

УДК 681.518.22

doi:10.20998/2413-4295.2024.01.06

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КРАБОВИХ ПАЛИЧОК З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ

I. В. ГРИГОРЕНКО*, С. М. ГРИГОРЕНКО, Д. О. АНДРЕНКО, Б. І. КУБРИК

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій і систем НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

*e-mail: grigmaestro@gmail.com

АНОТАЦІЯ Запропоновано варіант побудови системи контролю технологічного процесу виготовлення крабових паличок для забезпечення потреб підприємств харчової промисловості, що спеціалізуються на виготовленні продуктів із риби та морепродуктів. Крабові палички є всесвітньо відомим харчовим продуктом, що широко використовують і як окремих продукт, так і у якості компоненту харчових страв. Крабові палички на початку виготовляли із м'яса «білої риби», так званої сурімі. Основним інгредієнтом є перемелений фарш з м'яса білих океанічних риб із північної частини Тихого океану. Для того, щоб отримати смак схожий з оригінальним смаком крабів, в палички додають харчові домішки і додаткові інгредієнти. Необхідність впровадження системи контролю пов'язана із тим, що автоматизація процесу виробництва крабових паличок дає можливість ретельно дотримуватись технології виробництва і підвищити якість кінцевого продукту. Поставлена задача вирішена шляхом розробки інформаційно-вимірювальної системи для підтримки основних технологічних параметрів у встановлених межах допуску. Запропонована система здатна отримувати інформацію від об'єкту контролю завдяки використанню сучасних високоточних датчиків. Додатковою перевагою запропонованої системи є реалізація у ній ситуаційної системи з нечіткою логікою для визначення впливу параметрів технологічного процесу виготовлення крабових паличок на їх якість. Системи з нечіткою логікою набувають все більшого поширення на виробництві разом із застосуванням нейронних мереж у зв'язку з їх практично безмежними можливостями у вирішенні задач контролю та керування процесами і обладнанням. Проведено комп'ютерне моделювання, яке підтвердило, що створення евристичного аналізатору для визначення якості крабових паличок доцільно та необхідно для того, щоб не допустити виробництво неякісної продукції. Впровадження системи дає можливість уникати аварійних ситуацій на технологічному процесі та забезпечувати високу якість продукції. Наведено структурну схему системи, визначено основні її елементи. Здійснено аналіз похибок, який підтвердив необхідну високу точність запропонованого варіанту побудови системи контролю.

Ключові слова: крабові палички; інформаційно-вимірювальна система; нечітка логіка; датчик; похибка; вимірювання.

TECHNOLOGY CONTROL SYSTEM FOR CRAB STICK VIBRATION WITH FUZZY LOGIC

I. HRYHORENKO*, S. HRYHORENKO, D. ANDRENKO, B. KUBRIK

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

ABSTRACT A variant of the construction of a control system for the technological process of the production of crab sticks to meet the needs of food industry enterprises specializing in the production of fish and seafood products is proposed. Crab sticks are a world-famous food product that is widely used both as a separate product and as a component of food dishes. In the beginning, crab sticks were made from the meat of "white fish", the so-called surimi. The main ingredient is minced meat from white ocean fish from the North Pacific Ocean. In order to get a taste similar to the original taste of crabs, food additives and additional ingredients are added to the sticks. The need to implement a control system is due to the fact that the automation of the crab sticks production process makes it possible to carefully follow the production technology and thus improve the quality of the final product. The task was solved by developing an information and measurement system to support the main technological parameters within the established limits of tolerance. The proposed system is able to receive information from the object of control thanks to the use of modern high-precision sensors. An additional advantage of the proposed system is the implementation of a situational system with fuzzy logic in it to determine the influence of the parameters of the technological process of making crab sticks on their quality. Fuzzy logic systems are becoming increasingly widespread in production along with the use of neural networks due to their practically limitless possibilities in solving the problems of control and management of processes and equipment. Computer modeling was conducted, which confirmed that the creation of a heuristic analyzer for determining the quality of crab sticks is appropriate and necessary in order to prevent the production of low-quality products. Implementation of the system makes it possible to avoid emergency situations in the technological process and ensure high quality of products. The structural diagram of the system is presented, its main elements are defined. An error analysis was carried out, which confirmed the necessary high accuracy of the proposed version of the construction of the control system.

Keywords: crab stick; information and measurement system; fuzzy logic; sensor; error; measurement.

Вступ

Вимірювання значень технологічних параметрів, моніторинг і керування параметрами

технологічного процесу є на сьогодні поширеною практикою у будь якій галузі промисловості. Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), що здатні вимірювати велику кількість технологічних

параметрів, а потім ще й обробляти цю інформацію дозволяють автоматизувати практично будь яке виробництво [1,2]. Харчова промисловість не є винятком. Крабові палички є всесвітньо відомим продуктом харчування і вирішенням питання підтримки їх якості на високому рівні займаються провідні світові вчені, що підтверджують роботи [3-5]. В Україні крабові палички виробляються згідно вимог ДСТУ 5097:2008 [6], який є діючим стандартом з 2009 року. Велика частина закуповуваної Україною китайської продукції не містить суріми, а складається із рослинного (соєвого) білка, крохмалю та ячного білка, а також ароматизованих добавок. Підтримка якості та технології виробництва згідно стандарту можлива лише при застосуванні інформаційно-вимірвальних систем контролю. ІВС здатна отримувати вимірвальну інформацію, порівнювати параметри з встановленими значеннями та передавати отримані дані до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) для подальшої обробки даних [1].

Обробку даних пропонується здійснювати за допомогою системи з нечіткою логікою *fuzzy-logic* для визначення впливу зміни умов виробництва на якість крабових паличок.

Станом на зараз існує декілька алгоритмів нечіткої логіки. Найчастіше використовуються такі з них: алгоритми *Mamdani*, *Tsukamoto*, *Sugeno*, *Larsen*. Алгоритм *Mamdani* було запропоновано у [7] для побудови системи з нечіткою логікою, яка надала можливість встановити вплив на якість води штучної екосистеми рівня розчинного кисню, рівня рН та температура. У роботі [8] здійснено вибір моделей для лінгвістичних змінних у нечіткому логічному висновку *Mamdani* і доведено його перевага перед іншими методами при оцінці якості продукції і послуг. Апарат нечіткої логіки дозволив у [9] встановити для другого рівня ІВС, де формується технологічний і метрологічний «образи» об'єкта контролю, вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на однорідність помелу зерна кави. У роботі [10] представлено систему, що використовує нечітку логіку як ефективний інструмент керування складними та невизначеними системами, такими як керування світлофорами і це може, покращити транспортний потік та знизити витрату палива.

Аналіз наукових публікацій показав широкі можливості та підвищений інтерес науковців до використання математичного апарату нечіткої логіки у промисловості та соціально-економічній сфері.

Мета роботи

Об'єктом розробки є інформаційно-вимірвальної системи контролю технології виробництва крабових паличок.

Мета роботи – розробка інформаційно-вимірвальної системи контролю на етапах технологічного процесу виробництва крабових

паличок, а саме: на етапі приготування суміші у міксері – температури (+22...+ 23) °С, рівня рН (4...9) од. рН та кількості обертів валу двигуна (85 ...100) об/хв; на етапі проходження парових барабанів – тиску (0,1...0,5) МПа та температури пару (+95...+ 100) °С; на етапі постерилізації – температури у трьох камерах (+100 °С, + 96 °С, + 8 °С), на етапі заморозки – температуру до – 18 °С. Похибка вимірювання по каналам не повинна перевищувати 1,5 %.

Другою метою роботи є побудова ситуаційної системи з нечіткою логікою для визначення впливу параметрів технологічного процесу виготовлення крабових паличок на їх якість.

Основна частина

На рис 1 наведено структурна схема інформаційно-вимірвальної системи контролю виготовлення крабових паличок.

До складу ІВС входять такі функціональні елементи: первинні вимірвальні перетворювачі: ПВП1 ПВП4, ПВП6 – ПВП9, що призначені для контролю температури на всіх етапах технологічного процесу; ПВП2 – призначений для контролю рівню рН при приготуванні суміші у міксері; ПВП3 – призначений для вимірювання кількості обертів валу двигуна міксера; ПВП5 – для виміру тиску пару на парових барабанах; мікроконтролер, що необхідний для обробки вимірвальної інформації, яка надходить від датчиків по інформаційній шині даних, керування даною інформацією, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ), передачі інформації для відображення на цифровому відліковому пристрої; інтерфейсу – призначений для зв'язку мікроконтролера з ЕОМ; за допомогою пульта управління виконує початкове налаштування мікроконтролера та забезпечується його скидання; блок живлення (на схемі не показаний) забезпечує необхідну напругу для роботи усіх елементів ІВС. Цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для цифрового відображення інформації про поточне значення параметрів контролю виготовлення крабових паличок. Першим кроком алгоритму роботи системи є початкове налаштування мікроконтролера. Далі система, відповідно до встановленого режиму опитування, виконує вибір вимірвального каналу та очікує данні від ПВП. На наступному етапі виконується зчитування мікроконтролером інформації з первинних вимірвальних перетворювачів. Інформація про результати вимірювань надходить до оперативного запам'ятовуючого пристрою мікроконтролера (ОЗП). Мікроконтролер обробляє отриману інформацію та передає результат виміру у ЕОМ або відображає на цифровому відліковому пристрої (за потребою). Якщо потрібно зробити новий вимір, то вертаємося до вибору вимірвального каналу. Цикл повторюється знову відповідно до встановленої послідовності опитування.

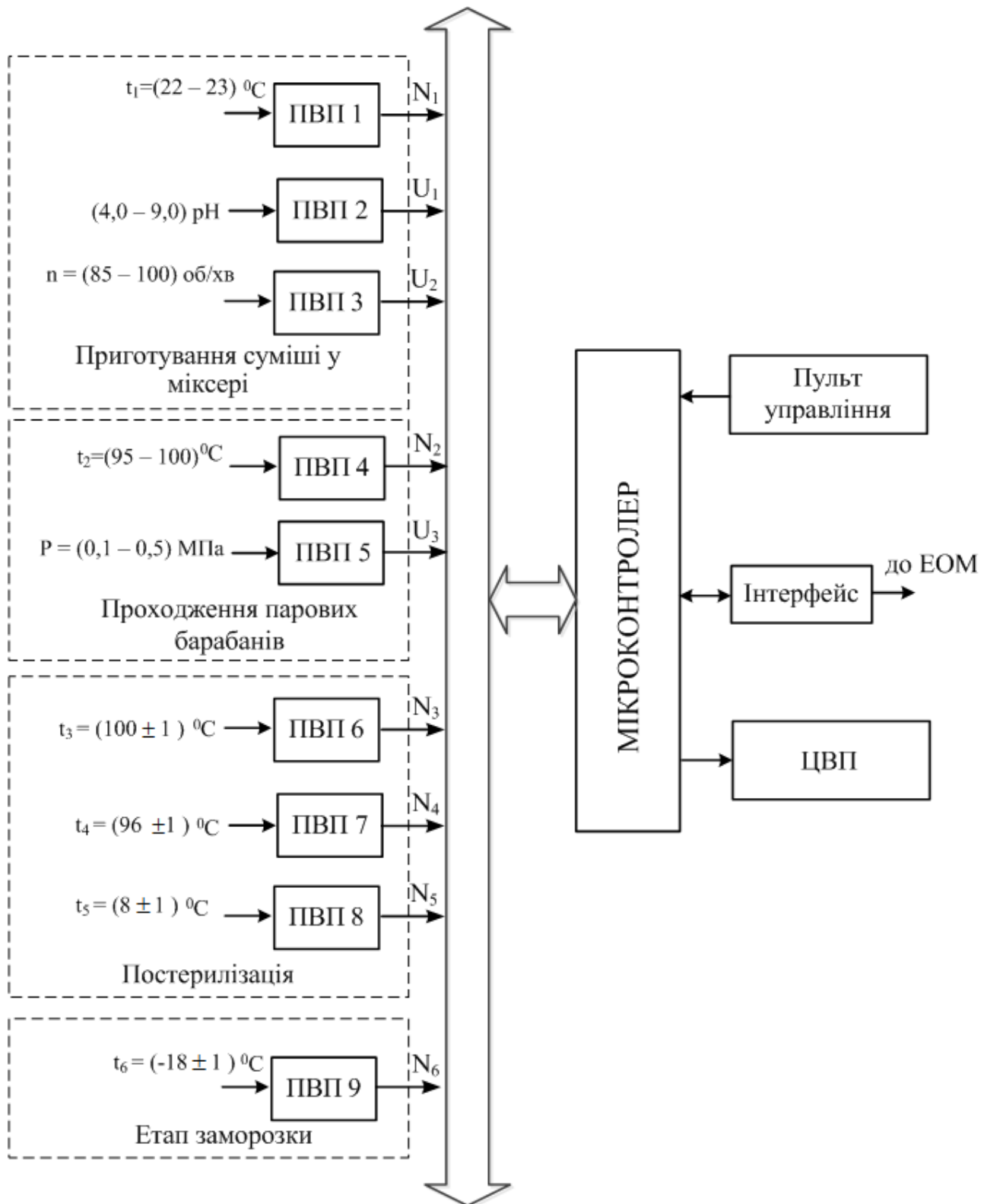


Рис. 1 – Структурна схема системи контролю виготовлення крабових паличок

До складі ІВС для контролю виробництва крабових паличок входять дев'ять вимірювальних каналів, що видають інформацію о температурі на всіх етапах виробництва, тиску пару на парових барабанах, рівню рН, кількості обертів валу

двигуна міксера. На першому рівні ІВС зазвичай вирішується задача призначення відповідних допусків для рівня кожного параметра, що контролюється. Такий підхід дає можливість визначити необхідні засоби вимірювань і значення довірчого

інтервалу похибок, які необхідно контролювати у робочих режимах. На цьому етапі доцільно вирішувати задачу прогнозу стану кожного вимірювального каналу [1].

Для побудови евристичного аналізатора використано інтерфейс користувача системи *fuzzy-logic*, який є додатком програми *MatLab*. Найбільш критичним етапом виготовлення крабових паличок є етап приготування суміші у міксері. При цьому необхідно контролювати температуру суміші у діапазоні від + 22 °С до + 23 °С, рівень рН у діапазоні від 4,0 до 9,0 одиниць рН, та кількість обертів валу двигуна міксера у діапазоні від 85 до 100 об/хв. У моделі зроблено три входи і один вихід. У якості першого входу обираємо показник – температура подробленої маси. У якості другого входу – рівень рН подробленої маси. Третій вхід це кількість обертів валу двигуна міксера. У якості вихідної величини обираю якість кінцевого продукту (смакові і харчові властивості отриманої суміші).

На першому етапі проектування здійснюється вибір і завдання вхідних і вихідного параметрів для системи з нечіткою логікою.

Вікно завдання вхідних та вихідних параметрів для запропонованої системи *fuzzy-logic* представлено на рис. 2.

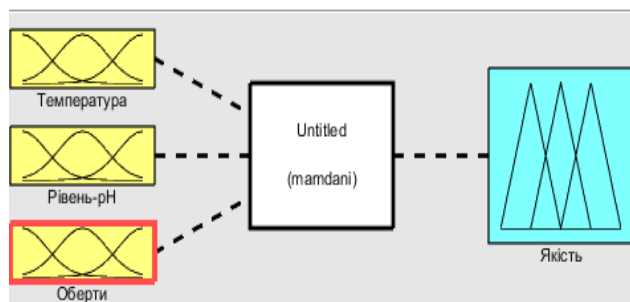


Рис. 2 – Вікно завдання вхідних та вихідних параметрів

На другому етапі задано межі зміни вхідних і вихідного параметрів.

1 вхід: функція належності для обраного вхідного параметру – температура у міксері. У пункті Range встановлено діапазон у якому змінюється функція (від +22 °С до +23 °С).

2 вхід: функція належності для обраної вхідної змінної – рівень рН води. У пункті Range встановлено діапазон у якому змінюється функція (від 4,0 до 9,0 одиниць рН).

3 вхід: функція належності для обраної вхідної змінної – кількість обертів валу двигуна міксера. У пункті Range встановлено діапазон у якому змінюється функція (від 85 до 100 об/хв).

Для усіх трьох функцій обрано закон розподілу Гауса.

Вихід: функція належності для обраної вихідної змінної – якість кінцевого продукту (смакові і харчові властивості отриманої суміші). У пункті Range встановлено діапазон у якому змінюється функція (від 1 до 100).

У вікні «правила» складено правила, які характеризують якість кінцевого продукту.

Деякі з них мають наступний вигляд:

1. Якщо рівень температури «*min*», рівень рН «*min*», та швидкість обертів валу двигуна міксера «*min*», то якість фаршу «погана».

2. Якщо рівень температури «*norm*», рівень рН «*min*», та швидкість обертів валу двигуна міксера «*norm*», то якість фаршу «погана».

3. Якщо рівень температури «*norm*», рівень рН «*norm*», та швидкість обертів валу двигуна міксера «*norm*», то якість «відміна» (рис. 3).

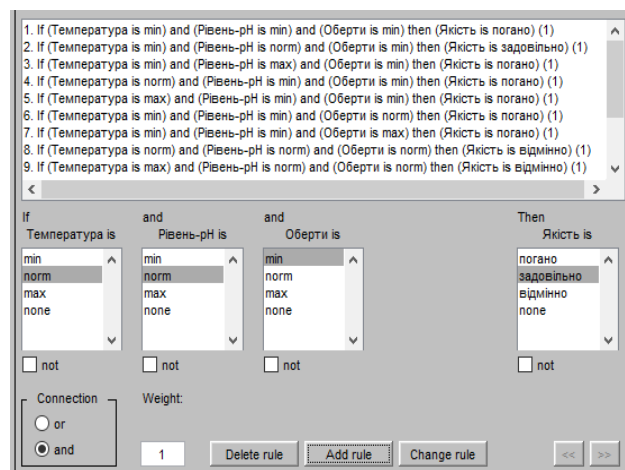


Рис. 3 – Вікно завдання правил

Поверхні відгуку при трьох можливих сполученнях параметрів, що впливають на якість фаршу для крабових паличок зображені на рис. 4-6.

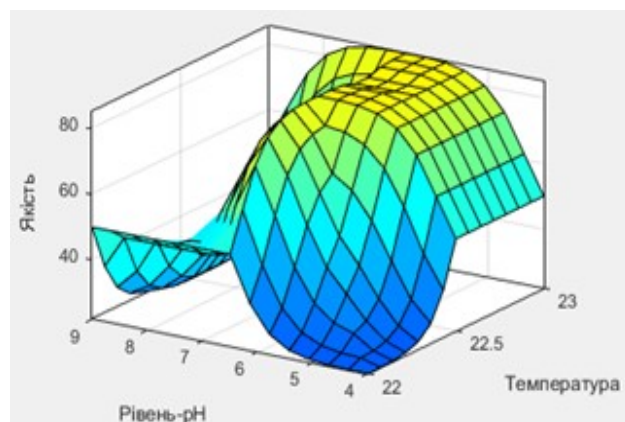


Рис. 4 – Поверхня відгуку значень температури та рівню рН, що впливають на якість фаршу для крабових паличок

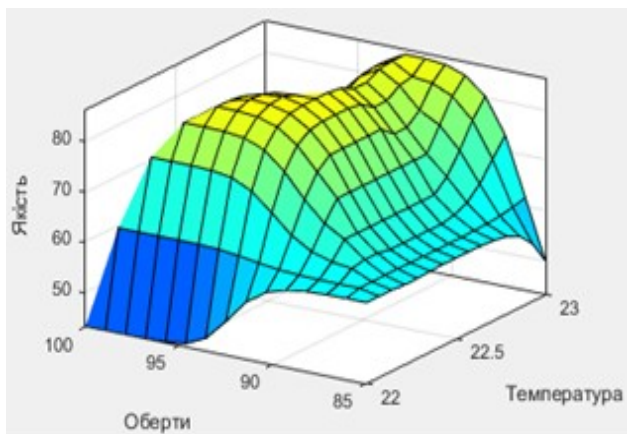


Рис. 5 – Поверхня відгуку значень рівня температури та кількості обертів валу двигуна міксера, що впливають на якість фаршу для крабових паличок

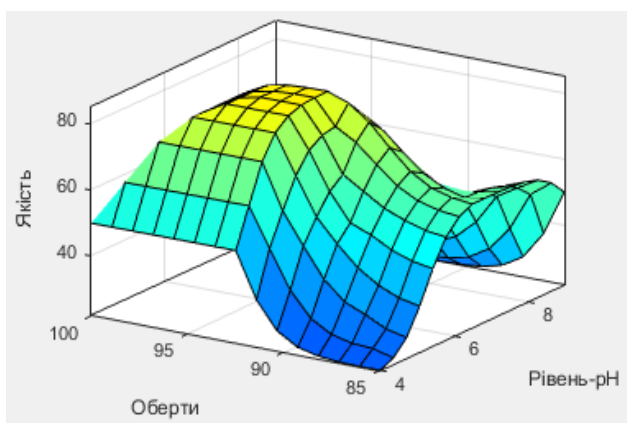


Рис. 6 – Поверхня відгуку значень рівня pH та кількості обертів валу двигуна міксера, що впливають на якість фаршу для крабових паличок

Похибка вимірювання ІВС, що розробляється складається із суми похибок окремих компонентів вимірювальних каналів і засобів обробки і відображення інформації. Похибки вимірювання виникають внаслідок дії похибок ПВП та АЦП при перетворенні безперервної у часі величини на квантовано-дискретну. Похибка обробки інформації мікроконтролером і похибка відображення інформації ЦВП є набагато меншою за похибки ПВП і АЦП, тому їх не враховуємо при побудові розрахункової формули. Таким чином, оскільки число складових сумарної похибки не перевищує дві, то формула сумарної похибки з урахуванням [11] приймає вигляд

$$\delta_{\Sigma} = 1,12 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N \delta_i^2},$$

де N – кількість складових загальної похибки; δ_i – значення складової сумарної похибки; $k_{0,95} = 1,12$ – коефіцієнт, що залежить від довірчої ймовірності ($P = 0,95$) та числа складових сумарною похибки (дві складові) [11].

Похибка обраного для системи датчика температури DS18B20-3M-TUBE-IP67 у діапазоні: -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$ становить $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Похибка обраного для системи контролю датчика тиску пару на парових барабанах DMP 3331 становить $\pm 0,1\%$.

Похибка обраного датчика рівню pH Д (рН) П-02 М становить $\pm 1,0\%$ рН.

Похибка обраного датчика контролю кількості обертів валу двигуна AZ39148 John Deere оцінюється на рівні $\pm 1,0\%$.

Похибка убудованого у ATmega16 АЦП становить $0,1\%$.

Сумарна похибка каналу вимірювання тиску пару на парових барабанах

$$\delta_{\Sigma_1} = \pm 1,12 \cdot \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = \pm 0,16\%.$$

Сумарна похибка каналу вимірювання рівню рН

$$\delta_{\Sigma_2} = \pm 1,12 \cdot \sqrt{1,0^2 + 0,1^2} = \pm 1,13\%.$$

Сумарна похибка каналу вимірювання кількості обертів валу двигуна

$$\delta_{\Sigma_3} = \pm 1,12 \cdot \sqrt{1,0^2 + 0,1^2} = \pm 1,13\%.$$

Розрахунки сумарних похибок вимірювальних каналів ІВС довели, що жодна з похибок вимірювальних каналів не виходить за встановлене у технічному завданні значення в $1,5\%$.

Висновки

У роботі представлено структурну схему та опис роботи системи контролю виробництва крабових паличок. За допомогою графічного інтерфейсу користувача системи *fuzzy logic* побудовано систему з нечіткою логікою, яка надала можливість встановити факторний вплив на якість фаршу для крабових паличок з боку температури у міксері, рівню рН та кількості обертів валу двигуна міксера. Встановлено, що підтримка параметрів технологічного процесу у середині робочого діапазону дає можливість отримати найвищу якість фаршу для крабових паличок. Найвища якість фаршу для крабових паличок отримана при температурі $22,5^{\circ}\text{C}$, рівню рН – $6,5\%$, кількості обертів валу двигуна міксера – $92,5$ об/хв.

Список літератури

1. Григоренко І. В., Кондрашов С. І., Григоренко С. М. *Інформаційно-вимірвальні технології та системи: навч. пос.* Харків. Видавництво «Факт», 2023. 254 с.
2. Manasi Natu, Supriya Rajankar, Omprakash Rajankar, Vrushali Raut. Industrial measurement system with LoRa interface. *J Integr Sci Technol.* 2023. vol. 12, no. 4. P. 783. doi: 10.62110/sciencein.jist.2024.v12.783.
3. Mun S., Shin E.-C., Kim S., Park J., Jeong C., Boo C.-G., Yu D., Sim J.-H., Ji C.-I., Nam T.-J., et al. Comparison of Imitation Crab Sticks with Real Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Leg Meat Based on Physicochemical and Sensory Characteristics. *Foods.* 2022. 11(10). P. 1381. doi: 10.3390/foods1110138.
4. Hasan M. R., Abdullah C. A. C., Mustapha N. A., Ghazali M. S. M., and Noranizan M. Gelling characteristics of fish surimi gel added with calciumhydroxyapatite (HAp). *5th International Symposium on Marine and Fisheries Research. OP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2023. 1289(1). P. 012025. doi: 10.1088/1755-1315/1289/1/012025.
5. Kanoksirirujisaya N. Reducing waste in frozen crab stick product inspection process by applying ECRS technique. *International Journal of Health Sciences.* 2022. 6(S4). P. 1506–1523. doi: 10.53730/ijhs.v6nS4.6236.
6. ДСТУ 5097:2008 Продукція із сурімі імітована. Технічні умови. Чинний від 01.07.2009.
7. Григоренко І. В., Кондрашов С. І., Григоренко С. М. Розробка та дослідження системи контролю параметрів середовища штучної екосистеми апаратом fuzzy-logic. *Сучасні інформаційні системи.* НТУ «ХПІ». 2021. Том. 5. № 4. С. 49-54. doi: 10.20998/2522-9052.2021.4.07.
8. Hrihorenko I., Drozdova T., Hrihorenko S., Tverytnykova E. Application of user interface Fuzzy Logic Toolbox for quality control of products and services. *Advanced information system.* National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». 2018. Vol. 3, № 4. P. 118-125. doi: 10.20998/2522-9052.2019.4.18.
9. Григоренко І. В., Кондрашов С. І., Опришкін О. С. Розроблення ситуаційної системи з нечіткою логікою для другого рівня інформаційно-вимірвальної системи. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 4 (14). С. 24-34. doi: 10.20998/2413-4295.2022.04.04.
10. Bashi A. Control System with Fuzzy Logic. *Control System with Fuzzy Logic.* Zenodo, Turkey, February. 09, 2024. doi: 10.5281/zenodo.10640837.

11. Чинков В. М. *Основи метрології та вимірвальної техніки.* Харків: НТУ «ХПІ», 2005. 524 с.

References (transliterated)

1. Hryhorenko I. V., Kondrashov S. I., Hryhorenko S. M. *Informatsiyno-vymiryvalni tekhnolohiyi ta systemy: navch.pos.* Kharkiv. Vydavnytstvo «Fakt», 2023. 254.
2. Mun S., Shin E.-C., Kim S., Park J., Jeong C., Boo C.-G., Yu D., Sim J.-H., Ji C.-I., Nam T.-J., et al. Comparison of Imitation Crab Sticks with Real Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Leg Meat Based on Physicochemical and Sensory Characteristics. *Foods,* 2022, 11(10), pp. 1381, doi: 10.3390/foods1110138.
3. Hasan M. R., Abdullah C. A. C., Mustapha N. A., Ghazali M. S. M., and Noranizan M. Gelling characteristics of fish surimi gel added with calciumhydroxyapatite (HAp). *5th International Symposium on Marine and Fisheries Research. OP Conf. Series: Earth and Environmental Science,* 2023, 1289(1), pp. 012025, doi: 10.1088/1755-1315/1289/1/012025.
4. Kanoksirirujisaya N. Reducing waste in frozen crab stick product inspection process by applying ECRS technique. *International Journal of Health Sciences,* 2022, 6(S4), pp. 1506–1523, doi: 10.53730/ijhs.v6nS4.6236.
5. Manasi Natu, Supriya Rajankar, Omprakash Rajankar, Vrushali Raut. Industrial measurement system with LoRa interface, *J Integr Sci Technol,* 2023, vol. 12, no. 4, p. 783, doi: 10.62110 / sciencein.jist.2024.v12.783.
6. DSTU 5097:2008 Produktsiya iz surimi imitovana. Tekhnichni umovy. Chynnyy vid 01.07.2009.
7. Hryhorenko I. V., Kondrashov S. I., Hryhorenko S. M. Rozrobka ta doslidzhennya systemy kontrolyu parametriv seredovyshcha shtuchnoyi ekosystemy aparamotom fuzzy-logic. *Suchasni informatsiyni systemy,* NTU «KhPI», 2021, Tom. 5, 4, pp. 49-54, doi: 10.20998/2522-9052.2021.4.07.
8. Hrihorenko I., Drozdova T., Hrihorenko S., Tverytnykova E. Application of user interface Fuzzy Logic Toolbox for quality control of products and services. *Advanced information system,* National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 2018, Vol. 3, 4, pp. 118-125, doi: 10.20998/2522-9052.2019.4.18.
9. Kondrashov S., Hryhorenko I., Opryshkin O. Development of a situation system with fuzzy logic for the second level of the information and measurement system. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 4 (14), pp. 24-34, doi:10.20998/2413-4295.2022.04.04.
10. Bashi A. Control System with Fuzzy Logic. *Control System with Fuzzy Logic.* Zenodo, Turkey, February. 09, 2024, doi: 10.5281/zenodo.10640837.
11. Chynkov V. M. *Osnovy metrolohii ta vymiryvalnoi tekhniki.* Kharkiv. NTU «KhPI», 2005. 524 p.

Відомості про авторів (About authors)

Ігор Володимирович Григоренко – кандидат технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірвальних 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: 0000-0003-0150-4844; e-mail: sngloba@gmail.com.

Svitlana Hryhorenko - PhD, Associate Professor Department of computer and radio-electronic control systems and diagnostics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-0150-4844; e-mail: sngloba@gmail.com.

Андренко Дмитро Олександрович – магістр-науковець кафедри комп'ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; e-mail: dmytro.andrenko@infiz.khpi.edu.ua

Dmytro Andrenko – master of the Department of computer and radio-electronic control systems and diagnostics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: dmytro.andrenko@infiz.khpi.edu.ua

Кубрик Борис Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичні основи електротехніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, ORCID: 0000-0002-8327-0350; e-mail: borys.kubryk@khpi.edu.ua.

Boris Kubrik - PhD, Associate Professor Department of Theoretical foundations of electrical engineering National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: 0000-0002-8327-0350; e-mail: borys.kubryk@khpi.edu.ua.

Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Григоренко І. В., Григоренко С. М., Андренко Д. О., Кубрик Б. І. Система контролю технології виробництва крабових паличок з нечіткою логікою. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». 2024. № 1 (19). С. 42-48. doi:10.20998/2413-4295.2024.01.06.

Please cite this article as:

Hryhorenko I., Hryhorenko S., Andrenko D., Kubrik B. Technology control system for crab stick vibration with fuzzy logic. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2024, no. 1 (19), pp. 42-48, doi:10.20998/2413-4295.2024.01.06.

*Надійшла (received) 22.02.2024
Прийнята (accepted) 21.03.2024*