

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ З МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА

І.В. Григоренко, С.М. Григоренко, А.А. Шибанов, В.В. Лисенко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інституту», м. Харків, Україна, e-mail: grigmaestro@gmail.com.

Анотація

Для контролю технологічного процесу виготовлення вершкового масла доцільно використовувати мікропроцесорні вимірювальні системи, що здатні не тільки отримувати поточні значення параметрів контролю, але й своєчасно встановлювати момент метрологічної відмови сенсорів і технологічного обладнання. Це дозволяє уникати випуску неякісної продукції через не дотримання умов технології виробництва, а також передбачати виникнення аварійних ситуацій на виробництві. У роботі представлено мікропроцесорну систему, що здатна контролювати технологію виробництва на основних етапах перевірки якості молока, охолодження молока, сепарування молока, пастеризації вершків, охолодження до температури фізичного дозрівання, збивання вершків. Завдяки впровадженню запропонованої системи отримані результати натурних вимірювань температури на етапі «Пастеризація вершків» технологічного процесу виготовлення вершкового масла. Проведено перевірку рівноточності результатів серій спостережень для перевірки метрологічної надійності використаних сенсорів.

Ключові слова: мікропроцесор, система, сенсор, контроль, дисперсійний аналіз, вимірювання.

1. Вступ

Вершкове масло – це всесвітньо відомий харчовий продукт, що виробляється переважно із коров'ячого молока і складається із молочного жиру. Воно має специфічний запах, смак і пластичну консистенцію. Крім основного компоненту – жиру, масло містить білки, вітаміни, воду, мінеральні речовини, молочний цукор, фосфатиди та ін. [1].

Різноманіття вершкового масла пов'язано із технологією переробки сировини та складом готової продукції. Найбільш поширеним на Україні є солодко-вершкове масло, яке виробляється із свіжих пастеризованих вершків.

Проблеми забезпечення якості і дотримання умов технології виробництва вершкового масла цікавлять як вітчизняних [2, 3], так і закордонних вчених [4–7]. Для вирішення задач контролю технології виробництва вершкового масла доцільно використовувати мікропроцесорні вимірювальні системи, які здатні охопити основні ділянки технологічного процесу. До ділянок, які потребують постійного автоматичного контролю, відносять: перевірку якості молока, охолодження молока, сепарування молока, пастеризацію вершків, охолодження до температури фізичного дозрівання, збивання вершків.

Впровадження мікропроцесорної вимірювальної системи дозволить забезпечити дотримання встановлених умов виробництва завдяки своєчасному вимірюванню і контролю основних фізичних величин, таких як: температура, тиск пару, рівень рН та швидкість обертання валу двигуна мішалки, що дасть можливість отримувати якісну продукцію. Також з'явиться можливість передбачити і уникати аварійних ситуацій на виробництві шляхом своєчасного впливу на технологічний процес завдяки дії виконавчих пристроїв.

Мета роботи. Розробка мікропроцесорної вимірювальної системи для технологічного процесу виготовлення вершкового масла та обробка результатів натурних вимірювань температури на етапі технологічного процесу («Пастеризація вершків») для перевірки рівноточності результатів серій спостережень, і, таким чином, підтвердження метрологічної надійності використаних сенсорів.

2. Розробка електричної принципової схеми мікропроцесорної вимірювальної системи для виробництва вершкового масла

На підставі необхідності проведення вимірювань температур на етапах технологічного процесу виготовлення вершкового масла у діапазоні (+4...100) °С обрано у якості сенсора температури термопару типу ТХА (хромель-алюмель).

Для посилення вихідного сигналу з термопар у якості вторинного вимірювального перетворювача (ВВП) обрано високоточний цифровий перетворювач MAX31855. Мікросхема MAX31855 призначена для перетворення у цифрову форму сигналів від термопар типів К, J, N, T або E та забезпечує компенсацію нестабільності холодних сплавів.

Контроль тиску у діапазоні від 1,5 до 2,0 бар на етапі пастеризації вершків при температурі (+95...100) °С здійснюється за допомогою сенсора тиску APZ 3420s.

У якості сенсора рівня рН обрано Ceragel CPS71. Сенсор Ceragel CPS71 – аналоговий рН електрод, що розроблений для очисних технологій, гігієнічних і стерильних застосувань. CPS71 обладнаний системою подвійної камери порівняння

із внутрішнім сполучним електролітом і додатково має вбудований сенсор температури.

У якості сенсора кількості обертів валу обрано сенсор Холла US1881, що реагує на наявність магнітного поля.

У якості мікроконтролера обрано ATmega16.

Датчики контролю температури TXA-1090 підключені до роз'єднань X1–X6 відповідно. Для компенсації нестабільності температури холодного спаю термодпар і підсилення рівню сигналу TXA-1090 підключається до мікроконтролера через високоточні цифрові перетворювачі MAX31855 (DD1–DD6). Живлення подається через роз'єднувач X7.

Датчики контролю рівня рН Ceragel CPS71 під'єднуються до роз'єднувачів X8 та X11. Датчик кількості обертів валу US1881 під'єднуються до роз'єднувачів X9. Датчик контролю тиску APZ3420s підключаються до роз'єднувача X10. Вихідні сигнали з датчиків контролю рівню рН, тиску та кількості обертів валу у вигляді аналогових сигналів надходять на шину мікроконтролера DD7, що містить 8-канальний 10-розрядний вбудований аналого-цифровий перетворювач.

Мікроконтролер ATmega16, що представлений мікросхемою DD7, здійснює обробку результату вимірювання із подальшою передачею даних на цифровий відліковий пристрій, який представлений

мікросхемою HD44780 (HG1). Регулювання яскравості рідкокристалічного індикатора забезпечує резистор R3.

Оброблені мікроконтролером данні передаються до електронної обчислювальної машини (ЕОМ) через роз'єднувач X12 завдяки послідовному інтерфейсу RS485, який представлено мікросхемою DD8. Передбачена також можливість ручного скидання мікроконтролера за допомогою кнопкового перемикача SB1 із резистивною обв'язкою R1 та R2.

Конденсатори C7 і C8 потрібні для задавання режиму роботи кварцового резонатора ZQ1.

Розроблена мікропроцесорна вимірювальна система може працювати в чотирьох основних режимах:

- 1) вимірювання з індикацією поточних значень температури, кількості обертів, тиску та рівня рН;
- 2) перегляд вимірних результатів із пам'яті;
- 3) установка / корекція дати та часу;
- 4) очистка вмісту пам'яті.

Програмування за циклічним алгоритмом роботи системи здійснюється за допомогою ЕОМ по інтерфейсу RS485.

Електрична принципова схема мікропроцесорної вимірювальної системи параметрів технологічного процесу виготовлення вершкового масла представлена на рис. 1.

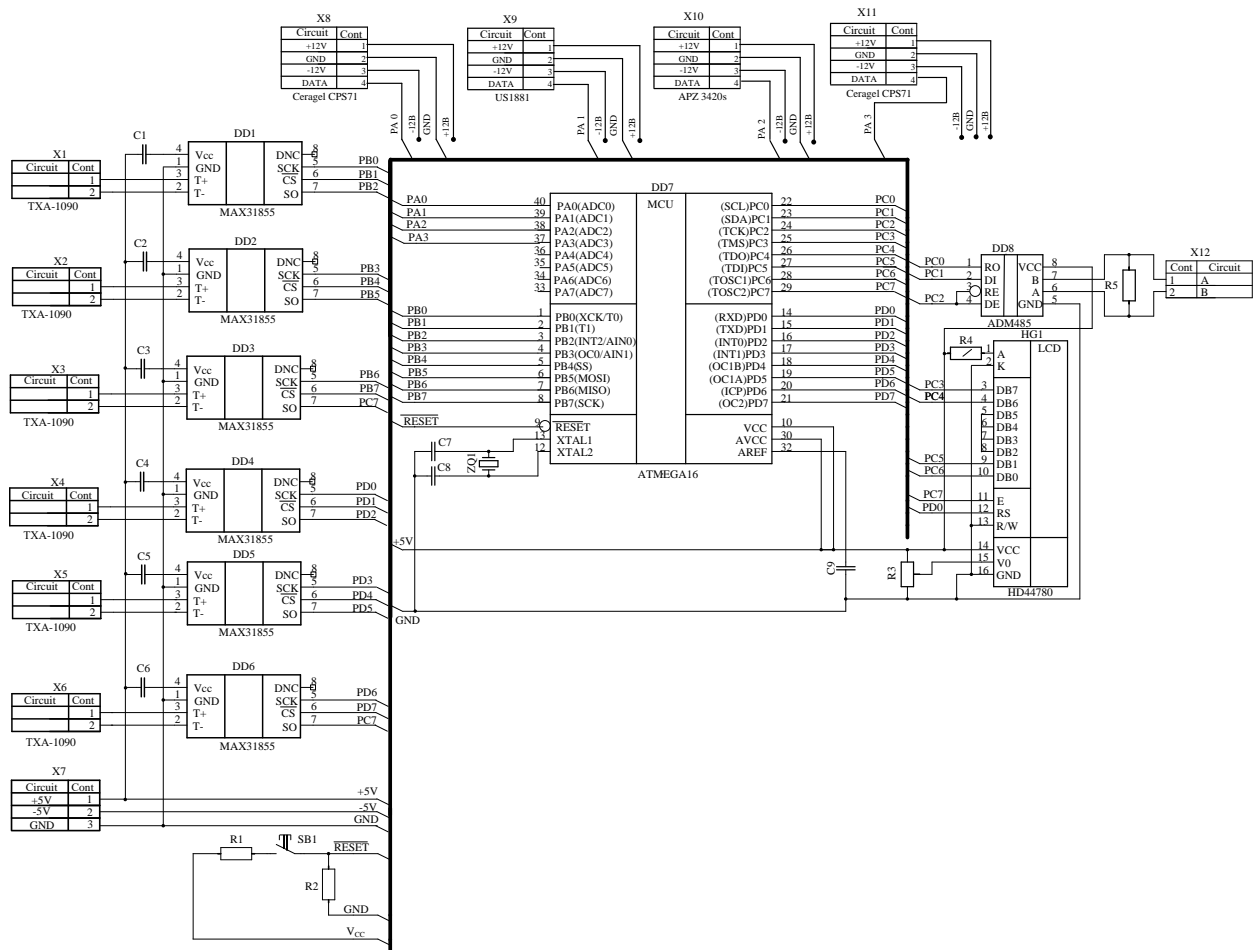


Рис. 1. Електрична принципова схема мікропроцесорної вимірювальної системи для виробництва вершкового масла

3. Аналіз за критерієм рівноточності результатів серій спостережень

Використання термінів «рівноточні» і «нерівноточні» результати вимірювань ґрунтуються на порівнянні і допустимості відмінностей оцінок внутрішньогрупових дисперсій або середньоквадратичних відхилень (СКВ) результатів вимірювань. Для перевірки допустимості відмінностей використовують критерій Р. Фішера (при числі серій $L=2$) або критерій М. Бартлетта (при числі серій $L \geq 3$) [8].

Відповідно до критерію Фішера відмінність між незміщеними оцінками дисперсій $\hat{\sigma}_1^2$ і $\hat{\sigma}_2^2$ результатів двох серій із числом спостережень n_1 і n_2 вважається допустимою, якщо виконується умова:

$$\frac{1}{F_{\alpha/2}} \leq \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} \leq F_{\alpha/2}, \quad (1)$$

де
$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (X_{iq} - \bar{X}_i)^2; \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{1}{N-L} \sum_{i=1}^L \sum_{q=1}^{n_i} (X_{iq} - \bar{X}_i)^2 = \frac{1}{N-L} \sum_{i=1}^L (n_i - 1) \hat{\sigma}_i^2. \quad (3)$$

Формула (2) є незміщеною оцінкою внутрішньогрупової дисперсії результатів спостережень i -ї серії, $i=1, L$ [8–10].

Значення $F_{\alpha/2}$ залежно від числа степенів вільності для рівнів значущості α наводяться у таблицях до критерію Фішера. Число степенів вільності для оцінки дисперсії $\hat{\sigma}_1^2$ дорівнює $k_{F1} = n_1 - 1$. Для оцінки дисперсії $\hat{\sigma}_2^2$ воно дорівнює $k_{F2} = n_2 - 1$. Оцінки дисперсій $\hat{\sigma}_1^2$ і $\hat{\sigma}_2^2$ знаходять за формулою (2), після чого перевіряють нерівність (1) [8].

Критерій Бартлетта використовується при $L \geq 3$ і $n_i \geq 4$. Він ґрунтується на обчисленні χ^2 -розподілу

$$\chi^2 = \frac{2,303}{c} \sum_{i=1}^L (n_i - 1) \cdot \lg \frac{\hat{\sigma}_{\Sigma i}^2}{\hat{\sigma}_e^2}, \quad (4)$$

де
$$c = 1 + \frac{1}{3(L-1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N-L} \right], \quad (5)$$

$$N = \sum_{i=1}^L n_i - \text{число спостережень у всіх } L\text{-серіях.}$$

Оцінки дисперсій $\hat{\sigma}_i^2$ і $\hat{\sigma}_e^2$ знаходять за формулами (2) і (3). Якщо в усіх серіях число спостережень $n_i \geq 30$, то можна вважати $c = 1$ [8].

Критерій Бартлетта визначається нерівністю

$$\chi^2 \leq \chi_{\alpha}^2, \quad (6)$$

де $\chi_{\alpha}^2 - \chi^2$ - розподіл для рівня значущості α , його знаходять за таблицями критерія Бартлетта. Вхідними даними для цієї таблиці є рівень значущості α і число степенів вільності k_s (у даному випадку $k_s = L-1$). Методика перевірки рівноточності результатів серій спостережень за критерієм Бартлетта наступна [8]:

– обчислюють незміщені оцінки внутрішньогрупових дисперсій $\hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2, \dots, \hat{\sigma}_L^2$ за формулою (2);

– визначають середнє арифметичне значення незміщених оцінок внутрішньогрупових дисперсій результатів спостережень (середнє розсіювання всередині груп) за формулою (3);

– обчислюють значення χ^2 за формулою (4) із застосуванням співвідношення (5);

– задають рівень значущості α та знаходять за таблицею критерію Бартлетта значення χ_{α}^2 ;

– перевіряють виконання нерівності (6), тобто критерію Бартлетта.

Якщо ця нерівність виконується, то відмінності між дисперсіями результатів вимірювань вважаються допустимими і вирішується задача об'єднання результатів однорідних рівноточних серій спостережень. У іншому випадку (за умови, коли результати спостережень однорідні) мусить бути вирішена задача об'єднання результатів нерівноточних серій вимірювань [8].

4. Результати натурних вимірювань температури на етапі «Пастеризація вершків» технологічного процесу виготовлення вершкового масла

Вимірювання температури при пастеризації вершків проводились за допомогою термометричного типу ТХА(К) (хромель-алюмель). Під час експерименту отримано п'ять серій по 35 вимірювань у серії. Експерименти проводились продовж п'яти робочих змін.

Графічне зображення спостережень за зміною температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день перший) представлено на рис. 2.

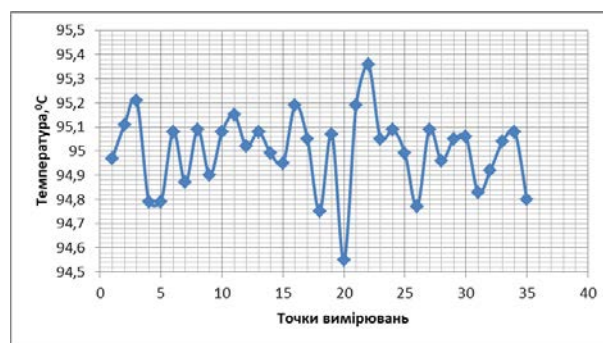


Рис. 2. Графік вимірювання температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день перший)

Графічне зображення спостережень за зміною температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день другий) представлено на рис. 3.

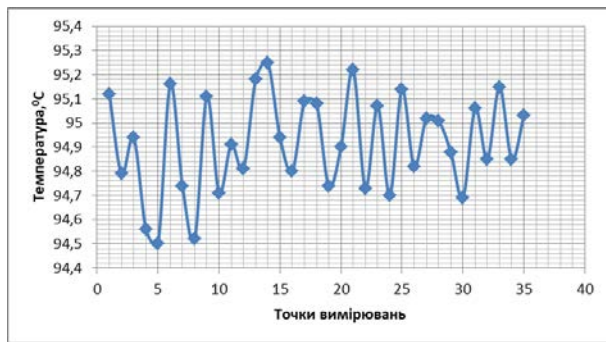


Рис. 3. Графік вимірювання температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день другий)

Графічне зображення спостережень за зміною температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день третій) представлено на рис. 4.

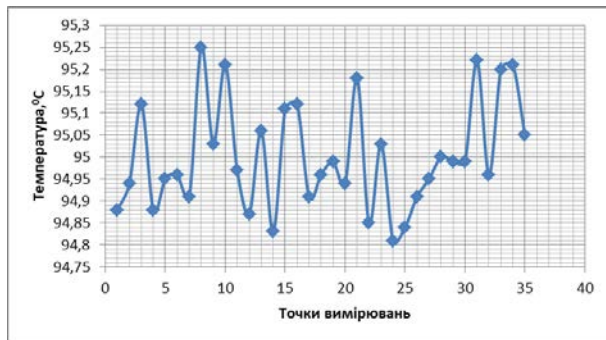


Рис. 4. Графік вимірювання температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день третій)

Графічне зображення спостережень за зміною температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день четвертий) представлено на рис. 5.

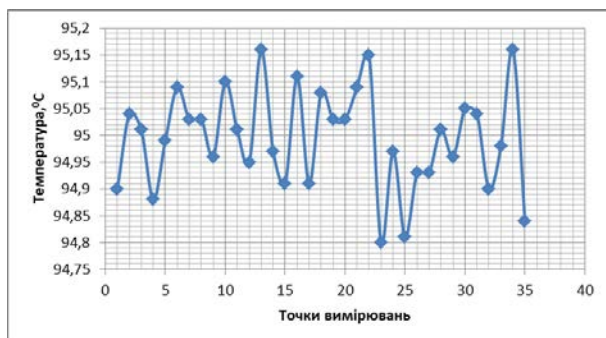


Рис. 5. Графік вимірювання температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день четвертий)

Графічне зображення спостережень за зміною температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день п'ятий) представлено на рис. 6.

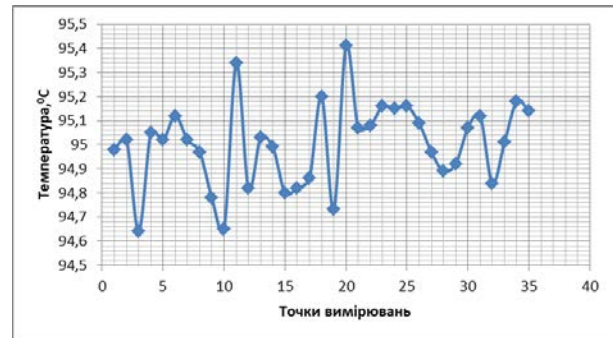


Рис. 6. Графік вимірювання температури $(95,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ при пастеризації вершків (день п'ятий)

5. Перевірка рівноточності результатів серій спостережень

При числі серій $L \geq 3$ для перевірки використано критерій Бартлетта [8].

Відповідно до методики перевірки рівноточності результатів серій спостережень за критерієм Бартлетта:

1) обчислено незміщені оцінки внутрішньогрупових дисперсій $\hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2, \dots, \hat{\sigma}_L^2$ за формулою (2): $\hat{\sigma}_1 = 0,1592 (^\circ\text{C})^2$; $\hat{\sigma}_2 = 0,2036 (^\circ\text{C})^2$; $\hat{\sigma}_3 = 0,1237 (^\circ\text{C})^2$; $\hat{\sigma}_4 = 0,092 (^\circ\text{C})^2$; $\hat{\sigma}_5 = 0,1757 (^\circ\text{C})^2$.

2) знайдено середнє значення цих оцінок за формулою:

$$\hat{\sigma}_{\Sigma i}^2 = \frac{\hat{\sigma}_1^2 + \hat{\sigma}_2^2 + \hat{\sigma}_3^2 + \hat{\sigma}_4^2 + \hat{\sigma}_5^2}{L} \quad (6)$$

$$\hat{\sigma}_{\Sigma i}^2 = 0,1508 (^\circ\text{C})^2.$$

3) визначено середнє арифметичне значення незміщених оцінок внутрішньогрупових дисперсій результатів спостережень (середнє розсіювання всередині груп):

$$\hat{\sigma}_6^2 = 0,0237.$$

4) обчислено значення χ^2 за формулою (4) із застосуванням співвідношення (5):

$$\chi^2 = 7,36.$$

5) задано рівень значущості $\alpha = 0,05$, знайдено за таблицею критерію Бартлетта [8] (у даному випадку $k_s = L - 1 = 4$) значення $\chi_\alpha^2 = 9,488$.

6) перевіряємо виконання нерівності (6), тобто критерій Бартлетта:

$$7,36 \leq 9,488.$$

Оскільки нерівність (6) виконується, то відмінності між дисперсіями результатів вимірювань вважаються допустимими.

6. Визначення похибок по каналам вимірювання мікропроцесорної системи

Загальна відносна похибка вимірювання мікропроцесорної системи складається із похибки окремих каналів. Найбільшими джерелами похибки при цьому є сенсори та АЦП. Оскільки всі складові сумарної похибки можна вважати некорельованими між собою, то вираз для знаходження невилученої систематичної похибки має вигляд [8, 9]:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N \delta_i^2}, \quad (7)$$

де N – кількість складових загальної похибки;

δ_i – значення складової сумарної похибки;

1,1 – коефіцієнт, який залежить від довірчої ймовірності ($P = 0,95$) та числа складових сумарною похибки (дві складові) [8].

Оскільки для контролю температури використано термомпари типу ТХА(К), то на підставі характеристик даного типу термомпар, знайдено похибку вимірювання $\Delta t = \pm 1,5$ °С.

При максимальній температурі $t = 100$ °С:

$$\delta = \frac{\Delta t}{t} \cdot 100\%, \quad (8)$$
$$\delta_t = \pm 1,5\%.$$

Оскільки мікросхема МАХ31855 здатна забезпечувати точність ± 2 °С у діапазоні температур від -200 до $+700$ °С для термомпар К-типу:

$$\delta_t = \pm 0,3\%.$$

Загальну відносну похибку вимірювання температури визначено за формулою (7):

$$\delta_{\Sigma t} = \pm 1,68\%.$$

Відносна похибка сенсорів контролю рівня рН Ceragel CPS71 становить $\pm 1,0\%$ рН. На виході сенсора рівня рН маємо аналоговий сигнал, тому він спочатку надходить до входу АЦП, що є у складі мікроконтролера. Похибка аналого-цифрового

перетворення мікропроцесора АТmega16 становить $\pm 0,1\%$. Таким чином, відповідно до формули (7):

$$\delta_{\Sigma pH} = \pm 1,1\%.$$

Похибка сенсора тиску APZ3420s становить $\pm 0,5\%$. На виході сенсора тиску маємо аналоговий сигнал, тому він спочатку надходить до входу АЦП, що є у складі мікроконтролера. Таким чином, відповідно до формули (7):

$$\delta_{\Sigma P} = \pm 0,16\%.$$

Похибка сенсора кількості обертів валу US1881 становить $\pm 0,5\%$. На виході сенсора кількості обертів валу маємо аналоговий сигнал, тому він спочатку надходить до входу АЦП, що є у складі мікроконтролера. Таким чином, відповідно до формули (7):

$$\delta_{\Sigma N} = \pm 0,16\%.$$

Похибки по вимірювальним каналам не перевищують задану у технічному завданні $\pm 2,0\%$.

7. Висновки

Розроблена електрична принципова схема мікропроцесорної вимірювальної системи для виробництва вершкового масла і використані в ній елементи дозволили забезпечити точність вимірювання по каналам контролю основних фізичних величин на рівні $\pm 2,0\%$, що задовольняє вимогам технічного завдання.

Отримані результати натурних вимірювань температури на етапі «Пастеризація вершків» технологічного процесу виготовлення вершкового масла дозволили провести аналіз за критерієм рівноточності результатів серій спостережень, який встановив, що умова критерію Бартлетта виконується, відмінності між дисперсіями результатів вимірювань вважаються допустимими і вирішується задача об'єднання результатів однорідних рівноточних серій спостережень. Отриманий результат дає можливість стверджувати, що сенсори температури на етапі «Пастеризація вершків» є метрологічно надійними.

Список літератури

1. ДСТУ 4399:2005 Масло вершкове. Технічні умови. Зі змінами та поправками. Чинний від 01.07.2006. Київ: Видання офіційне. 2006. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=85148/07.03.2025.
2. Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворошук В.Я. Технологічне обладнання молочних виробництв. Київ: ІНКОС, 2007. 344 с.
3. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. Київ: Вища освіта, 2006. 351 с.
4. Aydemir, M.E. y Altun, S.K. 2024. Evaluación de mantequilla producida a partir de suero y grasa láctea en términos de algunos criterios de calidad y composición de ácidos grasos. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia. 34, 1 (ene. 2024), 6. DOI: <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e34293>.
5. Zacarchenco, P.B., Spadoti, L.M., Silva e Alves, A.T., Zanetti, V.C., Verruck, S. (2023). Probiotic Butter. In: Gomes da Cruz, A., Silva, M.C., Colombo Pimentel, T., Esmerino, E.A., Verruck, S. (eds) Probiotic Foods and Beverages . Methods and Protocols in Food Science. Humana, New York, NY. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3187-4_4.
6. Tsedey Azezea , Mitiku Eshetub, Zelalem Yilmac and Tesfemariam Berhe. The value of traditional milk products among smallholder farmers of Southern Ethiopia: handling, consumption and making of butter. *Cogent Food & AgriCulture* 2024, Vol. 10, no. 1, 2378557. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2378557>.

7. Renata S. Dias, Celso F. Balthazar, Rodrigo N. Cavalcanti, Louise A. Sobral, Jessica F. Rodrigues, Roberto P.C. Neto, Maria Inês B. Tavares, Ana Paula B. Ribeiro, Renato Grimaldi, Celso Sant'Anna, Erick A. Esmerino, Tatiana C. Pimentel, Marcia Cristina Silva, Adriano G. Cruz. Nutritional, rheological and sensory properties of butter processed with different mixtures of cow and sheep milk cream. *Food Bioscience*, Vol. 46, 2022, 101564, ISSN 2212-4292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101564>.

8. Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки: навч. посіб. Харків: ХВУ, 2001. 424 с.

9. Григоренко І.В., Григоренко С.М., Плсенецов С.Ю., Шибанов А.А. Розробка інформаційно-вимірювальної системи та перевірка її метрологічної надійності методом дисперсійного аналізу. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ «ХПІ». 2025. № 1 (23). С. 32–39. DOI:10.20998/2413-4295.2025.01.04.

10. Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoria Krylova. Temperature sensor research as a part of a microprocessor system by statistical analysis methods. *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, 2022. Kharkiv, Ukraine. P. 102–107. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916478>.

Надійшла (Received) 30.04.2025

Прийнята до друку (accepted for publication) 05.05.2025

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ/ABOUT THE AUTHORS

Ігор Володимирович Григоренко – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: grigmaestro@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4905-3053.

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

Світлана Миколаївна Григоренко – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: sngloba@gmail.com. ORCID: 0000-0003-0150-4844.

Svitlana Hryhorenko – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation of technological systems and ecology monitoring, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: sngloba@gmail.com. ORCID: 0000-0003-0150-4844.

Артур Андрійович Шибанов – магістр кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: artur.shibanov@infiz.khpi.edu.ua. ORCID: 0009-0002-9391-2799.

Arthur Shibanov – magistr of the Department of Information and measuring technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: artur.shibanov@infiz.khpi.edu.ua. ORCID: 0009-0002-9391-2799.

Володимир Валерійович Лисенко – доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: Volodymyr.Lysenko@khpi.edu.ua. ORCID: 0000-0003-1424-5124.

Volodymyr Lysenko – Associate Professor of the Department of Information and measuring technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: Volodymyr.Lysenko@khpi.edu.ua. ORCID: 0000-0003-1424-5124.

INFORMATION PROCESSING FROM A MICROPROCESSOR-BASED MEASURING SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF BUTTER PRODUCTION

Hryhorenko I.V., Hryhorenko S.M., Shibanov A.A., Lysenko V.V.

Abstract

To control the technological process of butter production, it is advisable to use microprocessor measuring systems that are capable not only of receiving current values of control parameters, but also of timely establishing the moment of metrological failure of sensors and technological equipment. This allows to avoid the release of poor-quality products due to non-compliance with the conditions of production technology, as well as to predict the occurrence of emergency situations in production. The paper presents a microprocessor system that is capable of controlling the production technology at the main stages of milk quality control, milk cooling, milk separation, cream pasteurization, cooling to the temperature of physical maturation, cream whipping. Thanks to the implementation of the proposed system, the results of full-scale temperature measurements at the stage of «Cream Pasteurization» of the technological process of butter production were obtained. The equivalence of the results of series of observations was checked to verify the metrological reliability of the sensors used.

Key words: microprocessor, system, sensor, control; analysis of variance, measurement.