

УДК 681.518.22

doi:10.20998/2413-4295.2022.02.12

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОЗВЕДЕННІ КРЕВЕТОК

I. В. ГРИГОРЕНКО*, С. М. ГРИГОРЕНКО

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій і систем НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
*e-mail: grigmaestro@gmail.com

АНОТАЦІЯ На сьогодні інформаційно-вимірювальні системи використовуються практично в усіх галузях промисловості, де необхідно не тільки проводити вимірювання параметрів об'єкту контролю, але й впливати на процес у об'єкті з метою своєчасного реагування на зміни параметрів, що контролюються. Слідкування за змінами параметрів об'єкту контролю є актуальною задачею сучасної вимірювальної техніки. При розробленні інформаційно-вимірювальної системи, що виконує збір, оброблення та передачу інформації, одним із головних завдань є підтримка метрологічної надійності такої системи та її економічної доцільності. Інформаційно-вимірювальна система повинна бути конкурентоздатною у порівнянні з існуючими аналогами. Одним з перспективних напрямів підвищення метрологічної надійності є використання сучасних високоточних первинних вимірювальних перетворювачів, оскільки саме аналогова частина вимірювального каналу вносить найбільший внесок у сумарну похибку вимірювання. У статті запропоновано розроблення системи контролю параметрів середовища при розведенні креветок на підставі сучасної елементної бази, що дозволяє не тільки з високою точністю вимірювати параметри мікроклімату у резервуарі з креветками, але й впливати на об'єкт контролю завдяки виконавчим пристроям. Ці пристрої вмикають при необхідності системи підігріву та аерації води. Визначення необхідності впливати на середовище визначається завдяки операції «порівняння поточного значення параметру контролю з встановленим значенням». Дана операція можлива завдяки програмному продукту, що завантажується у мікроконтролер. У статті представлена структурна схема розробленої інформаційно-вимірювальної системи, електрична-принципова схема та аналіз похибок по каналах вимірювання. Зазначено, що похибка вимірювань по кожному з каналів не перевищує 1,5%.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система; система контролю; креветки; похибка

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF THE ENVIRONMENT DURING SHRIMP BREEDING

I. HRYHORENKO*, S. HRYHORENKO

Department of information and measuring technologies and systems, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT Today, information and measurement systems are used in almost all industries where it is necessary not only to measure the parameters of the object of control, but also to absorb the process in the object, in order to respond in a timely manner to changes in controlled parameters. Monitoring changes in the parameters of the object of control is an urgent task of modern measuring technology. When developing an information and measurement system that performs the collection, processing and transmission of information, one of the main tasks is to maintain the metrological reliability of such a system and its economic feasibility. The information and measurement system must be competitive in comparison with existing analogues. One of the promising ways to increase metrological reliability is the use of modern high-precision primary measuring transducers, as it is the analog part of the measuring channel that makes the largest contribution to the total measurement error. The article proposes to develop a system of control of environmental parameters in shrimp breeding on the basis of modern element base, which allows not only to measure with high accuracy the microclimate parameters in the shrimp tank, but also to influence the object of control through actuators. These devices switch on the water heating and aeration system if necessary. Determining the need to influence the environment is determined by the operation "comparison of the current value of the control parameter with the set value". This operation is possible thanks to the software product that is loaded into the microcontroller. The article presents a block diagram of the developed information and measurement system, electrical schematic diagram and analysis of errors in measurement channels. It is noted that the measurement error on each of the channels does not exceed 1.5%.

Keywords: information measuring system; control system; shrimp; error

Вступ

Креветки мають велике промислове значення. Близько 300 видів становлять економічну цінність. Частка креветок становить 70 % від кількості всіх ракоподібних, яких виловлюють для споживання. Природоохоронні організації потребують скоротити

вилов креветок та модернізувати засоби лову, тому є необхідність вирощувати креветку на спеціально підготовлених фермах. Такий підхід надасть можливість зберегти природню популяцію креветки та задовольнить потреби населення [1].

Креветки – теплолюбні членистоногі. Для їхньої життєдіяльності потрібно підтримувати

постійну температуру води у зазначених вище межах. Цього не просто досягти з огляду на розміри тварин і, отже, водоймища для їх успішного розмноження.

Креветкові ферми на відкритому повітрі функціонують лише у місцевості із теплим кліматом. Необхідна температура для розмноження – від +22 °С до +26 °С. Вода повинна мати нейтральний рН-баланс і бути трохи м'якою [1]. Тому є необхідність вирощувати креветку на спеціально підготовлених фермах. Це надасть можливість зберегти природно популяцію креветки та задовольнить потреби населення у дуже корисному продукті харчування, оскільки страви з креветок поширені в кухнях багатьох країн світу.

Кожна сучасна ферма з розведення креветок незалежно від масштабів та продуктивності використовує одну з двох популярних сьогодні технологій вирощування:

- біофлок;
- СЗВ (система замкнутого водопостачання).

Біофлок – досить складна технологія, вирощування креветок, відповідно до якої проводиться в особливому водному середовищі, наповненому живильними водоростями, бактеріями, найпростішими, карапаксами та іншими органічними частинками.

Вирощування креветок на Україні найчастіше проводиться за технологією СЗВ, яка відрізняється стійкою якістю води. Вона дозволяє забезпечити прийнятні умови для розвитку молюсків у районах із підвищеною бактеріологічною небезпекою та низькою якістю води. При цьому далеко не кожна ферма-початківець з вирощування креветок може дозволити собі таку систему [1].

Варто зауважити, що основною перевагою СЗВ є підвищений ступінь біологічної безпеки, який безпосередньо пов'язаний, як із стійкістю параметрів якості води, так і стабільністю роботи всієї системи СЗВ. До недоліків системи слід віднести велику початкову вартість установки, а також необхідність вищого рівня технічних знань та досвіду в управлінні системою.

Для автоматизації контролю та підтримки основних параметрів мікроклімату при вирощуванні креветок необхідно розробити спеціалізовану систему контролю, що надасть можливість не тільки контролювати основні параметри але і дозволить оперативна реагувати на їх зміни шляхом вмикання системи аерації і підігріву води. Велике значення при цьому має точність вимірювання і підтримки вказаних параметрів. Особливості побудови систем контролю різного призначення представлені у роботах [2–8]. У вказаних роботах зазначається, що у загальну похибку вимірювання найбільший вклад вносить аналогова частина вимірювального каналу то для забезпечення потрібної точності необхідно використовувати датчики, що мають мінімальну похибку вимірювання.

Мета роботи

Мета роботи – розроблення системи контролю параметрів середовища при розведенні креветок, а саме: розробка структурної схеми системи, складання алгоритму її роботи; вибір елементної бази та на його основі створення принципової електричної схеми з подальшим аналізом похибок по кожному з каналів вимірювання.

Система повинна вимірювати температуру води у діапазоні від + 17 °С до + 34 °С (температура розмноження + 22 °С до + 26 °С), рівень рН від 7 до 8 одиниць, рівень розчиненого кисню від 4 до 10 мг/л. Похибка вимірювань по кожному з каналів не повинна перевищувати 1,5 %.

Необхідність створення такої системи контролю пов'язана з тим, що для забезпечення розвитку та розмноження креветок треба створити середовище максимально схоже із природним. Для цього потрібен постійний контроль вказаних параметрів та швидка реакція на вихід параметрів за встановлені критичні значення.

Основна частина

Система контролю параметрів контролю параметрів середовища при розведенні креветок на базі мікроконтролера *ATmega16* (МК) (рис. 1) має три канали вимірювання середовища басейна: перший вимірює рівень рН, другий – температуру води, третій – розчиненого кисню. Датчик рівня *pH* позначений як ПВП1; датчик температури – ПВП2; датчик розчиненого кисню – ПВП3. Система життєзабезпечення креветки складається з нагрівача та аератора води, що вмикається та вимикається за допомогою блока реле. БЖ – блок живлення призначений для забезпечення живлення усіх компонентів системи. ГСІ – генератор синхронізуючих імпульсів виробляє синхроімпульси, необхідні для роботи мікроконтролера. Інтерфейс (ІФ) призначений для обміну даними із зовнішніми пристроями, зокрема з ПЕОМ. Цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для візуального відображення інформації оператору системи. Алгоритм роботи системи наступний: для приведення системи у робочий стан необхідно підключити її до джерела енергії; далі відбувається початкове налаштування мікроконтролера (МК); після настройки МК іде вибір вимірювального каналу й очікування готовності даних з ПВП, після чого виконується зчитування мікроконтролером інформації з трьох первинних вимірювальних перетворювачів; інформація о результатах виміру надходить в оперативний запам'ятовуючий пристрій ОЗП; далі мікроконтролер порівнює поточні дані з уставками; якщо дані відрізняються від встановлених значень, то мікроконтролер дає команду виконавчим пристроям на вмикання, або вимикання системи аерації води і нагрівача води; інформацію про поточне

значення параметру, що контролюється може бути передана до ЕОМ або відображає на цифровому відліковому пристрої; якщо потрібно зробити новий

вимір, вертаємося до вибору вимірювального каналу. Цикл повторюється знову; якщо необхідно припинити роботу приладу, то вимикається живлення.

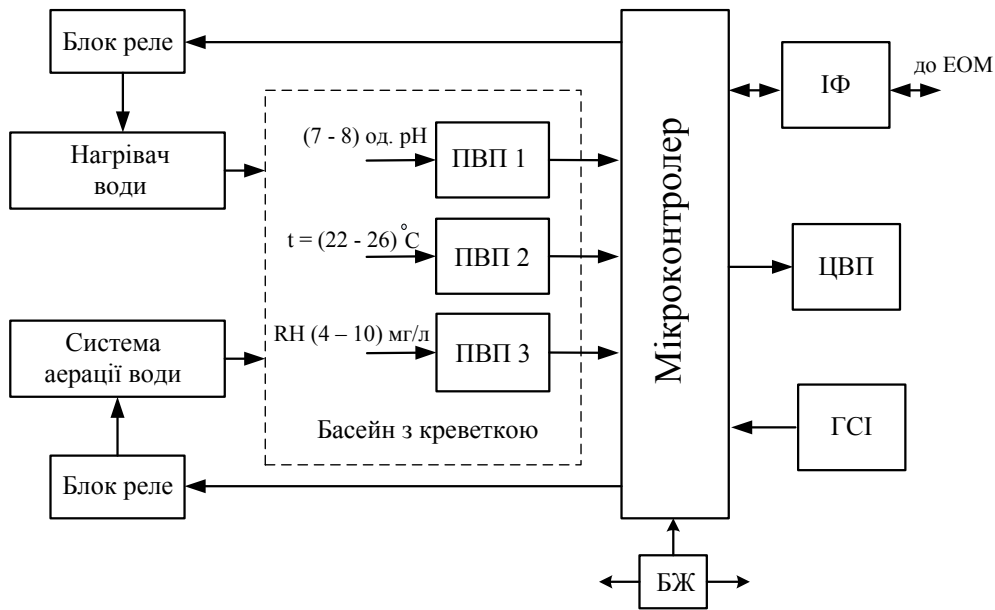


Рис. 1 – Структурна схема системи контролю

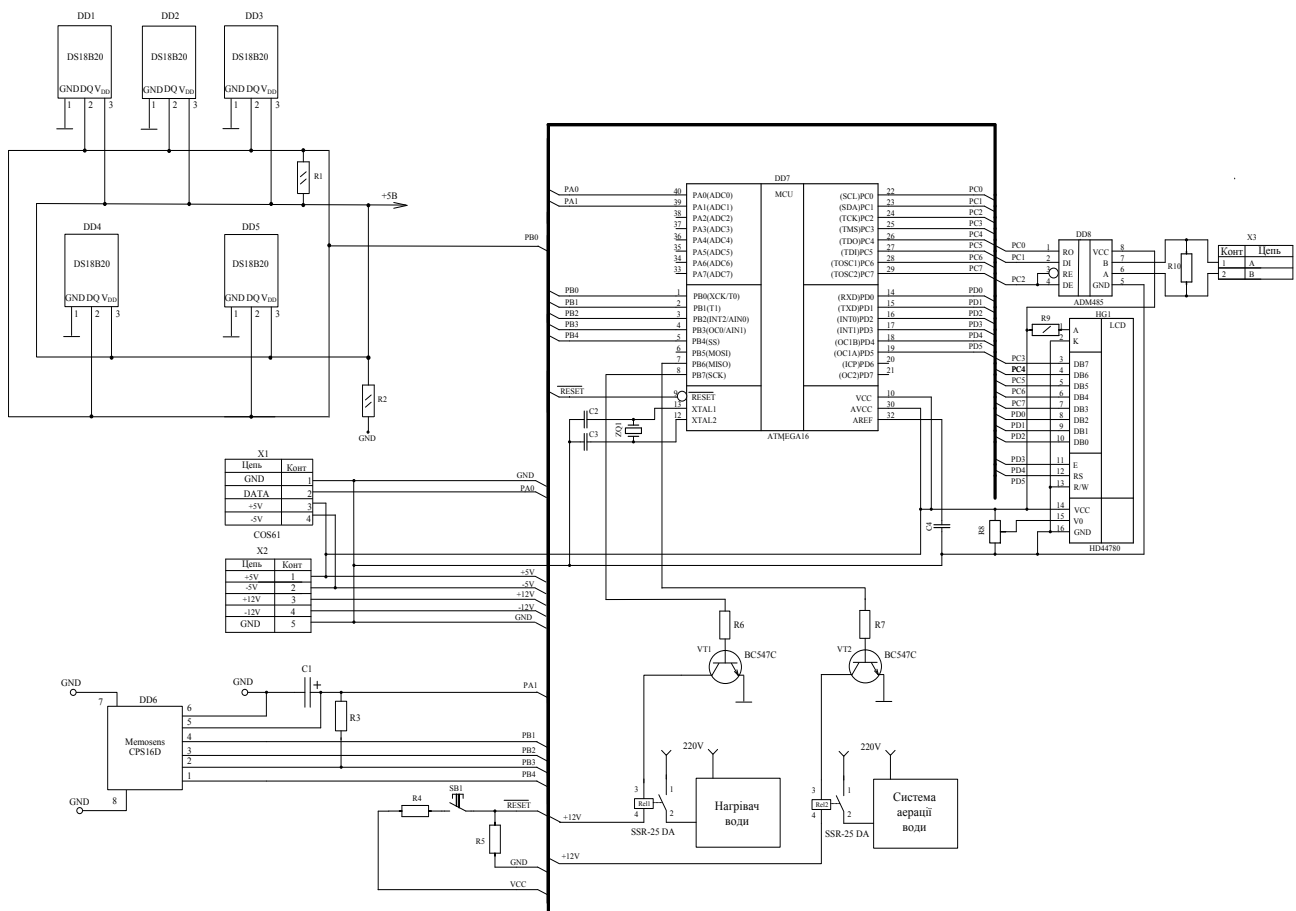


Рис. 2 – Електрична принципова схема системи контролю

Для контролю температури у запропонованій системі використано датчик температури моделі 1-3ФТ фірми ПАТ «ТЕРА» Україна. Це багатозонний термоперетворювач (термопідвіска), що застосовується для контролю температури в резервуарах з рідиною на різній глибині. Монтажна частина термопідвіски виготовлена з іскробезпечної пластикової трубки, хімічно інертної до нафтопродуктів. Сенсори розташовуються усередині трубки на різній глибині. Як сенсори застосовуються сенсори DS18B20 [9].

У якості датчика рівня розчинного кисню обрано датчик *Oxymax COS61*, це високопродуктивний датчиком кисню, що забезпечує швидкі та точні вимірювання. Він підтримує технологічний процес завдяки низьким трудовитратам на техобслуговування, високу доступність і простоту в управлінні. Стійкий флуоресцентний шар на датчику є виключно селективним для кисню (без перешкод), що забезпечує стабільну надійність вимірів [10].

У якості датчика рівня *pH* у басейні з креветкою обрано універсальний цифровий датчик для одночасного вимірювання *pH* і ОВП, що забезпечує поліпшене керування процесами і підвищена якість продукту. Датчик має брудовідштовхуючу діафрагму з *PTFE* для застосування в процесах і середовищах з тривалими стабільними умовами. Завдяки цифровій технології *Memosens, CPS16D* поєднує максимальну цілісність процесу і даних з простотою в експлуатації. Він стійкий до корозії і впливу вологи, забезпечує лабораторну калібрування і спрощує попереджувальне технічне обслуговування [11]. Діапазон вимірювання *pH*: 1...12 *pH* при температурі від - 15 °C до +80 °C.

Електрична принципова схема системи контролю представлено на рис. 2.

Датчик контролю температури води у басейні з креветкою моделі 1-3ФТ представлений мікросхемами *DD1 – DD5*, оскільки він містить п'ять датчиків *DS18B20*. Датчик рівню *pH Memosens, CPS16D* представлений мікросхемою *DD6*, Датчик рівню розчиненого кисню *COS61* підключаються до роз'єднувача *X1*.

До ніжки мікроконтролера *DD7 (PB0)* приєднується інформаційний вихід датчиків температури *DS18B20*. Для створення сигналів обміну з датчиками температури, вихід *PB0* підтягується за допомогою резистора *R1 4,7 кОм* до шини живлення +5 В. Мікроконтролер (*DD7*), реалізований на мікросхемі *Atmega16* [12], здійснює обробку результату вимірювання і передає готовий результат вимірювання на цифровий відліковий пристрій, представлений мікросхемою *HD44780 (HG1)* [13]. Резистор *R8* регулює яскравість рідкокристалічного індикатора.

Оброблений мікроконтролером результат вимірювань, також може передаватися на ПЕОМ

через роз'єднувач *X3*, завдяки стандартному послідовному інтерфейсу *RS485*, який представлено мікросхемою *DD8*. Передбачена можливість ручного скидання мікроконтролера. Скидання здійснюється за допомогою кнопкового перемикача *SB1* з резистивною обв'язкою *R4* та *R5*. Конденсатори *C1* і *C2* задають режим роботи кварцового резонатора *ZQ1*.

Транзистори *VT1, VT2* необхідні для управління роботою реле *SSR-25DA*. Реле вмикають та вимикають (за необхідністю) водонагрівач та систему аерації води.

Живлення схеми здійснюється через роз'єднувач *X2*.

Розроблюваний прилад може працювати в чотирьох режимах:

1) основний – вимірювання з індикацією поточних значень температури, рівня *pH*, рівня розчинного кисню;

2) підключення водонагрівача та системи аерації води;

3) установка/корекція дати й часу;

4) передача даних до ЕОМ.

Загальна похибка системи контролю складається з похибок вимірювальних каналів та їх складових елементів. У розробленій системі контролю джерелами похибки є первинні вимірювальні перетворювачі та АЦП, що вбудований у мікроконтролер.

Розглянемо зазначені джерела похибок.

Похибка датчика температури модель 1-3ФТ у діапазоні: + 22 °C до + 26 °C становить ± 0,5 °C.

Похибка датчика *pH Memosens CPS16D* становить ± 1,0 % від вимірюваного значення.

Похибка датчика розчиненого кисню *COS61* становить ± 0,1 % від вимірюваного значення.

Похибка АЦП убудованого у мікроконтролер *Atmega16* розраховується наступним чином: знаючи, що вхідні напруги вбудованого АЦП при вимірюванні становлять (0 ÷ 5,5) В знайдемо U_H за формулою

$$U_H = U_{max} - U_{min}; \quad (1)$$

$$U_H = 5,5 - 0 = 5,5 \text{ В.}$$

Вбудований АЦП має 10 розрядів. Розрахуємо похибку квантування при вимірюванні відносної вологості за формулою

$$\Delta_{\text{кв}} = \frac{U_H}{2^n - 1}, \quad (2)$$

де n – кількість розрядів АЦП.

Підставивши необхідні дані в (2) отримуємо

$$\Delta_{\text{кв}} = \frac{5}{2^{10} - 1} = 0,005 \text{ В.}$$

Відносна похибка АЦП виходить рівною

$$\delta = \frac{\Delta_{\text{кв}}}{U_N} \cdot 100 \% . \quad (3)$$

Підставивши в (2) $U_N = 5,0 \text{ В}$ [12] отримуємо при вимірюванні

$$\delta_{\text{АЦП}} = \frac{0,005}{5} \cdot 100 \% = 0,1 \% .$$

Всі інші елементи схеми похибки не вносять.

Так як всі складові сумарної похибки можна вважати некорельованими між собою, то вираз для знаходження загальної похибки має вигляд [14]

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N \delta_i^2} , \quad (4)$$

де N – кількість складових загальної похибки; δ_i – значення складової сумарної похибки; $1,1$ – коефіцієнт, що залежить від довірчої ймовірності ($P = 0,95$) при числі складових сумарної похибки не більше двох [14].

Сумарна похибка каналу виміру розчиненого кисню Memosens CPS16D

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{1^2 + 0,1^2} = 1,12 \% .$$

Отримані похибки задовольняють умовам технічного завдання, тобто не перевищують $1,5 \%$.

Висновки

Було виконано розроблення системи контролю параметрів середовища при розведенні креветок, що призначена для контролю температури води у басейні, рівня рН, вмісту розчиненого кисню у воді.

У якості мікроконтролера було обрано МК фірми *Atmel* – *ATmega16*, як найбільш потужний, дешевий та маючий у своєму складі убудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Було створено структурну та електричну принципову схеми системи, складаний алгоритму її роботи, проведено аналіз похибок, що впливають на результат вимірювань.

Отримані похибки по кожному з каналів вимірювання не перевищують $1,5 \%$.

Список літератури

1. Технологія вирощування креветок. URL: http://sfera.fm/articles/rybnaya/vyrashchivanie-krevetok-za-tekhnologiei-uzv-budushchee_1709 (дата звернення: 22.04.2022).

2. Feldkirchner M., Lutkus C. Process control networking – bridging between process control and information technology. *Conference record of 2019 IEEE IAS Pulp, paper and forest industries conference (ppfic)*. 2019. doi: 10.1109/ppfic43189.2019.9052379.
3. Wang X. H., Zhang Y. M. and Zhang X. Y. AVR fuzzy PID control system based on MCU. *Journal of computational methods in sciences and engineering*. 2019. № 19 (4). pp. 1027–1036.
4. Belozubov E. M., Vasil'ev V. A. and Chernov P. S. Metrological Self-Checking of Smart Sensors of Measurement and Control Systems. *Measurement techniques*. 2018 61 (7). P. 660–669.
5. Dominikowski B., Pacholski K. and Wozniak P. Fuzzy controller surface error in the intelligent automatic gain control system. *Przegląd elektrotechniczny*. 2018. № 94 (9). P. 62–67.
6. Markovic J., Zivcak J., Tarbajovsky P. New Generation of the Compact System for Performing Measurements of Solid Liquids by Gas Station Dispensers. *Journal of marine science and engineering*, 2022. № 10 (4). doi: 10.3390/jmse10040524.
7. Hryhorenko I., Tverytnykova E., Hryhorenko S., Demidova Yu. The usage of statistical analysis methods for controlling the operational stability of gas treatment facility. *Ukrainian metrological journal*, Kharkov. 2021. № 1. P. 26–32.
8. Hrihorenko Ihor, Hrihorenko Svitlana, Tverytnykova Elena. Improving the accuracy of the laser control system. *IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL 2019*. Sozopol. Bulgaria. P. 232–235, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019456.
9. DS18B20. Опис роботи із датчиком температури. URL: <http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/maxim/ds18b20-rus.pdf> (дата звернення: 26.04.2022).
10. Охумак COS61. URL: <https://eltald.com.ua/products/endress-hauser-oxumax-w-cos61> (дата звернення: 26.04.2022).
11. Memosens CPS16D. URL: <https://trade-control.com.ua/products/endress-hauser-memosens-cps16d> (дата звернення: 27.04.2022).
12. Мікроконтролер ATmega16. URL: <https://greenchip.com.ua/24-0-214-0.html> (дата звернення: 27.04.2022).
13. ЦВП HD44780. URL: <https://www.sparkfun.com> (дата звернення: 27.04.2022).
14. Чинков В.М. *Основи метрології та вимірювальної техніки*. Харків: НТУ «ХПІ», 2005. 524 с.

References (transliterated)

1. Tekhnolohiia vyroshchuvannya krevetok [Technology of shrimp cultivation]. Available at: http://sfera.fm/articles/rybnaya/vyrashchivanie-krevetok-za-tekhnologiei-uzv-budushchee_1709 (accessed 22.04.2022).
2. Feldkirchner M., Lutkus C. Process control networking – bridging between process control and information technology. *Conference record of 2019 IEEE IAS Pulp, paper and forest industries conference (ppfic)*, 2019, doi: 10.1109/ppfic43189.2019.9052379.
3. Wang X. H., Zhang Y. M. and Zhang X. Y. AVR fuzzy PID control system based on MCU. *Journal of computational methods in sciences and engineering*, 2019, no. 19 (4), pp. 1027–1036.

4. Belozubov E. M., Vasil'ev V. A., Chernov P. S. Metrological Self-Checking of Smart Sensors of Measurement and Control Systems. *Measurement techniques*, 2018, 61 (7), pp. 660–669.
5. Dominikowski B., Pacholski K. and Wozniak P. Fuzzy controller surface error in the intelligent automatic gain control system. *Przegląd elektrotechniczny*, 2018, no. 94 (9), pp. 62–67.
6. Markovic J., Zivcak J., Tarbajovsky P. New Generation of the Compact System for Performing Measurements of Sold Liquids by Gas Station Dispensers. *Journal of marine science and engineering*, 2022, no. 10 (4), doi: 10.3390/jmse10040524.
7. Hryhorenko I., Tverytnykova E., Hryhorenko S., Demidova Yu. The usage of statistical analysis methods for controlling the operational stability of gas treatment facility. *Ukrainian metrological journal*, Kharkiv, 2021, no. 1, pp. 26–32.
8. Hrihorenko Ihor, Hrihorenko Svitlana, Tverytnykova Elena. Improving the accuracy of the laser control system. *IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL 2019*, Sozopol, Bulgaria, pp. 232–235, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019456.
9. DS18B20. Opys roboty iz datchykom temperatury [Description of work with the temperature sensor]. Available at: <http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/maxim/ds18b20.pdf> (accessed 26.04.2022).
10. Oxymax COS61. Available at: <https://eltaltd.com.ua/products/endress-hauser-oxy-max-w-cos61> (accessed 26.04.2022).
11. Memosens CPS16D. Available at: <https://trade-control.com.ua/products/endress-hauser-memosens-cps16d> (accessed 27.04.2022).
12. Mikrokontroler ATmega16. Available at: <https://greenchip.com.ua/24-0-214-0.html> (accessed 27.04.2022).
13. TsVP HD44780. Available at: <https://www.sparkfun.com> (accessed 27.04.2022).
14. Chynkov V.M. *Osnovy metrolohii ta vymirivulnoi tekhniki*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 524 p.

Відомості про авторів (About authors)

Григоренко Ігор Володимирович – кандидат технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна. ORCID: 0000-0002-4905-3053. e-mail: grigmaestro@gmail.com

Ihor Hryhorenko – PhD, Professor of the Department of information and measuring technologies and systems National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine. ORCID: 0000-0002-4905-3053. e-mail: grigmaestro@gmail.com.

Григоренко Світлана Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна. ORCID: 0000-0002-5375-9534. e-mail: sngloba@gmail.com

Svitlana Hryhorenko – PhD, Associate Professor of the Department of computer and radio-electronic control systems and diagnostics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine. ORCID: 0000-0002-5375-9534. e-mail: sngloba@gmail.com

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Григоренко І. В., Григоренко С. М. Розроблення системи контролю параметрів середовища при розведенні креветок. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (12). С. 80-85. doi:10.20998/2413-4295.2022.02.12.

Please cite this article as:

Hryhorenko I., Hryhorenko S. Development of a system for monitoring the parameters of the environment during shrimp breeding. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 2 (12), pp. 80–85, doi:10.20998/2413-4295.2022.02.12.

Надійшла (received) 29.04.2022