

УДК 681.518.22

doi:10.20998/2413-4295.2022.03.06

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО МИЛА

*І. В. ГРИГОРЕНКО**, *Д. А. АНДРЕЄВ*

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

** e-mail: grigmaestro@gmail.com*

АНОТАЦІЯ На сьогодні не можливо уявити складний, сучасний технологічний процес без використання інформаційно-вимірювальної системи. Без таких систем неможливо проводити вимірювання параметрів технологічного процесу, щоб своєчасно прийняти рішення про необхідність корекції поточних значень, шляхом впливу на технологію, або процеси, що відбуваються при виробництві. Контроль за зміною параметрів технологічного процесу є актуальною задачею сучасної вимірювальної техніки. Значущим аспектом є підтримка метрологічної надійності таких систем. Постійний розвиток технологій виробництва елементної бази дає можливість розробляти інформаційно-вимірювальні системи не тільки з високими показниками точності, але й з високою метрологічною надійністю. Також системи стають дешевшими і їх може собі дозволити будь яке підприємство, виходячи зі своїх потреб. Первинні вимірювальні перетворювачі у таких системах контролю, беруть на себе найбільше навантаження по метрологічній точності результатів вимірювань. Такий розподіл вкладу у сумарну похибку вимірювань з боку датчиків накладає особливі вимоги до їх технічних характеристик. У статті представлено систему контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила, яка побудована з використанням сучасної елементної бази, що дає можливість з високою точністю проводити вимірювання основних параметрів технологічного процесу (об'єкту) і діяти на об'єкт завдяки виконавчим пристроям. Необхідність цієї дії визначається при порівнянні поточного значення параметра, що контролюється з уставкою (заздалегідь встановленим критичним значенням). Така процедура виконується завдяки програмі, що завантажена у мікроконтролер. У статті наведено структурну схему інформаційно-вимірювальної системи, елементна база на прикладі датчиків параметрів, що контролюються, схема електрична-принципова, а також аналіз похибок по каналам вимірювання. Доведено, що похибки вимірювань по кожному з каналів не перевищує встановлене значення 1,0 %.

Ключові слова: господарське мило; датчик; мікроконтролер; інформаційно-вимірювальна система; об'єкт контролю; похибка

CONTROL SYSTEM OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FABRICATION SOAP

*І. HRYHORENKO**, *D. ANDRIEIEV*

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

ABSTRACT Today, it is impossible to imagine a complex, modern technological process without the use of an information and measurement system. Without such systems, it is impossible to measure the parameters of the technological process in order to make a timely decision on the need to correct the current values by influencing the technology or the processes taking place during production. Control over changes in technological process parameters is an urgent task of modern measuring equipment. A significant aspect is the maintenance of metrological reliability of such systems. The constant development of element base production technologies makes it possible to develop information and measurement systems not only with high accuracy indicators, but also with high metrological reliability. Also, the systems are becoming cheaper and any enterprise can afford them based on its needs. The primary measuring transducers in such control systems bear the greatest burden on the metrological accuracy of measurement results. This distribution of the contribution to the total measurement error on the part of the sensors imposes special requirements on their technical characteristics. The article presents the control system of the technological process of the manufacture of household soap, which is built using a modern element base, which makes it possible to measure the main parameters of the technological process (object) with high accuracy and act on the object thanks to executive devices. The need for this action is determined by comparing the current value of the monitored parameter with the set point (pre-set critical value). This procedure is performed thanks to the program loaded into the microcontroller. The article provides a structural diagram of the information and measurement system, an elemental base on the example of sensors of monitored parameters, an electrical-principle diagram, as well as an analysis of errors by measurement channels. It has been proven that measurement errors on each of the channels do not exceed the set value of 1,0 %.

Keywords: laundry soap; sensor; microcontroller; information and measurement system; object of control; error

Вступ

Мило є одним з предметів першої необхідності для більшості людей у світі. Із групи парфумерно-косметичних товарів мило як і шампунь та зубна

паста використовується щодня. Без мила в умовах розповсюдження вірусної хвороби COVID 2019 не може обійтися жодна людина.

Миюча дія мила заснована на здатності його водного розчину пінитися і проникати в

пори шкіри людини та разом із жирами утворювати емульсію, а саме – обволікати жирові забруднення, змушувати їх відокремлюватися від поверхні шкіри або тканини та утримуватися у зваженому стані [1].

На сьогодні не можливо уявити наше життя без мила. Коли людина приходить додому то перше за все вона йдемо мити руки. Виробники мила пропонують сотні видів та різновидів: із запахом квітів та трав, ялинових гілок або лимонів, різних кольорів, форм та відтінків, з добавками, що здатні покращувати шкіру, спеціальне мило – для дітей, господарське – для прання [2].

Найвідомішим та затребуваним сортом мила залишається господарське. Господарське мило виробляється з натуральної природної сировини, або синтетичних жирних кислот [2]. Таке мило абсолютно нешкідливе для людини і багато хто з них застосовують господарське мило для прання особливо дитячих речей, що виправдано через гіпоалергенність господарського мила. Вміст жирних кислот у господарському милі за ДСТУ не перевищує 72 %. В ньому багато лугів, що швидко і якісно розчиняють бруд і мають протимікробну дію. Обволікаючи частинки бруду, господарське мило утворює емульсію, яка повторно не осаджується і легко змивається водою. Також господарське мило позитивно впливає на деякі властивості тканин – надає їм пишності та об'єму.

Мило можна використовувати не тільки для відмивання. У гумовому виробництві з емульгованого мила у суміші із нафтопродуктами отримують синтетичний каучук. У суднобудівній промисловості мило є основою для суміші, що протистоїть зростанню водоростей. Отже актуальним стає завдання забезпечення високої якості та екологічної чистоти господарського мила, а це в свою чергу стає можливим при удосконаленні існуючих застарілих систем контролю параметрів технологічного процесу даного виробництва.

Для того, щоб отримати якісну продукцію, що відповідає до умов [2] необхідно створити автоматизовану систему контролю основних параметрів технологічного процесу виготовлення господарського мила, що забезпечить високу точність вимірювань, завдяки використанню сучасної елементної бази.

Варіанти побудови різних за призначенням систем контролю представлені у роботах [3-6]. У цих роботах зазначається, що до складу загальної похибки вимірювання входять як похибка аналогової частини вимірювального каналу так і похибка від цифрового перетворення сигналу. Отже для забезпечення високої точності вимірювань необхідно використовувати сучасні високоточні датчики, що забезпечують мінімальну похибку вимірювання.

Мета роботи

Об'єктом розробки є система контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила, що призначена для контролю температури води, рівня pH , маси розчину каустичної соди та сала.

Мета роботи – розроблення системи контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила, а саме: складання алгоритму її роботи, розробка структурної схеми системи, вибір елементної бази та на його основі створення принципової електричної схеми, аналіз похибок по кожному з каналів вимірювання.

Основні вимоги до нової системи наступні: система повинна вимірювати температуру розчину каустичної соди у діапазоні від $0^{\circ}C$ до $+125^{\circ}C$ (температура розчину має становити $(25 \pm 0,5)^{\circ}C$, контролювати рівень pH від 10 до 13 одиниць, масу при зважуванні компонентів до 20 кг. Похибка вимірювань по кожному з каналів не повинна перевищувати 1 %.

Необхідність створення такої системи контролю пов'язана з забезпеченням якості господарського мила, дотримання всіх параметрів за ДСТУ [2]. Для цього потрібен постійний контроль вказаних параметрів та швидка реакція на вихід параметрів за встановлені критичні значення.

Основна частина

Система, що представлено має п'ять каналів вимірювання: два канали вимірювання температури, яка діють на первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) ПВП2, ПВП3; два канали вимірювання ваги, що діє на датчики ваги ПВП1, ПВП4; канал вимірювання рівню pH , рівень якого діє на датчик ПВП5 (рис.1) [7].

Структурна схема складається з мікроконтролера (МК), який використовується для обробки вимірювальної інформації, управління даними, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, передача поточних даних для відображення на цифровому відліковому пристрої (ЦВП) та передачі їх на персональний комп'ютер (ПК) по інтерфейсу (ІФ); генератора синхронізуючих імпульсів (ГСІ), що генерує тактові імпульси, необхідні для роботи МК; пульта управління (ПУ), який виконує початкове налаштування мікроконтролера та його скидання. ІФ призначений для обміну даними із персональним комп'ютером (ПК), а також для програмування мікроконтролера. У якості ІФ обраний RS232. Блок живлення (БЖ) забезпечує напругу, необхідну для роботи системи [7]. На підставі структурної схеми розроблено схему електричну принципову, що представлено на рис. 2.

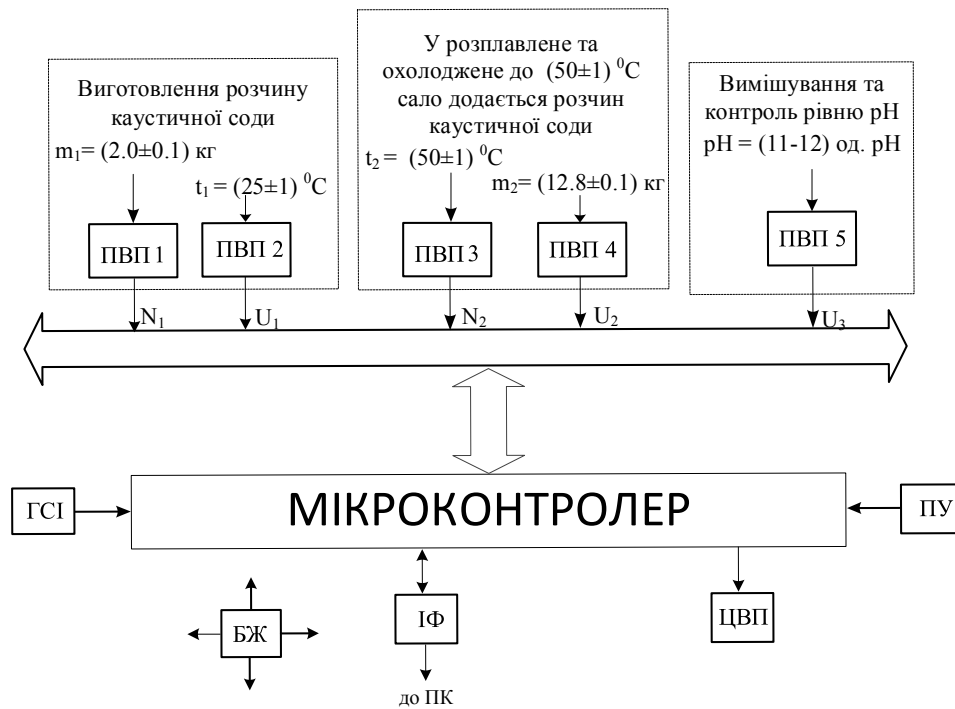


Рис. 1 – Структурна схема системи контролю

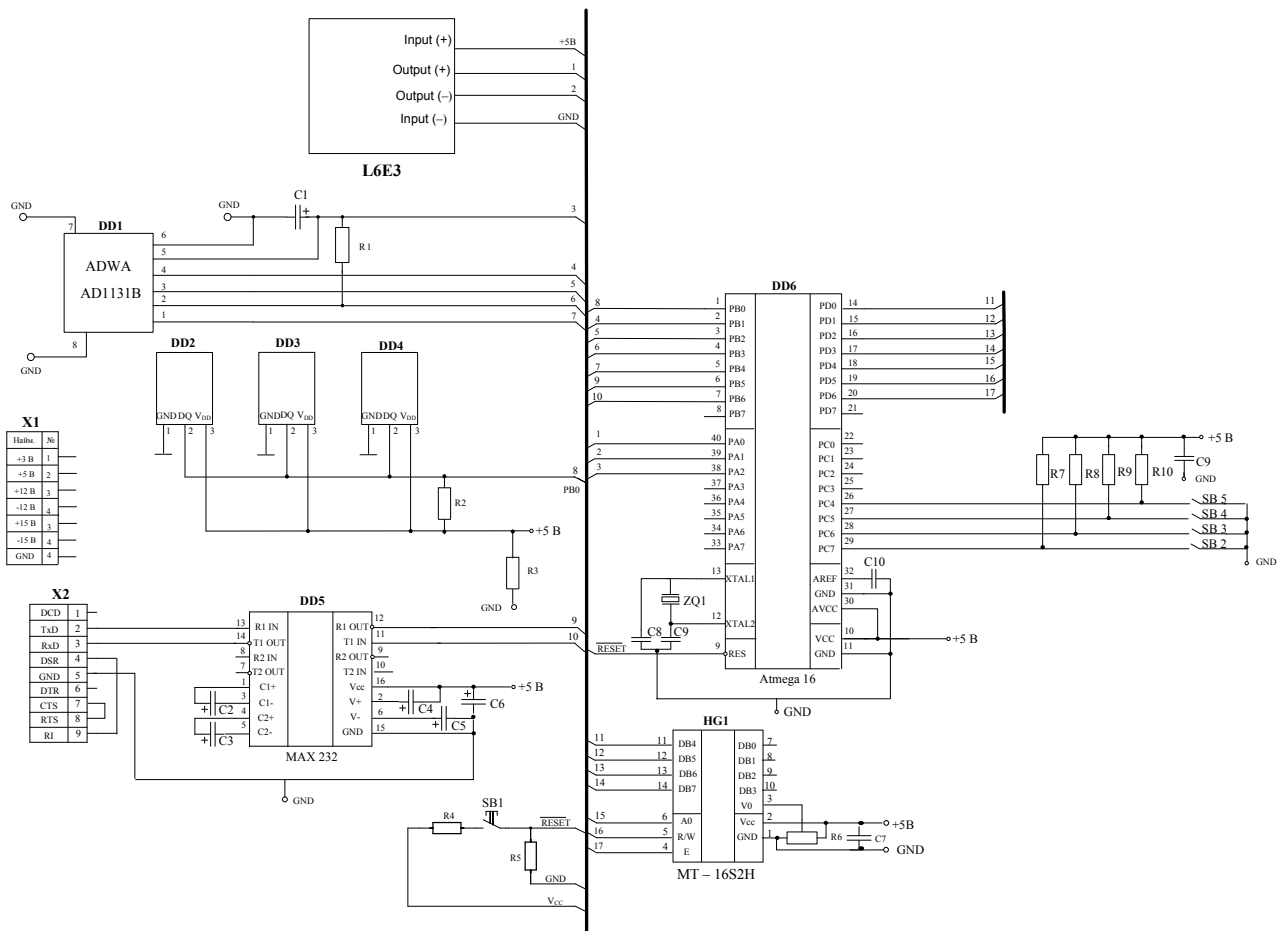


Рис. 2 – Схема електрична принципова

У якості МК було обрано МК фірми *Atmel* – *Atmega16*, як потужний, дешевий пристрій, що має у своєму складі вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Перед початком роботи проводиться початкове налаштування МК. Далі йде вибір каналу вимірювання. Після отримання поточних даних відбувається перевірка на відповідність отриманих даних встановленим значенням. У випадку, якщо значення відрізняються від установлених вмикаються виконавчі пристрої (на схемі рис. 1 на показані), що діють на технологічний процес і дають змогу повернути значення параметрів, що контролюються у встановлені межі. МК обробляє надану інформацію та надсилає результати вимірювань на ПК або відображає їх на ЦВП.

У якості датчика температури обрано датчик, *DS18B20-3M-TUBE-IP67* у герметичному виконанні з довжиною кабелю 3 метри фірми *Dallas Semiconductor* (рис. 3). Це цифровий вимірювач температури, з роздільною здатністю перетворення 9 – 12 розрядів і функцією тривожного сигналу контролю за температурою. Параметри контролю можуть бути задані користувачем та збережені в незалежній пам'яті датчика. Він забезпечує діапазон вимірюваної температури від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, в діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$ точність $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ [8].



Рис. 3 – *DS18B20-3M-TUBE-IP67*

У якості датчика ваги для даної системи був обраний аналоговий тензодатчик компанії *Zemic L6E3 – C3 – 50 kg*, це тензометричний датчик який застосовується для виготовлення ваг та ваговимірювальних систем, в основному застосовується при виготовленні торгових, підлогових ваг, а також дозуючого обладнання. Клас точності *C3*. Похибка вимірювання становить $\pm 0,02\%$ від вимірюваного значення. Зовнішній вигляд датчика представлено на рис. 4 [9].

Датчиком рівню *pH* був обраний аналоговий електрод компанії *ADWA AD1131B*. Він має діапазон вимірювань $0 \div 14 \text{ pH}$, робоча температура $0 \div 100^{\circ}\text{C}$, матеріал електрода кераміка, скляний корпус,

конектор *BNC*. Зовнішній вигляд електрода та датчику рівню *pH ADWA AD1131B* представлено на рис. 5 [10].



Рис. 4 – Зовнішній вигляд тензодатчика *Zemic L6E3*



Рис. 5 – Зовнішній вигляд датчику рівню *pH ADWA AD1131B*

Розглянемо докладніше схему електричну принципову рис. 2.

Тензодатчик – *Zemic L6E3*, має два входи – живлення ($+5 \text{ V}$) та земля (*GND*), два диференційні виходи, які підключені до входів вбудованого у МК АЦП *PA0* і *PA1*. Датчик рівню *pH* представлений мікросхемою *ADWA AD1131B (DD1)*, яка є перетворювачем типу рівень *pH* – напруга. Датчики температури реалізовано трьома датчиками *DS18B20 (DD2, DD3, DD4)*, які підключені по одній шині до цифрового входу МК *PB0*.

Мікроконтролер, реалізується мікросхемою *DD6 (Atmega16)* [11], вбудований АЦП якого, перетворює аналоговий сигнал від датчиків рівню *pH* і ваги у цифровий код. МК здійснює лінеаризацію результату вимірювання і передає готовий результат виміру на цифровий відліковий пристрій, представлений мікросхемою *HG1 (MT – 16S2H)*. Оброблений результат вимірювання також передається на персональний комп'ютер завдяки стандартному інтерфейсу *RS232 (DD5)* мікросхема *MAX232*, вхід якого зображено роз'єднувачем *X2*. Скидання МК здійснюється завдяки перемикачу *SB1* з резисторами обв'язки *R4* і *R5*.

Завдання тактової частоти мікроконтролера відбувається за допомогою кварцового генератору *ZQ1 (HC – 49S 16МГц)* з обв'язкою конденсаторів *C8* та *C9*. Встановлення режиму роботи, ввімкнення/вимкнення відбувається з пульта керування, який представлений кнопками *SB2 – SB5*. Для ручного перезапуску мікроконтролера передбачена кнопка *SB1* з резисторами обв'язки *R4* і

R5. Живлення даної схеми подається через роз'єднувач X1.

Розроблений прилад може працювати в чотирьох режимах:

- 1) основний – вимірювання з індикацією поточних значень рівню pH , ваги і температури;
- 2) перегляд вимірних результатів з пам'яті;
- 3) установка/корекція дати й часу;
- 4) очистка вмісту пам'яті.

Розглянемо основні джерела похибок.

Похибка датчика температури модель DS18B20 у діапазоні від -10 до $+85$ °C похибка не перевищує $\pm 0,5$ °C ($\pm 0,5$ %).

Похибка датчика pH ADWA AD1131B становить $\pm 0,1$ % від вимірюваного значення.

Похибка тензодатчика Zemic L6E3 становить $\pm 0,02$ % від вимірюваного значення.

Відносна похибка АЦП убудованого у мікроконтролер ATmega16 становить $\pm 0,1$ %.

Всі інші елементи схеми похибки не вносять.

Оскільки усі складові сумарної похибки можна вважати некорельованими між собою, то вираз для знаходження загальної похибки має вигляд [12]

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

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 [12].

Сумарна похибка каналу виміру ваги датчиком Zemic L6E3 становить $\pm 0,11$ %.

Сумарна похибка каналу рівня pH датчиком ADWA AD1131B становить $\pm 0,16$ %.

Отримані похибки по каналам вимірювання задовольняють умовам технічного завдання, тобто не перевищують 1,0 %.

Висновки

Було виконано розроблення системи контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила, що призначена для контролю температури при виготовленні розчину каустичної соди та при розплаві і охолодженні сала, рівня pH , маси речовин.

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 1,0 %.

Список літератури

1. Особливості технології виробництва господарського мила. URL: http://4ua.co.ua/manufacture/tb2bc78a5d53a88521206d27_0.html/14.12.2021 (дата звернення: 14.12.2021).
2. ДСТУ 4544:2006. Мило господарське тверде. Технічні умови. – К.: Видання офіційне 2007. 14 с.
3. 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.
4. 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. № 10 (4). P. 524. doi: 10.3390/jmse10040524.
5. 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.
6. 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.
7. Григоренко І. В., Андреев Д. А. Розробка систем контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила. *VII Міжнародна науково-технічна конференція з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів»*. Луцьк, Україна, 2022 . С. 63-64.
8. DS18B20. URL: <https://miniboard.com.ua/sensors/518-vlagozasshishshennyj-datchik-temperatury-ds18b20.html/07.04.2022>.
9. Одноточковий тензодатчик Zemic L6E3-C3-50kg-3B до 50 кг. URL: <https://gipercenter.kiev.ua/ua/p470604623-odnotochechnyj-tenzodatchik-zemic.html/10.06.2022>.
10. Змінний pH-електрод ADWA AD1131B. URL: <https://futuretec.com.ua/ua/p1409331098-smennyj-elektrod-adwa.html/10.06.2022>.
11. Мікроконтролер ATmega16. URL: <https://greenchip.com.ua/24-0-214-0.html> (дата звернення: 27.04.2022).
12. Чинков В. М. *Основи метрології та виміральної техніки*. Харків: НТУ «ХПІ», 2005. 524 с.

References (transliterated)

1. Osoblyvosti tekhnolohiyi vyrobnytstva hospodars'koho myla. Available at: http://4ua.co.ua/manufacture/tb2bc78a5d53a88521206d27_0.html (accessed 14.12.2021).
2. DSTU 4544:2006. Mylo hospodars'ke tvrde. Tekhnichni umovy. K. Vydannya ofitsiyne 2007. 14 p.
3. Dominikowski B., Pacholski K. and Wozniak P. Fuzzy controller surface error in the intelligent automatic gain control system. *Przegląd elektrotechniczny*, 2018, № 94 (9), pp. 62-67.
4. 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, № 10 (4), pp. 524, doi: 10.3390/jmse10040524.
5. 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.
 6. 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.
 7. Hryhorenko I. V., Andreyev D. A. Rozrobka system kontrolyu tekhnolohichnoho protsesu vyhotovlennya hospodarskoho myla. *VII Mizhnarodna naukovotekhnichna konferentsiya z problem vyshchoyi osvity i nauky TK-2022 «Prohresyvni napryamky rozvytku tekhnolohichnykh kompleksiv»*. Lutsk, Ukrayina, 2022, pp. 63-64.
 8. DS18B20 Available at: <https://miniboard.com.ua/sensors/518-vlagozasshishshennyj-datchik-temperatury-ds18b20.html> (accessed 07.04.2022).
 9. Odnotochkovyy tenzodatchyk Zemic L6E3-C3-50kg-3B do 50 k-h. Available at: <https://gipercenter.kiev.ua/ua/p470604623-odnotochechnyj-tenzodatchik-zemic.html/> (accessed 10.06.2022).
 10. Zminnyy rN-elektrod ADWA AD1131B. Available at: <https://futuretec.com.ua/ua/p1409331098-smennyj-elektrod-adwa.html> (accessed 10.06.2022).
 11. Mikrokontroler ATmega16. Available at: <https://greenchip.com.ua/24-0-214-0.html> (accessed 15.06.2022).
 12. Chynkov V. M. *Osnovy metrolohii ta vymiriuvalnoi tekhniky*. Kharkiv. NTU «KhPI», 2005. 524 p.

Відомості про авторів (About authors)

Ігор Володимирович Григоренко – 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.

Андрєєв Денис Артемович – магістр кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; e-mail: denis.andreev1818@gmail.com

Denis Andreev – master of the Department of information and measuring technologies and systems National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: denis.andreev1818@gmail.com

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Григоренко І. В., Андрєєв Д. А. Система контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 3 (13). С. 35-40. doi:10.20998/2413-4295.2022.03.06.

Please cite this article as:

Hryhorenko I., Andreev D. Control system of the technological process of fabrication soap. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 3 (13), pp. 35–40, doi:10.20998/2413-4295.2022.03.06.

Надійшла (received) 12.08.2022