

Олексій Деркач
НУБіП України, ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження, Київ, Україна
derkach.oleksiy@ukr.net

Алла Дудник
кандидат технічних наук, доцент
НУБіП України, ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження, Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-9797-3551
dudnikalla@nubip.edu.ua

БЕЗПОШУКОВА АДАПТИВНА СИСТЕМА

Анотація. Представлено дослідження та вдосконалення комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурою у камері охолодження напівфабрикатів. Основною метою дослідження є підвищення точності та стабільності процесу керування температурою, а також зменшення витрат та підвищення загальної ефективності виробництва.

У результаті досліджень розроблено інноваційні підходи до вдосконалення системи, включаючи використання безпошукових алгоритмів, адаптивність до змінних умов, систему навчання та автоматичне переключення режимів. Отримані результати свідчать про покращення якості керування температурою та забезпечують економічну доцільність впровадження запропонованих вдосконалень.

Дане дослідження відкриває перспективи для подальших розв'язків у сфері автоматизації камер охолодження, сприяючи підвищенню ефективності виробництва та покращенню умов зберігання продукції харчової промисловості. Досліджено та розроблено безпошукову адаптивну систему комп'ютерно-інтегрованого керування температурою у камері охолодження напівфабрикатів. Ця система представляє інноваційний підхід до автоматизації процесів зберігання та виробництва харчових продуктів.

Основні особливості системи включають в себе використання безпошукових алгоритмів для ефективного регулювання температури, адаптивність до змінних умов навколишнього середовища, систему навчання, яка дозволяє системі оптимізувати параметри на основі динаміки виробничого процесу, та автоматичне переключення режимів з урахуванням зовнішніх факторів.

Використання такої системи сприяє підвищенню ефективності виробництва, зменшенню витрат енергії та забезпеченню стабільності температурного режиму в камері охолодження, що, в кінцевому підсумку, позитивно впливає на якість та тривалість зберігання напівфабрикатів.

Ключові слова: температура, адаптивна система, керування, імітаційні моделі.

1. ВСТУП

У сучасному світі, де технології активно використовуються у всіх сферах життя, виробництва та зберігання продукції вимагає високоточного та ефективного керування температурним режимом. Особливо це стосується галузей харчової промисловості, де точність та стабільність температурних параметрів грають вирішальну роль у забезпеченні якості та тривалості зберігання продукції.

В даному контексті, розглядається та досліджується безпошукова адаптивна система комп'ютерно-інтегрованого керування температурою в камері охолодження напівфабрикатів. Ця система виступає як відповідь на виклики сучасного виробництва, де важливість точного та динамічного контролю температури є визначальною для забезпечення високих стандартів якості продукції [1]-[3].

Постановка проблеми. Проблема полягає в тому, що традиційні методи керування не завжди враховують динамічні особливості процесів та змінні умови експлуатації, що

може призводити до нестабільності температурного режиму та впливати на якість та термін зберігання продукції.

Мета публікації. Полягає в зменшенні енергозатрат та підвищенні якості кінцевої продукції шляхом вдосконалення комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурою у камері охолодження напівфабрикатів із використанням адаптивної складової.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Структурна схема безпошукової адаптивної системи автоматичного регулювання з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування наведена на рисунку 1.

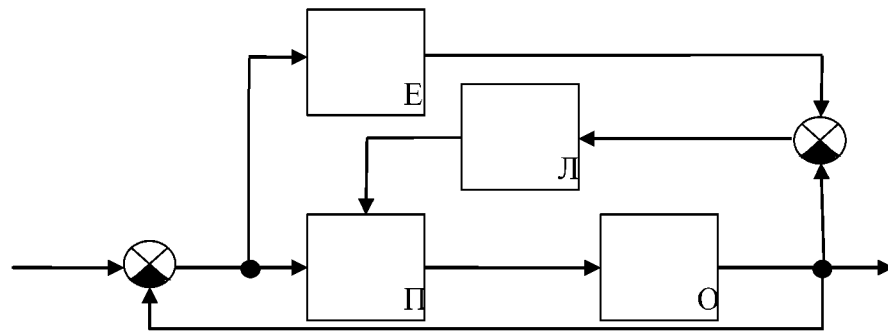


Рисунок 1. Структурна схема безпошукової адаптивної системи автоматичного регулювання з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування

На рисунку 1 відображені: ПК – пристрій керування; ЛС – ланцюг самоналаштування; О – об'єкт керування; ЕМ – еталонна модель.

Розглянемо принцип роботи безпошукової адаптивної системи автоматичного регулювання з еталонною моделлю. Сигнал неузгодженості $\varepsilon(t)$ подається на вхід моделі ЕМ, а також на вхід пристрою керування, вихідний сигнал якого підключено до об'єкта керування. Сигнал на виході об'єкта керування $Z(t)$ порівнюється з вихідним сигналом еталонної моделі $Z_M(t)$. Якщо вони не збігаються, то виробляється сигнал відхилення $g(t)$, який, впливаючи на ланцюг самоналаштування (ЛС), змінює параметри ПК доти, поки вихідні сигнали моделі $Z_M(t)$ та об'єкта керування $Z(t)$ збігаються [3].

Найбільш важливим етапом розроблення безпошукової адаптивної системи автоматичного регулювання з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування є розроблення алгоритму сигналу неузгодженості ЛС, щоб сигнал відхилення $g(t)$ був обмеженим і згодом прямував до нуля, що є ознакою стійкості системи керування.

Найбільш універсальним для оцінки стійкості системи є прямий метод Ляпунова: якщо системи керування описується сукупністю рівнянь у відхиленнях у формі Коші

$\dot{y}_i = \varphi_i(y_1, y_2, \dots, y_n, t)$, $i = \overline{1, n}$ і можна підібрати таку знаковизначену функцію Ляпунова $V(y_1, y_2, \dots, y_n)$, від якої повна похідна в часі $\frac{dV}{dt}$ в деякій області Q є

знакопостійною функцією протилежного знака функції $V(y_i(t))$, то функції $y_1(t)$, $y_2(t)$, ..., $y_n(t)$, будуть обмеженими, а система асимптотично стійкою.

Розглянемо застосування прямого методу Ляпунова для синтезу системи керування другого порядку.

Нехай у розімкнутому стані (без моделі) реальна система управління описується рівнянням

$$\ddot{z}(t) + c_1 \dot{z}(t) + c_2 z(t) = k_o(t) a(t) \varepsilon(t), \quad (1)$$

де c_1 та c_2 – незмінні параметри ОУ;

$k_o(t)$ – коефіцієнт підсилення ОУ, що змінюється з часом;

$a(t)$ – коефіцієнт підсилення пристрою керування, який є його варіативним параметром ПК.

Нехай рівняння моделі має аналогічний вигляд

$$\ddot{z}_M(t) + c_1 \dot{z}_M(t) + c_2 z_M(t) = k_M \varepsilon(t). \quad (2)$$

Необхідно знайти такий процес зміни коефіцієнтів $a(t)$, який призведе до усунення неузгодженості $g(t)$ між вихідними сигналами ОУ $z(t)$ та моделі $z_M(t)$ та забезпечить асимптотичну стійкість. Синтезуємо таку систему керування.

Якщо $g(t) = z_M(t) - z(t)$, то відніmemo з (1) (2). Отримаємо

$$\ddot{g}(t) + c_1 \dot{g}(t) + c_2 g(t) = [k_M - k_o(t) a(t)] \varepsilon(t) = b(t) \varepsilon(t), \quad (3)$$

де $b(t) = k_M - k_o(t) a(t)$.

Запишемо (3) у формі Коші, позначивши $g(t) = g_1(t)$; $\dot{g}_1(t) = g_2(t)$.

Тоді рівняння (3) можна переписати у вигляді:

$$\begin{aligned} \dot{g}_2(t) + c_1 g_2(t) + c_2 g_1(t) &= b(t) \varepsilon(t) \quad \text{або} \\ \dot{g}_2(t) &= -c_1 g_2(t) - c_2 g_1(t) + b(t) \varepsilon(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Уведемо функцію Ляпунова V у формі квадратичної додатно визначеної функції змінних $g_1(t)$, $g_2(t)$ і коефіцієнта $b(t)$:

$$V = c_2 g_1^2(t) + g_2^2(t) + b^2(t). \quad (5)$$

Знайдемо повну похідну за часом t від функції V :

$$\frac{dV}{dt} = c_2 2g_1(t) \frac{dg_1(t)}{dt} + 2g_2(t) \frac{dg_2(t)}{dt} + 2b(t) \frac{db(t)}{dt}. \quad (6)$$

З урахуванням (4) вираз (6) можна записати так:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= 2 \left[c_2 2g_1(t) g_2(t) + g_2(t) (-c_1 g_2(t) - c_2 g_1(t) + \right. \\ &\left. + b(t) \varepsilon(t)) + b(t) \dot{b}(t) \right] = 2 \left[c_2 g_1(t) g_2(t) - c_1 g_2^2(t) - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & -c_2 g_2(t) g_1(t) + g_2(t) b(t) \varepsilon(t) + b(t) \dot{b}(t) \Big] = \\ & = 2 \Big[-c_1 g_2^2(t) + b(t) (g_2(t) \varepsilon(t) + \dot{b}(t)) \Big]. \end{aligned} \quad (7)$$

Щоб похідна $\frac{dV}{dt}$ була від'ємно визначеною, необхідно, щоб $c_1 > 0$, а $b(t)(g_2(t)\varepsilon(t) + \dot{b}(t)) = 0$ при будь-яких $b(t)$ та $\varepsilon(t)$. Звідси випливає, що

$$\dot{b}(t) = -g_2(t) \varepsilon(t). \quad (8)$$

При $k_o(t)$, що змінюється повільно (система самоналаштовується швидше, ніж змінюються властивості ОУ), можна записати, що

$$k_o(t) = k_o + \Delta k_o(t), \quad (9)$$

де $k_o = const$ – відоме номінальне значення коефіцієнта підсилення ОУ;

$\Delta k_o(t)$ – складова, що повільно змінюється.

Підставивши в (8) вирази $b(t) = k_M - k_o(t)a(t)$ та (2.175), отримаємо

$$-\frac{d}{dt} \Big[a(t) (k_o + \Delta k_o(t)) \Big] = -g_2(t) \varepsilon(t). \quad (10)$$

Якщо $\Delta k_o(t) < k_o$, то другим доданком у лівій частині (9) можна знехтувати. Тоді $-\dot{a}(t)k_o = -g_2(t)\varepsilon(t)$ або

$$\dot{a}(t) = \frac{1}{k_o} g_2(t) \varepsilon(t)$$

Звідси випливає вираз для варіативного параметра ПК:

$$a(t) = \frac{1}{k_o} \int_0^t g_2(t) \varepsilon(t) dt \quad (11)$$

Структурна схема синтезованої адаптивної системи з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування наведена на рисунок 2.

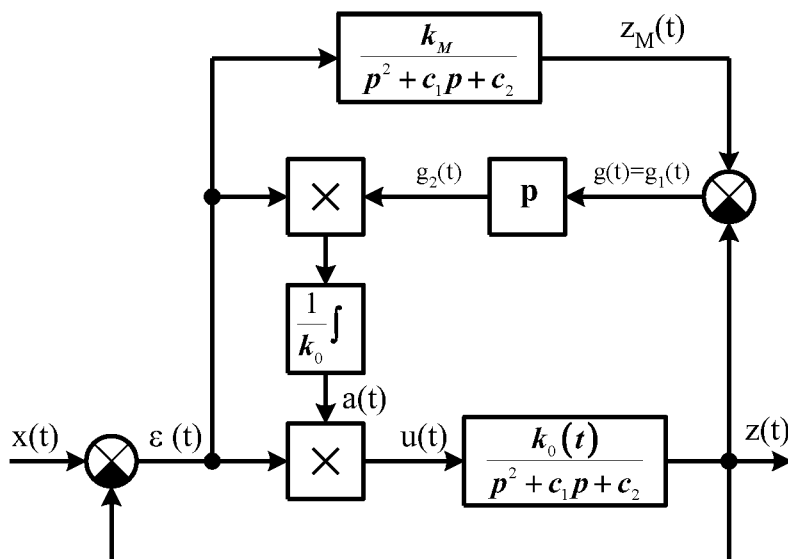


Рисунок 2. Структурна схема синтезованої адаптивної системи з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Адаптивна система - це система керування або регулювання, яка здатна адаптувати свої параметри і параметри регуляції без необхідності активного пошуку оптимальних значень. Її основна мета полягає в тому, щоб система самостійно змінювала свої налаштування на основі зібраних даних і без втручання оператора або інженера [1].

Адаптивні системи використовуються в ситуаціях, коли параметри об'єкта регулювання можуть змінюватися в ході роботи системи, але немає можливості точно передбачити ці зміни. Їх використання дозволяє підтримувати високу ефективність системи регулювання, навіть коли параметри об'єкта змінюються [2].

В процесі імітаційного моделювання можна переконатись в тому, що синтезована адаптивна система з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування при зміні параметра k_0 об'єкта керування від значення $k_0 = 0.01$, потім $k_0 = 0.1$ і $k_0 = 2$ та постійних параметрах еталонної моделі (k_M) і налаштувань ПІ-регулятора забезпечує показники якості перехідного процесу які можна визначити з наведених на рисунок 1 – рисунок 3 графіків перехідних процесів.

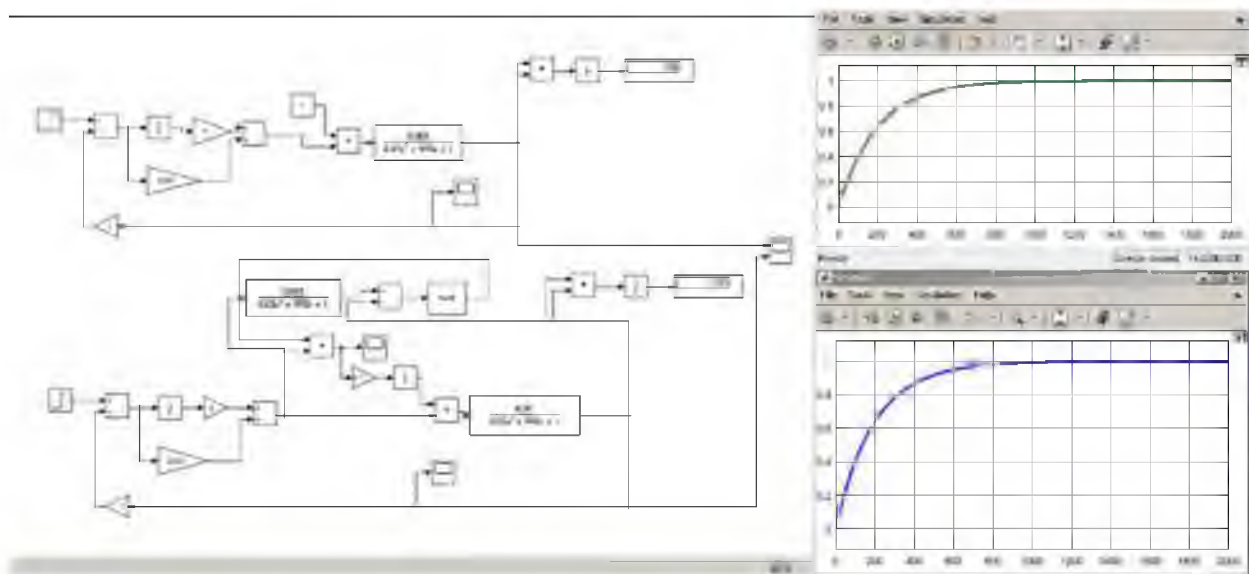


Рисунок 1. Імітаційні моделі і графіки перехідних процесів системи автоматичного регулювання з ПІ-регулятором (верхня схема і графік) та адаптивної системи з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування (нижня схема і графік) при значенні $k_0=0.01$

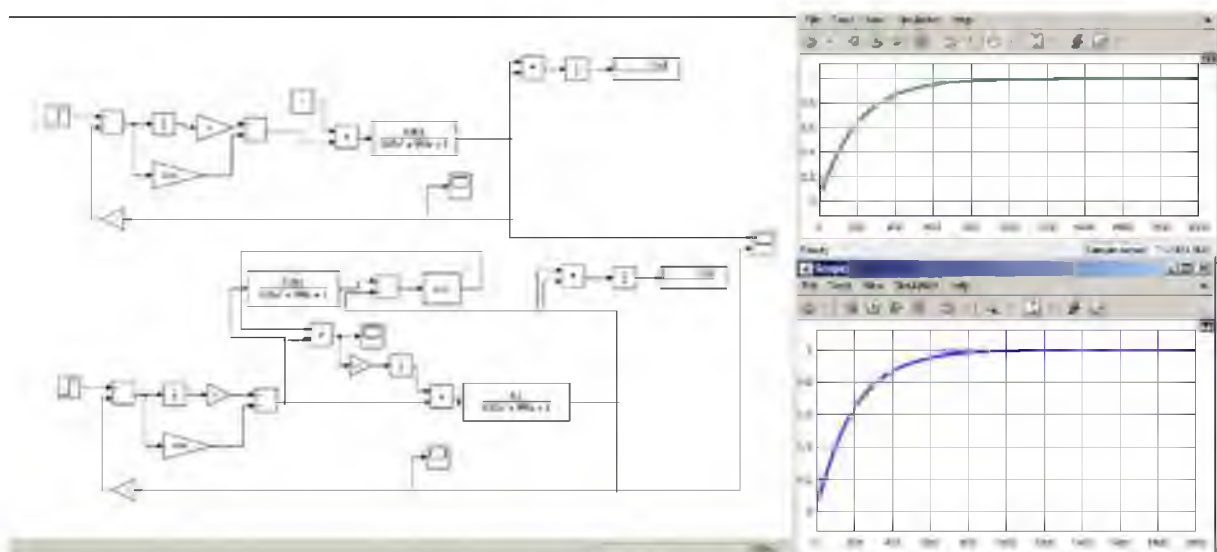


Рисунок 2. Імітаційні моделі і графіки перехідних процесів системи автоматичного регулювання з ПІ-регулятором (верхня схема і графік) та адаптивної системи з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування (нижня схема і графік) при значенні $k_0=0.1$

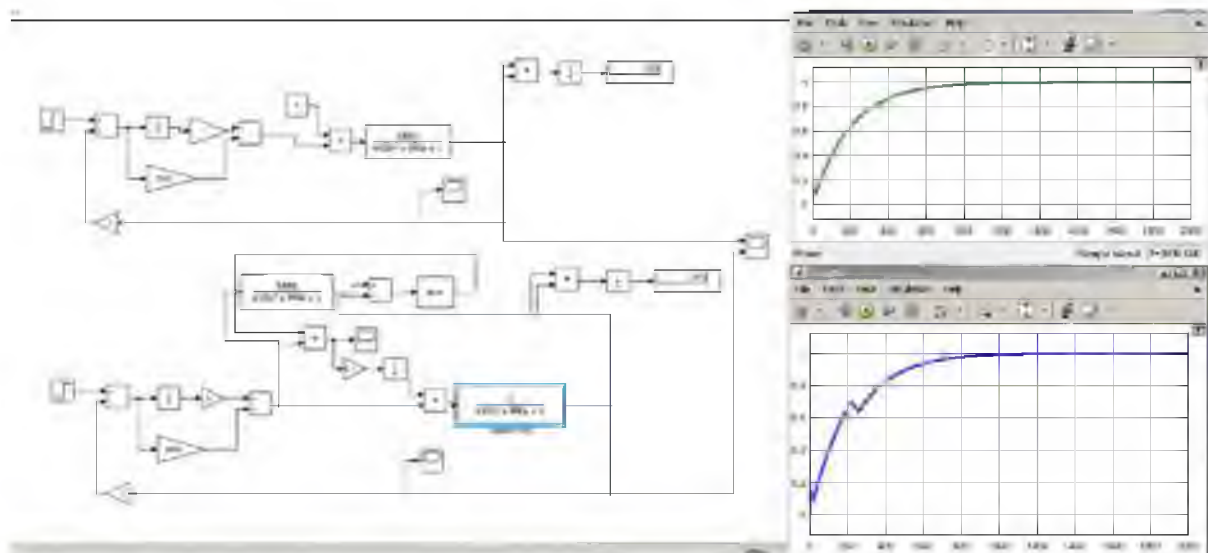


Рисунок 3. Імітаційні моделі і графіки перехідних процесів системи автоматичного регулювання з ПІ-регулятором (верхня схема і графік) та адаптивної системи з еталонною моделлю зі стабілізацією якості керування (нижня схема і графік) при значенні $k_0=2$

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті дослідження була розглянута проблема керування температурою в камерах охолодження напівфабрикатів та розроблена безпошукова адаптивна система для комп'ютерно-інтегрованого керування цим процесом.

Застосування адаптивних систем дозволяє автоматично адаптуватися до змінних умов експлуатації, забезпечуючи стабільний та оптимальний рівень температури в камерах охолодження. Проведені дослідження підтверджують перспективність використання таких систем у виробничих процесах.

З урахуванням динамічного розвитку технологій та росту вимог до якості продукції, подальші дослідження спрямовані на вдосконалення адаптивних систем керування температурою. Очікується подальше розвиток інтеграції штучного інтелекту та машинного навчання для забезпечення прогностичного управління та оптимізації енергоефективності.

ПОСИЛАННЯ

1. М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. К. Вища освіта. 2006. 640с.
2. Оптимальні та адаптивні системи: конспект лекцій / С.В. Соколов. Суми: Сумський державний університет, 2012. 165 с.
3. Лисенко В. П., Кузьменко Б. В., Ботвин В. Л., Кондратюк В. Г. Математичні моделі технологічних процесів та розрахунки за ними на ПК, Частина 2: Навчальне видання. К. Видавничий центр НАУ, 2001. 35 с.

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

NATIONAL UNIVERSITY
OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE

FACULTY OF INFORMATION
TECHNOLOGY

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

PROCEEDINGS

XI International scientific
conference

**GLOBAL AND
REGIONAL PROBLEMS OF
INFORMATIZATION IN
SOCIETY AND
NATURE USING
'2023**

15-16 November 2023

Kyiv, NULES of Ukraine

Kyiv 2023

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-практичної
конференції

**ГЛОБАЛЬНІ ТА
РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В
СУСПІЛЬСТВІ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ
'2023**

15-16 листопада 2023 року

Київ, НУБіП України

Київ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-практичної конференції

ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВІ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ '2023

15-16 листопада 2023 року

Київ, НУБіП України

Київ 2023

УДК 004

Рекомендовано до друку вченою радою факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 4 від 20.11.2023)

Укладач: к.е.н., доцент Харченко В.В.

Збірник матеріалів XI Міжнародної науково-практичної конференції "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2023", 15-16 листопада 2023 року, НУБіП України, К. НУБіП України, 2023. 117 с.

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

© Національний університет біоресурсів
і природокористування України, 2023