимог, системи моніторингу повітря [1]. Для підготовки адміністративних рішень, планування ефективних заходів з боротьби із забрудненнями повітря необхідно мати інформацію про сукупність одночасно виміряних концентрацій забруднювальних компонентів [2]. За літературними джерелами вивчено технічне забезпечення і методи для автоматичного контролю за станом повітря. У США на основі відповідних інформаційних мереж утворені державні банки даних про стан забруднення повітря і про тенденції змін його якості для підготовки адміністративних рішень, планування заходів з боротьби із забрудненнями. Небезпечна ситуація визначається загалом по контрольованому району на основі фонових концентрацій шкідливих інгредієнтів. У разі локального підвищення концентрацій

використовують заходи до близько розташованих підприємств. Аналогічні мережі і системи контролю забруднень атмосферного повітря створені у всіх розвинутих країнах. Характерною тенденцією їх розвитку є широке застосування сучасної мікропроцесорної техніки, нарощування кількості станцій, об'єднання окремих станцій у локальні системи, а локальних – в регіональні та загальнодержавні. В Україні контроль за станом забруднення повітря здійснюють органи гідрометеорологічної та санітарної служб охорони та ядерної безпеки. Органи санітарного нагляду Міністерства охорони здоров'я контролюють рівень забруднення повітря на робочих місцях і на межі санітарної зони підприємств. Лабораторії обласних держуправлінь з охорони природного навколишнього середовища і ядерної безпеки здійснюють за дотриманням норм гранично-допустимих викидів (ГДВ) підприємствами. Державний комітет з гідрометеорології контролює стан атмосферного повітря міст. Цей контроль здійснюють пости спостереження: стаціонарні, маршрутні та пересувні [3–5]. Промисловість України випускає деякі пристрої для екологічного контролю, однак вони, як правило, вузькоспеціалізовані і реалізовані на застарілій елементній базі.

У всіх розвинутих країнах серійно випускаються різноманітні пристрої для контролю стану атмосферного повітря. Найпоширенішими є термомагнітні, термокондуктометричні, термохімічні, оптикоакустичні, фотометричні газоаналізатори. Однак вони не задовольняють всі вищевказані вимоги, які ставляться до автоматичних комп'ютерних вимірювальних систем контролю стану навколишнього середовища. Тому розробляють і досліджують нові принципи побудови приладів для екологічного контролю на основі електрохімічних, іонізаційних, хемілюмінесцентних та спектрометричних методів, а також на основі оптичних методів з використанням ІЧ, УФ і видимого випромінювань та ефектів поглинання випромінювання в напівпровідниках. У результаті вивчення літературних джерел встановлено, що для підготовки адміністративних рішень, планування ефективних заходів з боротьби із забрудненнями повітря необхідно мати інформацію про сукупність одночасно виміряних концентрацій забруднюючих компонентів і метеопараметрів. Автоматичні контрольні пости дозволяють здійснювати аналіз повітря із швидким видаванням результатів для забезпечення термінового реагування. У розвинутих країнах на таких постах використовують автоматичні оптоелектронні пристрої з підвищеною інформаційною ефективністю [6], які постійно вимірюють концентрації шкідливих речовин, реєструють результати вимірювань і вмикають сигналізацію за небезпечного перевищення концентрацій.

**Цілі статті.** Відповідно до поставленої проблеми цілями роботи є виконання аналізу стану досліджень і розробок інформаційно-вимірювального забезпечення для екологічного контролю з метою розробки рекомендацій для створення і вдосконалення методологічної та програмно-технічної бази пристроїв комп'ютерних систем екологічного контролю.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Ефективний розв'язок завдань екологічного контролю і вимірювань параметрів стану природного середовища можливий за достатньої кількості інформації, яка відображає істотні і подані характеристики контрольованого середовища або процесу. Ця інформація проявляється у вигляді зміни різних параметрів, які можуть мати будь-яку фізичну природу. Опоелектронні вимірювальні пристрої для екологічного контролю сприймають контрольовані параметри і вимірюють їх величини, а також виробляють повідомлення про результати вимірювання у вигляді, зручному для подальшого використання в комп'ютерній системі контролю (моніторингу) і обробки даних. Перетворення повідомлень різної природи здійснюється за допомогою первинних перетворювачів (давачів), які виробляють електричний сигнал, пропорційний величині перетворюваного контрольованого параметра. Кількість інформації, яку одержують від об'єкта контролю, залежить від метрологічних характеристик вимірювальних пристроїв, ступеня достовірності результатів виконаних вимірювань, виду завод і характеру їх впливу. Одним із основних факторів, який обмежує кількість інформації (повідомлень), є похибка сприйняття і вимірювання контрольованих параметрів. Через наявність похибки невизначеність зберігається і після вимірювання, яке в загальному випадку полягає в порівнянні вимірюваної величини зі шкалою можливих значень цієї величини і вибору одного із багатьох інтервалів цієї шкали.

Для ефективного використання оптоелектронних пристроїв з підвищеною інформаційною ефективністю у складі комп'ютерних систем екологічного контролю розроблено комплекс основних вимог, яким повинні відповідати розроблювані пристрої:

- необхідна чутливість залежно від шкідливості вимірюваної речовини, тобто пристрій має визначати присутність речовини в концентраціях, що становлять приблизно 10% від ГДК;
- відтворюваність і точність показів пристрою вважають задовільними, якщо стандартне відхилення цих характеристик не перевищує  $\pm 5-10\%$ ;
- стабільності точки нуля і її незалежності від перепадів температури, тиску і вологості повітря;
- мінімальна кількість операцій з технічного обслуговування пристрою;
- простота енергозабезпечення і автоматичної реєстрації та передавання результатів вимірювання.

Розробки і дослідження нових принципів побудови оптоелектронних пристроїв для контролю забруднення атмосферного повітря виконують на основі спектрометричних методів, а також на основі методів з використанням ІЧ, УФ і видимого випромінювання та ефектів поглинання випромінювання в напівпровідниках. До цих методів пред'являють такі вимоги:

- достовірність і точність інформації про концентрацію визначуваної компоненти і про тривалість її знаходження в атмосферному повітрі;
- здійснення надійних вимірювань протягом тривалого часу ( $10^5$  годин) у природних умовах циклічної зміни пір року;
- одержання інформації із будь-якої необхідної точки спостереження у формі, доступній для сприйняття і подальшої обробки;
- відсутність необхідності в постійному контролі і спостереженні з боку обслуговуючого персоналу;
- невисока вартість капітальних затрат на допоміжне обладнання, необхідне для одержання інформації.

Внаслідок виконаних досліджень показано, що широке використання оптоелектронних пристроїв з підвищеною інформаційною ефективністю в комп'ютерних системах комплексного екологічного контролю в Україні можуть обмежувати переважно такі причини:

- такі пристрої значно складніші, ніж інші і тому потребують висококваліфікованого обслуговування, а значить і підготовки для цих потреб висококваліфікованих спеціалістів;
- точність і чутливість відомих типів оптоелектронних перетворювачів, які серійно випускаються, деколи нижчі від допустимої за умовами контролю;
- низька надійність таких пристроїв, особливо під час експлуатації в природних умовах циклічної зміни пір року, за рахунок низької надійності широкоживаної універсальної мікропроцесорної техніки.

Для спрощення вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу оптоелектронних пристроїв з підвищеною інформаційною ефективністю запропоновано ввести до складу пристроїв мікропроцесорні і програмні засоби, які виконуватимуть такі завдання:

- спостереження в реальному масштабі часу за станом навколишнього природного середовища і видача повідомлень у разі звернення системи вищого рівня ієрархії, або у разі виходу концентрацій токсичних речовин за допустимі межі ГДК;
- прогноз подій у майбутньому на основі моделей минулого стану і теперішнього, тобто вивід імовірних наслідків із заданих ситуацій за наявності, навіть неповної інформації;
- інтерпретація цих спостережень з метою визначення властивостей природного середовища;
- діагностика несправностей в пристрої на основі інтерпретації даних про сам пристрій;
- управління поведінкою пристрою з використанням результатів вимірювань, інтерпретації і діагностики, а також залежно від керуючих сигналів системи вищого рівня ієрархії.

Застосування сигнальних процесорів у оптоелектронних пристроях з підвищеною інформаційною ефективністю дозволяє різко підвищити точність пристроїв, значно розширити їх можливості, підвищити надійність і збільшити швидкодію. Крім того, завдяки застосуванню сигнальних процесорів досягаються багатофункціональність пристроїв, автоматизація регулювань, самоблокування і автоматична перевірка, спрощується управління процесом вимірювання, покращуються метрологічні характеристики пристроїв, з'являється можливість виконання обчислювальних процедур і статичної обробки результатів спостережень, створюються програмовані повністю автоматизовані пристрої. Це дає змогу радикально змінити структуру побудови пристроїв: сигнальний процесор став основною частиною власне пристрою, що призвело до зміни конструкції і схемних рішень, компоновки, управління, включенню обробки даних у вимірювальну процедуру, яка використовується без участі експериментатора.

У зв'язку з відсутністю розробок загальних принципів і методів побудови надійного програмного забезпечення для мікропроцесорних пристроїв запропоновано в розроблюваних пристроях використовувати методи та принципи забезпечення надійності програмного забезпечення, яке застосовують в обчислювальних системах, з урахуванням таких особливостей, як робота пристроїв у реальному масштабі часу, обмежений обсяг оперативної та постійної пам'яті.

Для реалізації розглянутих вище підходів до побудови оптоелектронних пристроїв з підвищеною інформаційною ефективністю для комп'ютерних систем комплексного екологічного контролю запропоновано до складу пристроїв, крім вимірювальних перетворювачів, ввести адаптивну систему корекції їх характеристик, базу даних нормального стану навколишнього природного середовища, експертну систему прогнозів. Розроблена структурна схема оптоелектронного пристрою для автоматичного визначення концентрації певного компонента газової суміші. Для забезпечення можливості функціонування пристрою в складі автоматизованих локальних та регіональних систем екологічного моніторингу в схему включено модуль дистанційного зв'язку і управління. Відповідно до цієї схеми розроблено макет системи вводу інформації в центральний сервер, призначений для збору багатоканальної аналогової і цифрової інформації, яка може надходити від перетворювачів різних фізичних величин в напругу. Наприклад, від давачів напрямку і швидкості вітру, температури, вологості, концентрації CO і CO<sub>2</sub>, тиску, запиленості повітря тощо. Макет може бути використаним для адаптивної корекції характеристик оптоелектронних перетворювачів, тому що в ньому передбачена можливість вимірювання і задання параметрів процесів під час метрологічної атестації оптоелектронних пристроїв для екологічного контролю видаванням цифрових і аналогових керуючих сигналів на досліджуване середовище. Особливістю макета є наявність в складі схеми управління вузла діагностики, що дозволяє реалізувати крім основних режимів вимірювання адаптивну корекцію результатів за рахунок самодіагностики. Крім того, цей вузол дає змогу виконувати оперативний контроль функціонування всіх блоків макета.

**Перспективи подальших досліджень.** Для підвищення точності вимірювань розроблюваними пристроями запропоновано вжити такі заходи:

- здійснювати автоматичну перевірку і корекцію показів пристрою, що дає змогу значно знизити систематичні складові похибки вимірювань;
- автоматично звужувати діапазон вимірювань;
- використовувати методи компенсації адитивних складових похибок вимірювань;
- використовувати статистичні методи обробки результатів вимірювань для виключення випадкових складових похибки.

Підвищити чутливість розроблюваних пристроїв запропоновано так:

- нагромадженням інформації за рахунок збільшення часу поглинання контрольованого компонента, наприклад, під час використання методів фотоколометрії;
- збільшенням оптичного шляху випромінювання в контрольованому середовищі під час використання спектрометричних методів.

Для збільшення надійності розроблюваних пристроїв запропоновано використовувати блоково-модульний принцип їх побудови, полегшений режим роботи окремих елементів і вузлів, резервування елементів і цілих пристроїв. Метрологічну надійність запропоновано забезпечити з запасом на стадіях проектування і виготовлення пристроїв завдяки введенню структурної, конструктивно-технологічної і точнісної надмірностей. Показано, що істотне підвищення надійності розроблюваних пристроїв полягає у поєднанні конструктивно-технологічних методів з традиційними методами підвищення надійності, тобто у заміні друкованих плат наборами гібридних ВІС та гібридних інтегральних пристроїв, введенні надлишковості у технічні засоби та в програмне забезпечення мікропроцесорних засобів оптоелектронних пристроїв.

**Висновки.** Внаслідок виконання цієї роботи показано, що під час розроблення пристроїв для автоматизованих систем екологічного моніторингу, з метою підвищення їх інформативності, доцільно орієнтуватися на оптичні методи вимірювань, тому що вони дозволяють легко автоматизувати процес відбору і підготовки проб.

У зв'язку з відсутністю розробок загальних принципів і методів побудови надійного програмного забезпечення для мікропроцесорних вимірювальних пристроїв запропоновано в розроблюваних оптоелектронних пристроях використовувати методи та принципи забезпечення надійності програмного забезпечення, яке застосовують в обчислювальних системах, з урахуванням таких особливостей, як робота оптоелектронних пристроїв у реальному масштабі часу, обмежений обсяг оперативної та постійної пам'яті.

Для реалізації розглянутих вище підходів до побудови оптоелектронних пристроїв для комп'ютерних систем комплексного екологічного контролю запропоновано до складу оптоелектронних пристроїв, крім вимірювальних перетворювачів, ввести адаптивну систему корекції їх характеристик, базу даних нормального стану навколишнього природного середовища, експертну систему прогнозів.

1. Tanya Trofimyak, Yaroslav Golda, Igor Lytvyn. *The development regional ecological monitoring Stations model as base for environmental education. Conference abstracts "Environment and quality of life in central Europe: problems of transition" // Prague. – 1994. – P.154.* 2. *asic principles of building information system for ecological monitoring in Ternopil region. Kalenchuk-Porchanova J.O., Palagin O.W., Махутович W.M., Lytvyn I.S.* 8 Krajowa Konferencja Naukowa "Universalnosc Cybernetyki". – Krakow, 1996. – P.5. 3. Kalenchuk-Porchanova J.O., Palagin O.W., Dudykevych V.B., Махутович W.M., Lytvyn I.S. *An approach for building information system for ecological monitoring in Ternopil region. // Kuwer Academic Publisher, Chicago. – 1998. – P.81–84.* 4. Дудыкевич В.Б., Максимович В.Н., Литвин І.С. *Региональная система экологического мониторинга для моделирования и управления проблемами загрязнения воздуха. // Materialy V Miedzynarodowego seminariumu metrologow. – Rzeszow. –1998. – P. 168–174.* 5. Каленчук-Порханова Ж.О., Литвин І.С. *Організаційна, інформаційна та технічна структура типової регіональної системи екологічних спостережень // Зб. наук. пр. Ін-ту кібернетики НАН України "Интеллектуальные информационно-аналитические системы и комплексы". –К. – 2000. – С. 35–41.* 6. Мандрюк Б.С., Литвин І.С., Твердоступ Р.Б. *Оптоелектронні прилади для локальних та регіональних систем екологічного моніторингу / Тези доп. наук.-техн. конф. ТПІ "Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні" // Тернопіль. – 1993. – С.7.*