

*Разработана энергосберегающая система теплоснабжения теплиц с использованием солнечной энергии и сезонного аккумулятора теплоты, работающего на фазовых превращениях теплоаккумулирующего материала.*

***Теплица, солнечная энергия, сезонный аккумулятор теплоты, теплообменные процессы, фазовый переход, зарядка и разрядка аккумулятора.***

*Energy-saving heating system of greenhouses using solar energy and seasonal heat accumulator, working on phase transformations heat accumulating material are developed.*

***Greenhouse, solar energy, seasonal heat accumulator, heat transfer processes, phase transition, charging and discharging of the battery.***

УДК 681.517.631

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ  
МОНІТОРИНГУ ЗОВНІШНІХ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ  
ПРИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОМУ КЕРУВАННІ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ**

***В.П. Лисенко, В.М. Решетюк, В.М. Штепа,  
кандидати технічних наук  
А.А. Руденський, В.М. Пуха, інженери  
Т.І. Лендєл, А.О. Дудник, аспіранти***

*Обґрунтовано доцільність розробки програмно-апаратних засобів підсистеми моніторингу технологічних параметрів у теплиці: температури та вологості повітря. Встановлено технологічні вимоги до технічних засобів такої підсистеми. Спроектовано принципову електричну схему та друковані плати; здійснено калібрування сприймаючих елементів. Синтезовано алгоритмічно-програмне забезпечення керування відповідним обладнанням. Досліджено, із використанням осцилограм, якість роботи технічних засобів автоматики. Проведено виробничу перевірку підсистеми моніторингу зовнішніх температури та вологості.*

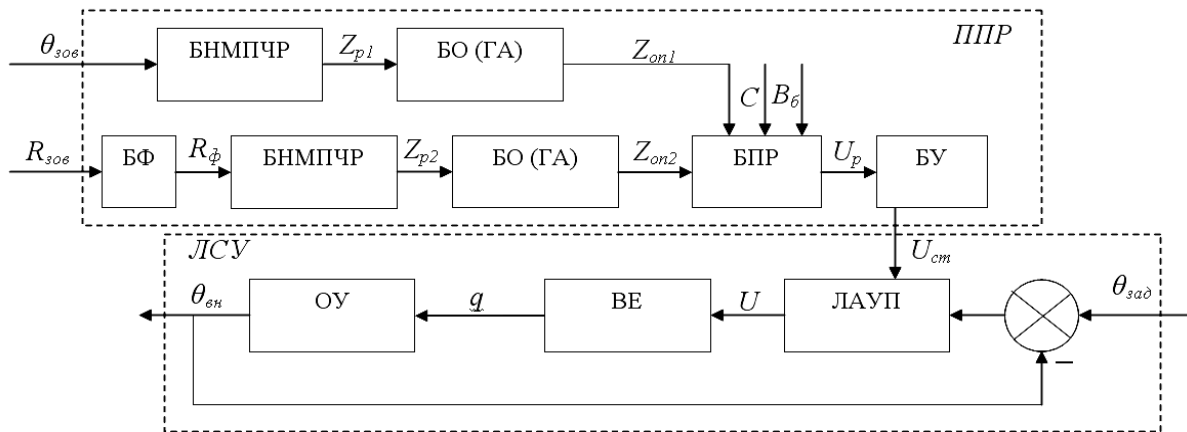
***Система керування, підсистема моніторингу, вологість, температура, сприймаючі елементи, надійність.***

У результаті проведених досліджень розроблено схему системи керування процесом вирощування рослин у теплиці [1–3]. У ній блок нейромережевого моделювання і прогнозування часових рядів (БНМПЧР) (рис.

1) створюється на основі нейронної мережі типу багатошаровий перцептрон і прогнозування температурного часового ряду та часового ряду сонячної радіації.

З використанням блока оптимізації із застосуванням генетичного алгоритму відбувається оптимізація нейронної мережі.

Прогнозоване значення збурень передається в блок прийняття рішень (БПР), у базі даних якого зберігаються можливі варіанти дій керування й показники якості ( $B_6$ ) для кожної дії за продуктивністю виробництва, матеріальними та енергетичними витратами у фізичних одиницях. У БПР вводяться дані вартості складових прибутку  $C$ , і далі на основі критерію оптимізації здійснюється вибір оптимальної стратегії управління ( $U_p$ ). За допомогою блок управління (БУ) проводиться зміна заданої дії  $U_{зад}$  у, з врахуванням вологості повітря локальний автоматичний управляючий пристрій (ЛАУП).



**Рис. 1. Структурна схема системи керування процесом вирощування рослин в теплиці:**

ППР – підсистема прийняття рішень; БФ – блок фільтрації інтенсивності сонячної радіації; БНМПЧР – блок нейромережевого моделювання і прогнозування часових рядів; БО (ГА) – блок оптимізації на основі генетичного алгоритму; БПР – блок прийняття рішень; БУ – блок управління; ЛСУ – локальна система управління; ЛАУП – локальний автоматичний управляючий пристрій; ВК – виконавчі елементи; ОУ – об’єкт управління

Додатковими вважаємо блок фільтрації для часового ряду інтенсивності сонячної радіації, а також блок оптимізації налаштувань нейронних мереж з використанням генетичного алгоритму.

Очевидно, що для ефективного функціонування такої системи (див. рис. 1) обов’язковою умовою є наявність адекватного та надійного програмно-апаратного забезпечення підсистем збору, перетворення та передачі технологічної інформації від об’єкта до блоків інтелектуального керування.

**Мета досліджень** – розробка та дослідження програмно-апаратного забезпечення підсистеми моніторингу зовнішньої температури і вологості повітря.

**Матеріали та методика досліджень.** Технологічні вимоги до підсистеми моніторингу потребують вимірювання: температури з точністю 1 °С, відносної вологості повітря з точністю 2 %. Вимірювання слід здійснювати в теплиці в зоні розташування рослин на висоті 1, 2 і 3 м, а також зовні теплиці. Передбачається дані про виміри кожні 5 хв передавати в комп'ютер верхнього рівня для накопичення інформації у базі даних і передачі через мережу Інтернет.

Підсистема моніторингу температури та вологості повітря складається з чотирьох цифрових датчиків температури DS18B20, двох датчиків відносної вологості повітря HIH-3610-004, мікросхем мікроконтролера PIC16F873A, зв'язку з COM-портом MAX232, стабілізатора напруги 5 В 7805, кварцового резонатора з частотою 4 МГц для задання тактової частоти мікроконтролера, чотирьох світлодіодів сигналізації, джерела живлення 9 В, 0,5 А, запобіжника, електричних опорів та конденсаторів.

**Результати досліджень.** Електрична принципова схема (рис. 2) живиться від стабілізованого джерела G1 напругою 9 В з електронним захистом від короткого замикання. Мікросхема U1 7805 на виході 3 стабілізує напругу 5 В, від якої живляться мікросхеми та датчики. Датчики U4 та U5 відповідно зовнішньої та внутрішньої відносної вологості повітря перетворюють цей параметр у електричну напругу, яка надходить на входи модуля аналого-цифрового перетворення (АЦП) мікроконтролера U2. Сигнали цифрових датчиків зовнішньої (U6) і внутрішньої (U7...U9) температури за однопровідним інтерфейсом MicroLAN передаються до входів RA2 та RA4 порту А мікроконтролера U2. Обмін даними між мікроконтролером і комп'ютером верхнього рівня здійснюється кожні 5 хв за допомогою мікросхеми U3 через COM-порт (рознімач P1).

Кварцовий резонатор X2 разом з конденсаторами C5, C6 забезпечує стабільну тактову частоту  $F_{\text{ген}} = 4$  МГц генератора мікроконтролера. Світлодіоди VD5...VD8 з обмежувальними резисторами R8...R11 призначені для сигналізації початкового запуску мікроконтролера та можливих помилок у процесі роботи підсистеми.

Підтягувальні резистори R6, R7 забезпечують високий рівень напруги, коли відсутня передача та прийом "нуля" з ліній інтерфейсу MicroLAN. Конденсатори C1...C3 монтуються поряд з мікросхемами для зменшення перешкод. Через рознімач J1 здійснюється внутрішньосхемне програмування пам'яті програм мікроконтролера U2.

Друковану плату мікропроцесорної підсистеми моніторингу розроблено в середовищі Sprint Layout (рис. 3).

Згідно з технічним описом датчиків вологості [4] залежність електричної напруги від відносної вологості повітря є лінійною. Перетворення напруги в код АЦП також є лінійним. Для калібрування кожного датчика визначено по дві точки статичної характеристики датчиків.

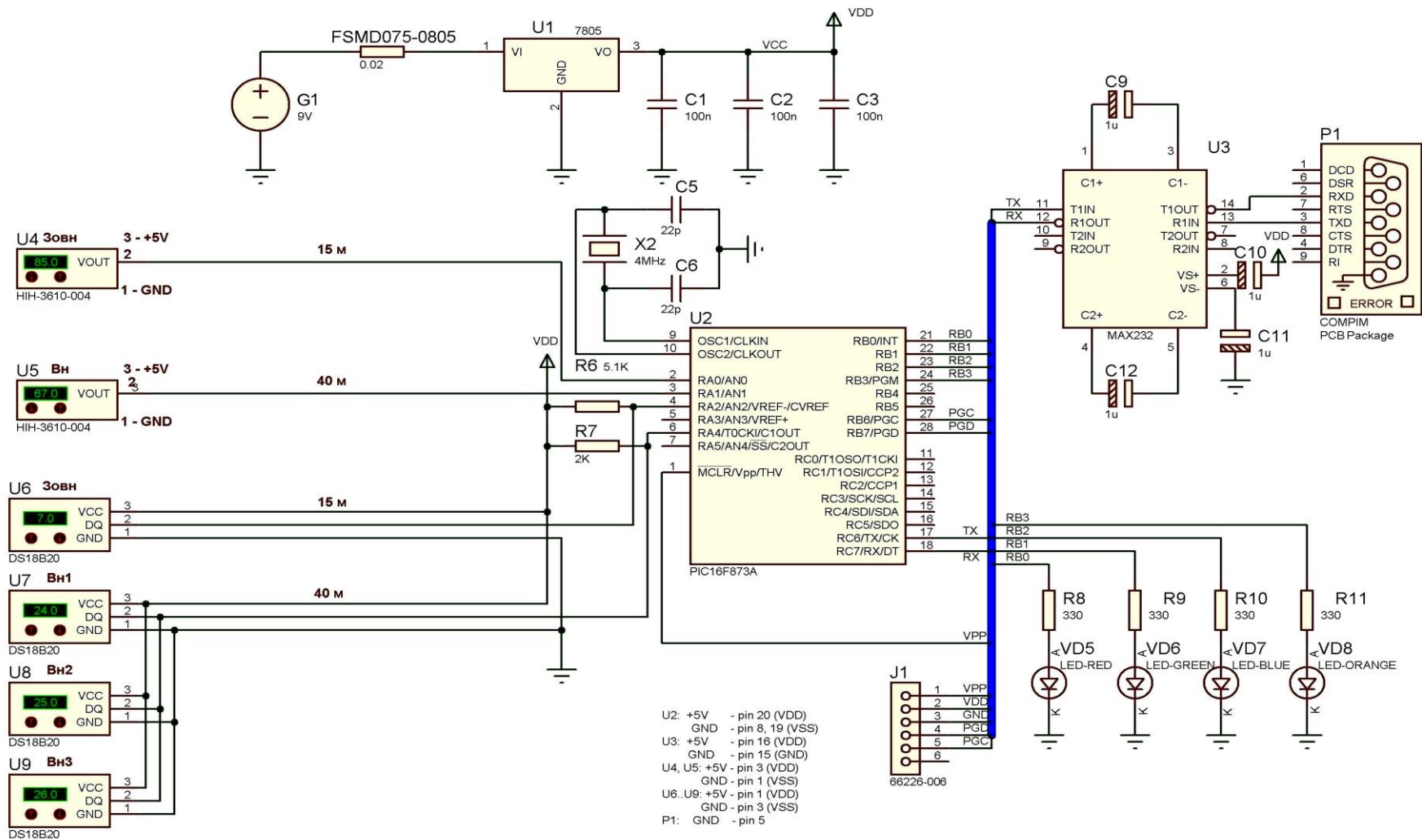
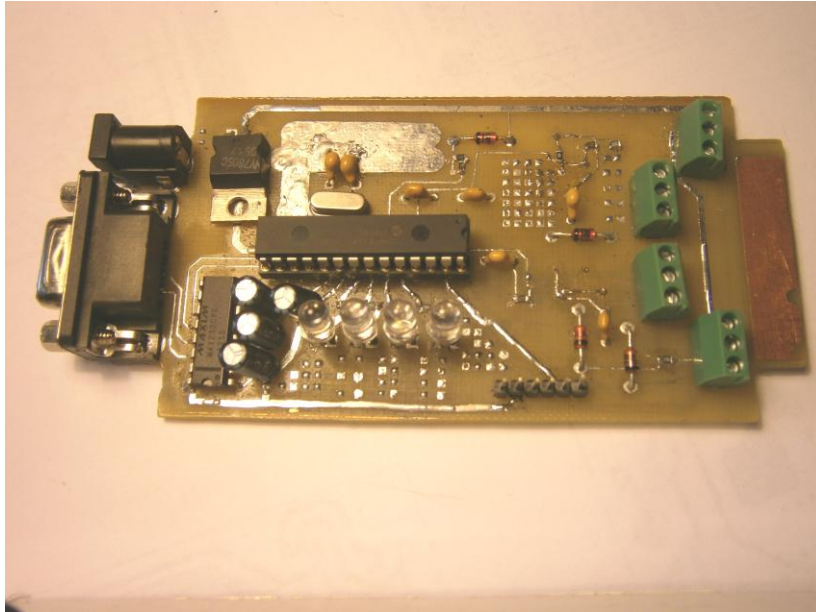


Рис. 2. Електрична принципова схема підсистеми моніторингу температури та вологості в теплиці



**Рис. 3. Друкована плата мікропроцесорної підсистеми моніторингу**

Перша точка отримана в середовищі лабораторії з використанням зразкового аспіраційного психрометра МВ-4М. Друга точка отримана у середовищі над насиченим розчином NaCl, де згідно зі стандартом ISO 483-88 відносна вологість повітря становить 75 % (таблиця).

Із цих даних отримані такі калібрувальні залежності:

Датчик вологості № 421:  $\varphi = 0,606 \cdot C - 32,67$ ,

Датчик вологості № 420:  $\varphi = 0,606 \cdot C - 39,34$ ,

де  $\varphi$  – відносна вологість повітря, %;

C – код АЦП.

#### **Калібрувальні дані датчиків відносної вологості повітря НІН-3610-004**

Датчик відносної вологості зовнішнього повітря № 421		Датчик відносної вологості зовнішнього повітря № 420	
Відносна вологість, %	Код АЦП	Відносна вологість, %	Код АЦП
34,6	111	34,6	122
75,0	178	75,0	189

Цифрові датчики температури DS18B20 калібрують при їх виготовленні [5]. Результат перетворення передається до мікроконтролера в градусах Цельсія з дозволяючою здатністю 0,0625 °C. Дані програмно заокруглюються до цілих.

Алгоритм роботи підсистеми моніторингу складається з двох основних частин:

- основна програма;
- підпрограма обробки переривання.

Основна програма передбачає такі блоки.

1. Ініціалізація зовнішніх портів, модулів АЦП, таймера TMR2, USART послідовного обміну з комп'ютером за інтерфейсом RS232. Початкові установки регістрів та прапорців ознак.

2. Якщо встановлено ознаку вимірювання  $F_m=1$ , перейти до п. 4, інакше – п. 3.

3. Якщо встановлено ознаку  $F_{tx}=1$  передачі до комп'ютера, перейти до п. 5, інакше – до п. 2.

4. Вимірювання відносної вологості повітря від двох датчиків HIH-3610-004 та температури повітря від чотирьох датчиків DS18B20.  $F_m=0$ . Перейти до п. 2.

5. Розрахунок середніх значень виміряних параметрів за 5 хв, розпаковка та запис їх у форматі ASCII кодів, підрахунок контрольної суми, передача масиву ASCII кодів за інтерфейсом RS232 до комп'ютера для накопичення бази даних.  $F_{tx}=0$ .

Алгоритм підпрограми обробки переривання містить такі блоки.

1. Збереження контексту.

2. Якщо ознака  $TMR2IF=1$ , перейти до п. 4, інакше – до п. 3.

3. Якщо накопичено 19 с, встановити ознаку  $F_m=1$ , почати відрахунок часу спочатку та перейти до п. 4, інакше – перейти до п. 4.

4. Якщо відраховано 5 хв,  $F_{tx}=1$ , почати відрахунок часу спочатку та перейти до п. 5, інакше – перейти до п. 5.

5. Відновлення контексту та повернення з підпрограми переривання.

Програмне забезпечення створено та налагоджено у середовищі MPLAB 8.92 з використанням програматора-налагоджувача PICKIT 2. Приклад осцилограми сигналів датчиків DS18B20 подано на рис. 5.

Програма керування вентиляторами регулює роботу рециркуляційних вентиляторів залежно від:

- часу їх включення і виключення;
- положення екрана;
- температури зовнішнього повітря.

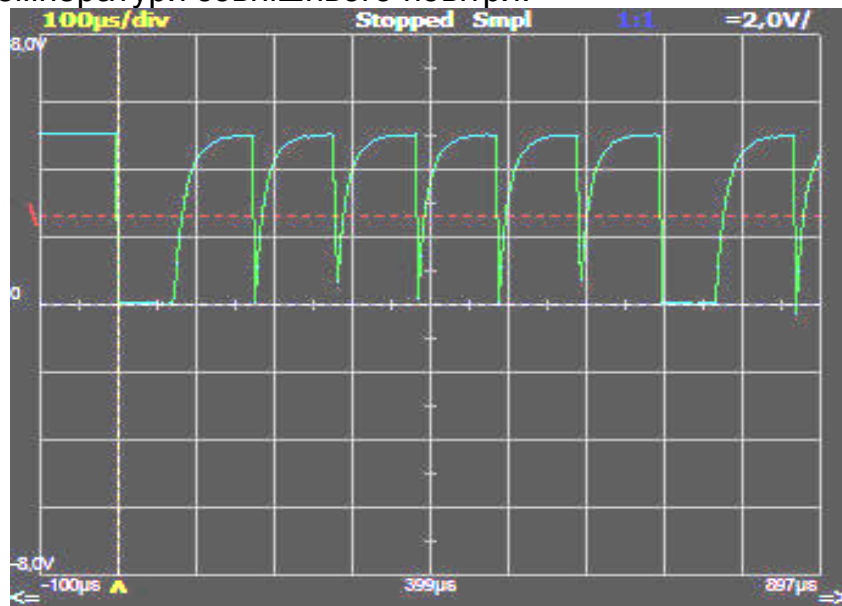


Рис. 5. Осцилограма фрагмента сигналу датчика температури

Відповідну систему було змонтовано та апробовано на базі ПАТ «Комбінат «Тепличний» (рис. 6). У процесі функціонування вона показала технологічно обґрунтовані швидкодію та надійність.



**Рис. 6. Фотофакти впровадження підсистеми моніторингу на виробництві ПАТ «Комбінат «Тепличний»**

### **Висновки**

Обґрунтовано, розроблено та виробничо апробовано програмно-апаратні засоби підсистеми моніторингу зовнішніх температури та вологості повітря системи енергоефективного керування мікрокліматом у теплицях. З точки зору надійності та функціональних параметрів їх доцільно застосовувати на виробничих об'єктах.

### **Список літератури**

1. Лисенко В.П. Метод оцінки ефективності роботи систем управління умовами утримання біологічних об'єктів для промислового виробництва сільськогосподарської продукції / В.П. Лисенко, Б.Л. Головінський // Аграрна наука та освіта. – К.: НАУ, 2005. – Т.6. - № 3–4. – С. 127 – 133.
2. Лисенко В.П. Ймовірнісна (Байєсівська) нейронна мережа класифікації температурних образів / В.П. Лисенко, В.М. Штепа, А.О. Дудник // Вісник аграрної науки. – К.: НААН. – 2011. – № 4. – С. 53–56.
3. Лисенко В.П. Нейромережеве прогнозування часових рядів температури навколишнього природного середовища / В.П. Лисенко, Н.А. Заєць, В.М. Штепа, А.О. Дудник // Біоресурси і природокористування. – К.: НУБіП України, 2011. – Т.3. – № 3 – 4. – С. 102 – 108.
4. <http://powerware.eaton.com/Ukraine/Products-services>
5. <http://www.ukrrele.com/thermo-regulator.htm>

*Обоснована целесообразность разработки программно - аппаратных средств подсистемы мониторинга технологических параметров в теплице: температуры и влажности воздуха. Установлены технологические требования к техническим средствам такой под-*

системы. Спроектированы принципиальная электрическая схема и соответствующие печатные платы; осуществлены калибровки воспринимающих элементов. Синтезировано алгоритмически-программное обеспечение управления соответствующим оборудованием. Исследовано, с использованием осциллограмм, качество работы технического обеспечения автоматики. Проведена производственная проверка подсистемы мониторинга внешних температуры и влажности.

**Система управления, подсистема мониторинга, влажность, температура, воспринимающие элементы, надежность.**

*The expediency of development of software and hardware subsystem monitoring process parameters in the greenhouse: temperature and humidity. The technological requirements of means of this subsystem. Designed schematic diagrams and printed circuit boards, by perceiving calibration elements. Synthesized algorithmically software controls the equipment. Investigated, using oscillograms, the quality of engineering of automation. A check of the production subsystem monitor external temperature and humidity.*

**Control system, a subsystem monitoring, humidity, temperature, perceiving elements, reliability.**

УДК 504.064:625.711

## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ**

**Г.М. Желновач, кандидат технічних наук  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

*Розглянуто особливості застосування інформаційних систем в екологічному управлінні. Встановлено доцільність використання нейромережевого моделювання для розробки системи екологічного моніторингу на прикладі екологічного моніторингу придорожнього простору автомобільних доріг.*

**Екологічне управління, інформаційна система, екологічний моніторинг, автомобільна дорога.**

Головною особливістю екологічного управління є гармонізація двох надскладних динамічних систем – природної та антропогенної, які мають велику кількість внутрішніх взаємозв'язків між елементами і підсистемами.

Необхідність формування та вдосконалення інформаційних систем екологічного управління обумовлена як внутрішніми (інформаційне забезпечення процесів прийняття екологічно безпечних управлінських рішень