

УДК 681.5

Ю.Атаманчук, здобувач вищої освіти

Ю. Лещишин, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

МЕТОДИ І ЗАСОБИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИРОЩУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИДІВ РИБ

Y. Atamanchuk, higher education applicant

Y. Leshchyshyn, Ph.D., Associate Prof.

METHODS AND MEANS OF ADAPTIVE CONTROL OF COMPUTER SYSTEM PARAMETERS FOR THE CULTIVATION OF INDUSTRIAL FISH SPECIES

Стабільність параметрів середовища вирощування промислових видів риб є ключовою вимогою, оскільки відхилення температури або рівня кисню впливають на працездатність усієї інфраструктури. Поширені схеми керування в таких системах працюють за принципом простого перемикання при досягненні порогових значень, що не дає можливості точно враховувати зміну процесів у часі. Через це виникають коливання параметрів середовища, і система не може підтримувати потрібні значення з достатньою точністю[1].

Щоб реалізувати адаптивне регулювання, необхідно описати роботу середовища вирощування промислових видів риб у вигляді математичних моделей. Для контролю температури використовується рівняння теплового балансу, у якому враховується об'єм води, теплоємність, теплова потужність нагрівача, ефективність нагрівача та втрати тепла через поверхню середовища[2]. Така модель показує, як температура змінюється у відповідь на керуючі дії та зовнішні умови, і дозволяє визначити, який вплив потрібно сформулювати для стабілізації процесу.

$$C_v \cdot V \cdot \frac{dT(t)}{dt} = P(t) \cdot \eta - k_{loss} \cdot S \cdot (T(t) - T_{amb}) \quad (1.1)$$

де C_v – питома об'ємна теплоємність води;

V – об'єм води;

$P(t)$ – керуюча теплова потужність;

η – ККД нагрівача;

k_{loss} – узагальнений коефіцієнт тепловтрат;

S – площа поверхні;

T_{amb} – температура зовнішнього середовища.

Для керування системою аерації планується застосувати модель динаміки концентрації розчиненого кисню $C(t)$, що базується на рівнянні масопереносу [2]:

$$\frac{dC(t)}{dt} = K_L a \cdot (C_{sat} - C(t)) - R(t) \quad (1.2)$$

де $K_L a$ – об'ємний коефіцієнт масопередачі;

C_{sat} – концентрація насичення;

$R(t)$ – швидкість споживання кисню біомасою.

Аналогічно концентрація кисню описується рівнянням масопереносу, що враховує роботу аератора, можливу концентрацію насичення та швидкість споживання кисню[3]. Ця модель дає можливість прогнозувати зміну концентрації кисню в реальному часі, а також визначати, коли система повинна коригувати роботу аератора.

$$u[k] = K_p \cdot e[k] + K_i \cdot T_s \sum_{i=0}^k e[i] + K_d \frac{e[k] - e[k-1]}{T_s} \quad (1.3)$$

де $u[k]$ – розрахований керуючий вплив;
 $e[k]$ – помилка регулювання;
 T_s – період дискретизації.

Оскільки температурний та кисневий процеси мають інерційні властивості та змінюються з певною затримкою, система керування потребує алгоритму, здатного працювати у дискретному режимі та формувати керуючий вплив, що компенсує ці властивості. Для цього застосовується цифровий ПІД-алгоритм, який розраховує управляючу дію у кожен момент часу на основі різниці між поточним і потрібним значенням параметра[4].

Об'єднання цих моделей та алгоритмів формує основу комп'ютерної системи адаптивного керування параметрами середовища вирощування промислових видів риб. Такий підхід дозволяє підвищити точність регулювання, запобігти небажаним коливанням і забезпечити стабільну роботу системи, що є основною вимогою для автоматизованого контролю цього типу.

Література

1. Boyd C. E. Water Quality: An Introduction. 3rd Edition. Springer, 2020. 440 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-23335-8>.
2. Kayombo S. et al. Mathematical Modeling of Dissolved Oxygen in Fish Ponds. *Simulation*. 2000. URL: https://www.researchgate.net/publication/285314378_Mathematical_Modeling_of_Dissolved_Oxygen_in_Fish_Ponds.
3. Sozański K. Low Cost PID Controller for Student Digital Control Laboratory Based on Arduino or STM32 Modules. *Electronics*. 2023. Vol. 12, Iss. 15. 3235. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/15/3235>.
4. Fandiño Pelayo J. S., et al. Smart water quality regulation in sustainable aquaponics using PID control and long-term performance analysis. *Sustainable Engineering and Innovation*. 2025. Vol. 7, No. 2. P. 521–536. URL: https://www.researchgate.net/publication/396413177_Smart_water_quality_regulation_in_sustainable_aquaponics_using_PID_control_and_long-term_performance_analysis.