

УДК 681.518

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ

О. Дзендзелюк, І. Мусяйчук, В. Рабик

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Ген. Тарнавського, 107, 79017 Львів, Україна
RabykV@ukr.net*

Описано апаратне і програмне забезпечення автоматизованої системи моніторингу параметрів довкілля. Наведено головні технічні характеристики системи, параметри, які можна вимірювати, передавати, опрацювати за її допомогою. Детально розглянуто режими роботи автоматизованої системи, її функціональну схему, призначення всіх складових. Описано алгоритм передавання вимірних даних по бездротовому зв'язку, формат посилань, а також розроблений графічний інтерфейс Weather Station, призначений для керування системою за допомогою персонального комп'ютера.

Ключові слова: моніторинг, параметри довкілля, апаратне та програмне забезпечення, давач, модем, мікроконтролер.

Погода має дуже важливе значення в житті людини. На сучасному етапі розвитку цивілізації важливість прогнозу погоди для людства продовжує зростати. Методи прогнозування погоди для локальних територій ґрунтуються на інформації, отриманій системами моніторингу довкілля. Для цього необхідне створення локальних автоматизованих систем з вимірювання, накопичення даних про метеорологічні параметри довкілля і прогнозування погоди.

Нижче описано апаратне і програмне забезпечення автоматизованого комплексу, призначеного для вимірювання, опрацювання, збирання, передавання даних про метеорологічні параметри та радіаційний стан довкілля. Цей комплекс реалізований на сучасній елементній базі з модульною організацією, є автономним, працює в реальному режимі часу і дає змогу поповнювати базу даних про метеорологічний та радіаційний стан довкілля певної локальної місцевості. Керування роботою всіх його вузлів виконує мікроконтролер CY8C29466-24PXI фірми Cypress Semiconductor. Вибраний мікроконтролер містить усі необхідні модулі та є перепрограмованою системою на кристалі [1].

Автономну систему встановлюють на відкритому повітрі, вона забезпечує вимірювання, опрацювання та передавання наступних даних: атмосферного тиску, відносної вологості повітря, швидкості вітру, напрямку вітру, температури повітря та ґрунту, потужності еквівалентної дози β -, γ -випромінювання. Основні вимоги, які ставлять до цієї системи на етапі її розробки:

- модульність структури, що дає змогу підключати нові давачі та замінювати ті, що працюють, у процесі експлуатації;
- функціонування в повністю автоматичному режимі;
- отримання і первинне опрацювання вимірювальної інформації;
- передавання вимірювальних даних у персональний комп'ютер (ПК) на його запит або в автоматичному режимі;
- приймання і виконання команд, що надходять з ПК (задання режимів вимірювання, синхронізація часу, вмикання/вимикання системи, калібрування давачів);
- створення і підтримка локальної бази даних зі значеннями основних метеорологічних параметрів за тривалий період з автоматичним накопиченням нових даних;
- відкритість архітектури апаратного і програмного забезпечення для нарощування складу вимірювальної апаратури і введення нових алгоритмів контролю за станом довкілля;
- можливості використання отриманої інформації в прогнозуванні екологічної обстановки та погоди.

Апаратно-програмне забезпечення виконує опрацювання інформації з таких давачів: давача атмосферного тиску, давача вологості, давача швидкості і напрямку вітру, давачів температури, давача радіоактивного випромінювання.

Отримана інформація зазнає опрацювання і передається на ПК, який виконує накопичення бази даних та її опрацювання з подальшою можливістю використання для прогнозування погоди в конкретній місцевості, моніторингу її радіаційного стану.

Галузі використання автоматизованої системи моніторингу:

- регулярні метеорологічні дослідження, у тім числі з науковою та освітньою метою;
- екологічний моніторинг атмосферного повітря в населених пунктах;
- контроль повітряного середовища в технологічних об'єктах і приміщеннях;
- мобільні наукові дослідження фізичних процесів в атмосфері.

Технічні характеристики автоматизованої системи моніторингу.

Вимірювана величина – швидкість вітру, м/с:

- діапазон вимірювання швидкості повітряного потоку – 1,0 – 50;
- поріг чутливості – не більше 1,0;
- межа допустимої основної похибки вимірювання, не більше $\pm(1,0 + 0,05V)$,

де V – виміряна швидкість вітру.

Вимірювана величина – відносна вологість повітря, %:

- для додатних температур – ± 3 у діапазоні 35–76 і ± 5 у діапазонах 0–35 і 76–100;
- для від'ємних температур – ± 5 у діапазоні 35–76 і ± 10 в діапазонах 0–35% і 76–100.

Вимірювана величина – напрям вітру, град:

- діапазон вимірювання напрямку вітру – 0–360;
- похибка вимірювання – ± 5 .

Вимірювана величина – температура повітря, °С:

- діапазон вимірювання температури – від -55 до +99;

- похибка вимірювання температури – $\pm 0,5$ в діапазоні вимірюваних температур від -10 до +85.

Вимірювана величина – атмосферний тиск, кПа:

- діапазон вимірювання атмосферного тиску – 15-115 кПа;

- похибка вимірювання атмосферного тиску – 1,5 % при $t = 0 - +85$ °С.

Вимірювана величина – потужність еквівалентної дози β -, γ -випромінювання, мкР/год:

- діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози – 0–1000;

- похибка вимірювання потужності еквівалентної дози – $\pm 5-10$ %.

Функціональна схема програмно-апаратного комплексу для вимірювання параметрів довкілля складається з аналогової і цифрової частин (рис. 1).

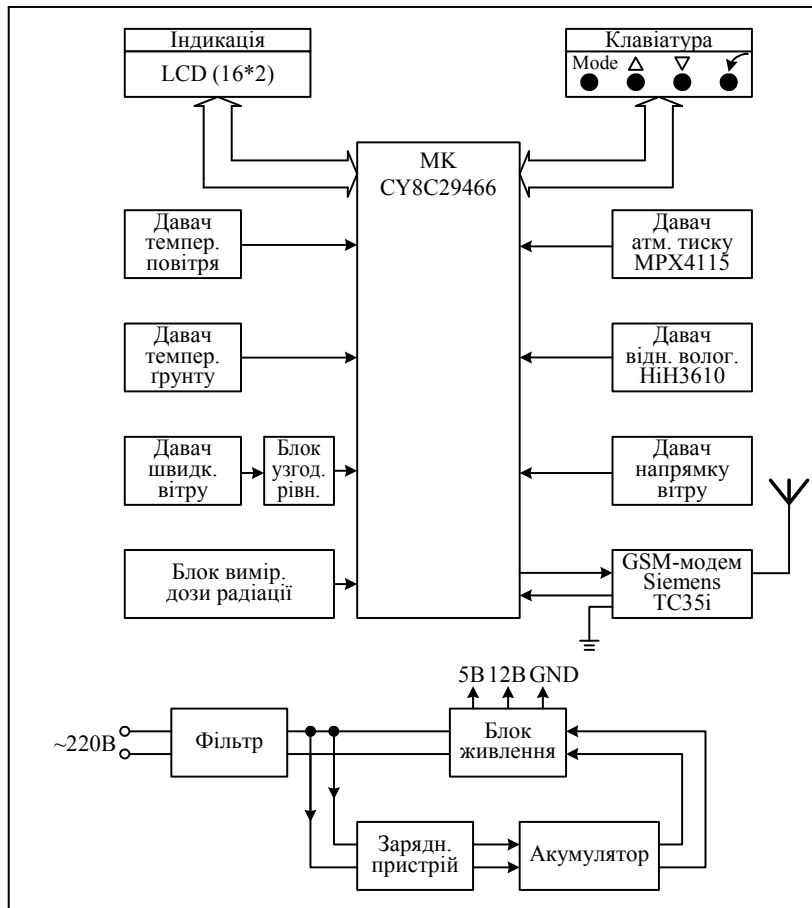


Рис. 1. Функціональна схема автоматизованої системи вимірювання параметрів довкілля

Аналогова частина охоплює чотири датчі, які вимірюють, відповідно, атмосферний тиск, вологість, швидкість і напрям вітру, радіацію та модулі узгодження рівнів їхніх сигналів. Цифрова частина містить датчі температури з

цифровим виходом, мікроконтролер, інтерфейс зв'язку з СОМ-портом ПК і GSM-модемом.

Давачі температури повітря і ґрунту DS18B20 (виробник Dallas Semiconductor) призначені для вимірювання, відповідно, температури повітря та ґрунту; DS18B20 – цифровий термометр з програмованою роздільною здатністю від 9 до 12 біт [2], яка може зберігатися в EEPROM пам'яті приладу. Давач обмінюється даними по 1-Wire шині. Всіма процесами на шині керує мікроконтролер. Напруга живлення – 3,0–5,5 В, струм споживання – 1,5 мА. Максимальний час вимірювання для DS18B20 залежить від вибраної кількості розрядів. Для 12-розрядного режиму роботи він становить 750 мс. Діапазон вимірювань DS18B20 – від -55 до +125 °С.

Для вимірювання відносної вологості повітря використано давач фірми Honeywell HIH-3610 [3]. Його вихідна характеристика є лінійною. Конструктивне виконання давача створює добру завадостійкість до бруду, жиру, води, а також інших хімічних речовин. Діапазон вимірювання давача – 0–100 %, точність вимірювання – ± 2 % за кімнатної температури ($T = 25$ °С). Напруга живлення давача HIH-3610 – 4–5,8 В, температурний діапазон роботи – від -40 до 85 °С.

Залежність вихідної напруги давача від відносної вологості повітря обчислюють за допомогою виразу

$$V_{out} = V_E (0,0062\varphi + 0,16), \quad (1)$$

де $V_E=5$ В (напруга живлення); φ – відносна вологість повітря.

Діапазон вихідної напруги, яка відповідає вологості 0–100 % становить 0,8–3,9 В. Поправку на температуру визначають з виразу

$$\varphi_T = \frac{\varphi}{1,0546 - 0,00216T}, \quad (2)$$

де температура T в градусах Цельсія. З виразів (1) і (2) відносну вологість повітря з температурною поправкою визначають як

$$\varphi_T = \frac{V_{out}/V_E - 0,16}{(1,0546 - 0,00216T) * 0,0062}. \quad (3)$$

Вимірювання тиску виконують за допомогою давача MPX4115A [4] фірми Motorola. Діапазон вимірювання тиску для MPX4115 – 15–115 кПа, похибка вимірювання – $\pm 1,5$ %, напруга живлення – від 4,85 до 5,35 В, чутливість – 46 мВ/кПа.

Залежність вихідної напруги давача від тиску обчислюють з допомогою виразу

$$V_{out} = V_E (0,009P - 0,095), \quad (4)$$

де $V_E=5$ В (напруга живлення).

Давачем вимірювання швидкості і напрямку вітру слугує флюгер виробництва фірми Young [5]. Під час вимірювання швидкості вітру оберти вітряка перетворюються в імпульси, а кут повороту визначає вбудований на осі потенціометр. Для цього давача діапазон вимірювання швидкості вітру становить 0–100 м/с, точність вимірювання швидкості вітру – $\pm 0,3$ м/с, вимірювання кута

повороту – у межах $0-360^\circ$, точність вимірювання кута повороту – $\pm 3^\circ$, діапазон вихідної напруги – $0-5$ В.

Як давачі β -, γ -випромінювання використовуються лічильники Гейгера-Мюллера СБМ-20 [6] з номінальною робочою напругою 400 В.

Блок узгодження рівнів сигналів давачів використовують для зведення сигналів давачів до прийнятної для введення в мікроконтролер форми й амплітуди.

Мікроконтролер CY8C29466-24PXI виконує вимірювання, обчислення, опрацювання і передавання інформації через COM-порт або GSM-модем до ПК.

Рідкокристалічний індикатор використовують для виведення вимірних величин, одиниць вимірювань та індикації режимів роботи комплексу. Клавіатура призначена для налаштування автоматичної системи в автономному режимі роботи, за її допомогою відбувається зв'язок мікроконтролера з користувачем. Клавіатура складається з 4-х кнопок: меню, збільшення значення параметра, зменшення значення параметра, уведення даних.

GSM-модем (Siemens TC35i) призначений для передавання інформації про виміряні параметри до віддаленого ПК. Для цього до його зовнішніх роз'язків підключено SIM-карту, антену, постійну напругу з джерела живлення (12 В), мікроконтролер по послідовному COM-порту. Цей модем Siemens TC35i дає змогу передавати дані тільки в режимах SMS (служба коротких повідомлень) і CSD (каналне передавання даних).

Блок живлення разом з мережевим фільтром забезпечує стабілізованим живленням (+5 В, +12 В) усі блоки системи. В комплексі з ним працюють зарядний пристрій і акумулятор.

Для керування роботою автоматизованої системи вимірювання параметрів довілля реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера CY8C29466-24PXI. Його розробка виконана в середовищі PSoC Designer 5.0 за допомогою мов програмування C і Assembler. Програма забезпечує опитування всіх давачів, опрацювання результатів вимірювання, їхнє виведення на рідкокристалічний дисплей, а також передавання на персональний комп'ютер.

Чотирнадцяти бітний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) мікроконтролера вимірює аналогові вхідні сигнали з давачів тиску, вологості та напрямку вітру. Точність перетворення АЦП задовольняє технічні характеристики системи.

Після ввімкнення автоматизованої системи моніторингу параметрів довілля на рідкокристалічний дисплей виводяться результати її тестування, потім – пропозиція вибрати канал передавання даних на ПК. Вибір виконують натисканням на кнопку 2 (дротовий зв'язок) або кнопку 3 (бездротовий зв'язок).

Обмін даними між ПК і автоматизованою системою моніторингу параметрів довілля відбувається за допомогою переданих запитів і команд та відповідей системи. Запити і відповіді мають вигляд текстових даних, кожний символ кодований таблицею ASCII і займає 1 байт.

Структура запиту має такий вигляд:

[?d hh:mm dd/mm/yyyy],

де d – номер команди в запиті; hh:mm – година і хвилини, коли запит переданий; dd/mm/yyyy – день, місяць і рік, коли запит переданий; ? – ознака запиту.

Структура відповіді така:

[!d hh:mm dd/mm/yyyy name=ffff.ff ... name=ffff.ff cccc],

де d – стан давачів у відповіді; hh:mm – година і хвилини, коли виміряні дані; dd/mm/yyyy – день, місяць і рік, коли виміряні дані; name – умовне позначення вимірної величини (t – температура ґрунту; T – температура повітря; h – вологість; p – тиск; v – швидкість вітру; a – напрям вітру; r – потужність еквівалентної дози випромінювання); ffff.ff – значення виміряного параметра; cccc – контрольна сума CRC; ! – ознака відповіді.

Відправлені запити та отримані на них відповіді зберігаються у відповідних файлах.

Для керування системою вимірювання параметрів довкілля за допомогою ПК розроблено графічний інтерфейс “Weather Station”. Зв’язок графічного інтерфейсу з автоматизованою системою реалізований за допомогою COM-порту та GSM-модему. Передавання даних через COM-порт відбувається тоді, коли метеорологічна станція розташована неподалік від ПК. Якщо ж моніторинг параметрів довкілля виконують на віддаленій ділянці, то для передавання даних використовується бездротовий зв’язок через GSM-модем.

Ця програма призначена для приймання, опрацювання, архівування даних, отриманих від автоматизованої системи, і виконує такі функції:

- налаштування режимів роботи, опцій програми;
- приймання даних через два канали передавання даних (дротовий або бездротовий) за запитом або в автоматичному режимі з заданим інтервалом часу;
- відображення отриманих метеорологічних даних на екран монітора ПК;
- збереження прийнятих даних у базі даних на жорсткому диску;
- формування таблиць виміряних метеорологічних даних, їхній роздрук, експорт у форматі MS Word;
- формування графіків вимірювань, їхнє масштабування, роздрук, експорт у форматі JPEG;
- формування вибірок даних з архівів (місячних, річних, тощо) для подальшого їх перегляду.

Під час запуску графічного інтерфейсу “Weather Station” відкривається вікно COM_settings (рис. 2) для вибору COM-порту, по якому відбуватиметься зв’язок з автоматизованою системою вимірювання параметрів довкілля, та налагодження потрібного каналу зв’язку (Wire – дротовий, Modem – бездротовий).

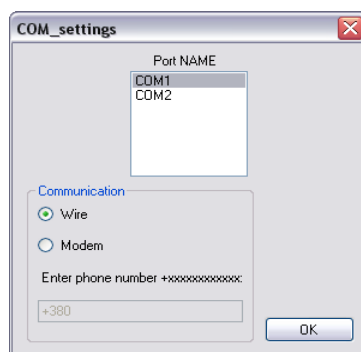


Рис. 2. Вигляд вікна вибору COM - порта та каналу зв'язку

Вікно у списку автоматично відображає перелік усіх доступних COM-портів для конкретного ПК. Якщо вибраний COM-порт зайнятий іншими пристроями, то виводиться попереджувальне вікно з інформацією “This Com - port is busy”, після закриття якого відбувається аварійне закриття програми. У разі вибору бездротового зв'язку (Modem) стає активним поле введення номера SIM-картки 3G модема ZTE MF100 (Enter phone number +xxxxxxxxxxx). У випадку введення некоректного телефонного номера виводиться вікно з повідомленням “Invalid phone number”.

Після натискання на кнопку ОК відкривається головне вікно програми “Weather Station” (рис. 3).

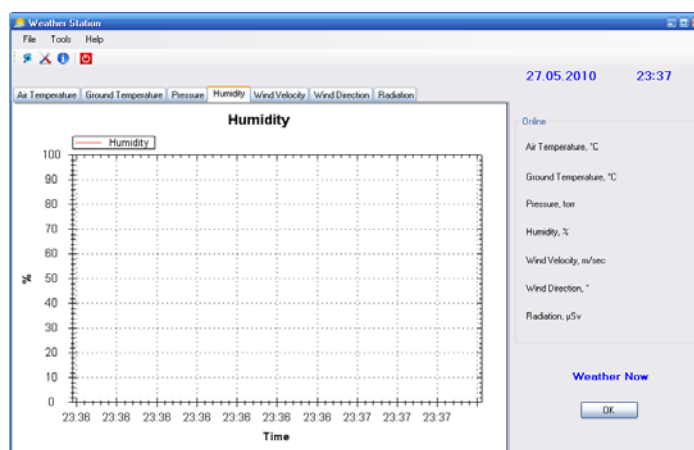


Рис. 3. Головне вікно програми “Weather Station”

Зверху вікна розташовані стандартні пункти меню програми File, Tools та Help. Пункт меню File складається з підменю Weather History та Exit. Підменю Weather History відкриває вікно для перегляду створюваного архіву бази даних, а також створення необхідного фільтрування в ній, а Exit закриває програму графічного інтерфейсу. Меню Tools містить підменю Settings, яке дає змогу змінювати часовий інтервал вимірювання параметрів довкілля автоматизованою станцією та масштабувати графіки виміряних даних для ліпшої їх візуалізації. Меню Help містить підменю About Weather Station, яке виводить вікно з відображенням інформації про програму та її розробників.

Нижче основного меню розташовані основні піктограми (кнопки швидкого меню) (зліва направо), Weather History, Settings, About Weather Station та Exit.

На графіках у режимі реального часу виводиться динаміка зміни виміряних параметрів довкілля, а саме: температури повітря Air Temperature, температури ґрунту Ground Temperature, атмосферного тиску Pressure, відносної вологості повітря Humidity, швидкості вітру Wind Velocity, напряму вітру Wind Direction та радіаційного фону Radiation. Масштабування в часі є динамічне з можливістю прокручування видимої ділянки графіків та відображенням останніх 50 відліків вимірювання кожного типу метеорологічних даних. Група Online відображає значення останніх одержаних з автоматизованої системи параметрів довкілля. Для

зручності користувача зверху вікна відображена поточна дата в форматі “число, місяць, рік” та реальний час. Кнопка Weather Now дає змогу надсилати запит на термінове отримання виміряних метеорологічних даних, не очікуючи автоматичного надходження даних із заданим наперед часовим інтервалом.

Перегляд архівних даних, записаних у базу даних, виконують за допомогою вікна Weather History (рис. 4).

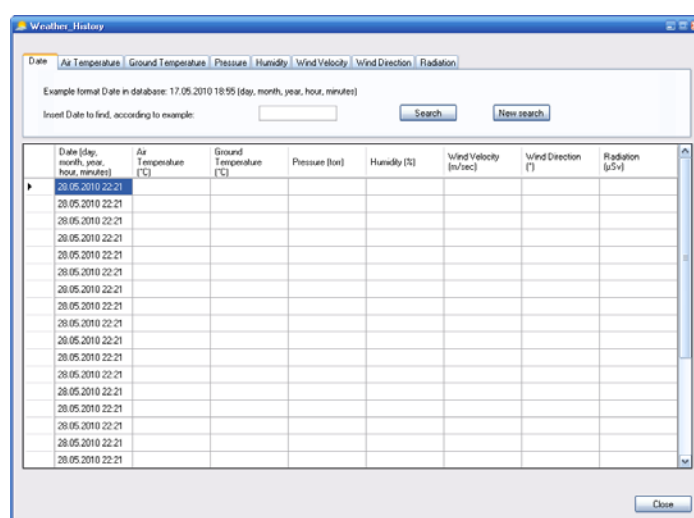


Рис. 4. Вікно “Weather History” для роботи з архівом бази даних

Основну частину вікна займає таблиця з архівом метеорологічних даних. Формат даних у таблиці відповідає формату відображення даних у базі даних. Для організації пошуку потрібної інформації створено низку вкладок. Уведення інформації для пошуку має відповідати формату, наведеному в примітках. Також можливий пошук за першими декількома символами. Для власне пошуку в таблиці використовують кнопку Search, а для створення нового пошуку – New search. У разі будь-якої зміни запиту для пошуку у відповідному полі автоматично відбувається перехід на новий пошук. Рядок, який відповідає критерію пошуку, після натиснення на кнопку Search буде підсвічуватися. В разі відсутності даних після пошуку відображається вікно з повідомленням Not found. Кнопка Close закриває вікно Weather History.

1. CY8C29466, CY8C29566, CY8C29666, CY8C29866. PSoC® Programmable System-on-Chip™ datasheet, 2009. 46 p. // <http://www.cypress.com/?mpn=CY8C29466-24PXI>.
2. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, 22 p. // <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
3. H1H-3610 Series datasheet, 4 p. // <http://www.datasheetarchive.com/H1H3610-datasheet.html>.
4. MPX4115 Series datasheet, 1997, 9 p. // <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MPX4115.pdf>.

5. Wind Monitor. Model 05103 // <http://www.youngusa.com/products/7/5.html>.
6. СБМ-20. Параметры и характеристики // <http://istok2.com/data/2398/>.

AUTOMATED MONITORING SYSTEMS OF ENVIRONMENT PARAMETER

O. Dzendzelyuk, I. Musiichuk, V. Rabyk

*Ivan Franko National University of L'viv
Tarnavsky Str., 107, UA-79017 Lviv, Ukraine
RabykV@ukr.net*

Hardware and software support of an automated system for monitoring the environment parameters is described. The main technical characteristics of the system are given and the parameters which can be measured, transferred and processed using this system are described. The modes of the automated system, its functional scheme and the purpose of its components are considered in detail. The algorithm of transferring the measured data through a wireless communication line and the format of sending are described. The description is given of the graphic interface "Weather Station" developed by us for administering the system with the aid of a PC.

Key words: monitoring, environment parameters, hardware and software support, sensor, modem, microcontroller.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

О. Дзендзелюк, И. Мусяйчук, В. Рабик

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Ген. Тарнавского, 107, 79017 Львов, Украина
RabykV@ukr.net*

Описано аппаратное и программное обеспечение автоматизированной системы мониторинга параметров окружающей среды. Приведены основные технические характеристики системы, параметры, которые можно измерять, передавать и обрабатывать с ее помощью. Детально рассмотрены режимы работы автоматизированной системы, ее функциональная схема, а также назначение всех составляющих. Описан алгоритм передачи измеренных данных по беспроводной связи и формат ссылок. Приведено описание разработанного графического интерфейса "Weather Station", предназначенного для управления системой с помощью персонального компьютера.

Ключевые слова: мониторинг, параметры окружающей среды, аппаратное и программное обеспечение, датчик, модем, микроконтроллер.

Стаття надійшла до редколегії 20.04.2010

Прийнята до друку 16.06.2010