УДК 519.237.4 doi: 10.20998/2220-4784.2023.02.06

О. С. ОПРИШКІН

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СПРОЩЕНОЇ МОДЕЛІ ФАКТОРНОГО ВПЛИВУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ПОМЕЛУ ЗЕРНА КАВИ

У статті розглянуто результати експериментального визначення значень часу помелу кави, швидкості обертання валу двигуна та температури на статорі двигуна за допомогою спроектованої інформаційно-вимірювальної системи на основі платформи Arduino Nano 3.0. Для помелу зерна кави була використана кавомолка Mahlkönig EK 43. Представлено структурно-функціональну схему та схему електричного з'єднання елементів вимірювальної системи. Запропонована спрощена модель факторного впливу на однорідність помелу зерна кави. На підставі проведеного дисперсійного аналізу спрощеної моделі факторного впливу отримані значення кількості інформації по кожному з параметрів, що впливають на однорідність помелу при урахуванні їх взаємного впливу. Встановлено, що час помелу дає найбільшу кількість інформації і є головним фактором, який суттєво впливає на однорідність помелу.

Ключові слова: факторний вплив, дисперсійний аналіз, однорідність помелу, кількість інформації, зерно кави, показник контролю.

Вступ.

Мелену каву для виготовлення еспресо у кавовій машині одержують за допомогою кавомолки. Кава еспресо готується, коли гаряча вода під тиском нагнітається через шайбу із кавовим порошком при оптимальній масовій витраті 1 г/с.

Відомо [1], що для приготування кави за різними рецептурами необхідно використовувати й сировину різного розміру помелу. На отримання конкретної дрібноти помелу впливають ряд факторів, які треба враховувати перед тим як закладати зерна у кавомолку. Проблеми визначення величини факторного впливу конкретного показника на якість та однорідність помелу цікавлять як вітчизняних, так і світових вчених [1 – 5].

У роботі [2] зазначено, що смак кавового напою напряму залежить від розмірів помелених частинок і однорідності помелу кави. Факторами впливу є походження кавових бобів і температури при якій здійснюється подрібнення обсмаженої кави. Екстракція кави напряму залежить від хімічного складу води, а також від площі поверхні кавової шайби.

Встановлено [3], що фізико-хімічні характеристики кави: загальний вміст фенолів, pH і кислотність залежать від ступеня помелу кавового зерна.

Дослідження закордонних вчених [4] демонструють експерименти з вивчення ключових факторів, які впливають на різні способи приготування кави. Отже, стає цілком очевидним, що отримання різних ступенів помелу зерна кави для забезпечення можливості регулювання масової витрати і швидкості потоку кави при приготуванні різних рецептур напою є вкрай важливим завданням, яке неможливо вирішити без визначення як факторного впливу так і ступеню значущості того, або іншого фактору [5].

Схема експерименту по визначенню факторного впливу повинна враховувати фактори, що входять у нього та способами комбінування різних рівнів різних факторів [6].

У якості найпростішої міри розсіювання може використовуватися дисперсійний аналіз, що надає можливість проводити порівняння впливу факторів з урахуванням їх випадковості [7]. Якщо визначено, що ступень розсіювання обумовлена спільною дією ряду випадкових причин та зміною рівнів факторів, тоді стає можливим отримати оцінку загальної дисперсії відгуку і оцінки дисперсій усіх факторів, що впливають та знайти оцінку залишкової дисперсії. Далі, використовуючи статистичні критерії порівняння дисперсій, можна ранжувати фактори за ступенем їх впливу на розсіювання загального відгуку.

Аналіз літературних даних.

У роботі [8] представлено новий тестовий метод контролю системи помелу зерна кави. Тестування подібних систем необхідно, бо невизначеність їх характеристик впливає на точність отримання вимірювальної інформації на етапі вимірювального контролю. Зазначено, що невизначеність результатів вимірювань значень показника якості помелу пов'язана з рядом факторів, а саме із суб'єктивним впливом фахівця-оператора, ступенем обсмаження зерна кави, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна.

У роботі [9] виявлено ряд чинників, які впливають на однорідність помелу, що пов'язані із кліматичними умовами, параметрами сировини та режимами, на яких здійснюється помел. Представлено результат експерименту, метою якого було визначення ступеню кореляції між кількістю обертів валу двигуна кавомолки, часом помелу і його однорідністю.

У роботі [10] обґрунтовано необхідність використання математичної моделі факторного впливу на однорідність помелу зерна кави для визначення ступеня впливу кожного із факторів.

© Опришкін О. С., 2023

Показана математична модель, яка створена на підставі загальної моделі дисперсійного аналізу.

Запропонована модель враховує вплив чотирьох основних факторів на однорідність помелу, а саме: час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна на якому закріплено жорнова [10].

У роботі [11] запропоновано створення інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для контролю режимів помелу зерна кави.

Отже, проведений аналіз літературних джерел показав зацікавленість світової й вітчизняної наукової спільноти у вирішенні проблем, що пов'язані з процесом помелу зерна кави.

Метою даного дослідження є експериментальне визначення за допомогою розробленої інформаційно-вимірювальної системи значень час помелу кави, швидкості обертання валу двигуна, температури на статорі двигуна та кількості інформації про значення однорідності помелу по кожному із показників контролю при урахуванні їх взаємного впливу на підставі дисперсійного аналізу спрощеної моделі факторного впливу.

Експериментальна частина

Для проведення помелу зерна кави була використана кавомолка Mahlkönig EK 43. Для контролю її основних параметрів було розроблено ІВС.

У роботі [10] встановлено фактори, які роблять суттєвий вплив на однорідність помелу: час помелу, швидкості обертання валу двигуна кавомолки, температура на статорі двигуна, бо вона розігріває усю кавомолку і змінює вологість зерна кави.

Для створення ІВС було обрано датчики температури й кількості обертів валу двигуна. Також до стенду ІВС входять: платформа Arduino Nano 3.0, електромагніт (Electromagnet), що здатний утворювати коливання бункера із набором сит (Set of sieve), модуль із датчиком Холла (Sensor 1), датчик температури DS18B20 (Sensor 2), цифровий відліковий пристрій LCD 1602 (DRD), блок живлення [11].

Підключення до персонального комп'ютера реалізовано через USB Mini – B, який є у складі Arduino Nano 3.0. Програмування мікроконтролера з персонального комп'ютера здійснюється через USB Mini – B.

Структурно-функціональна схема розробленої ІВС з кавомолкою Mahlkönig EK 43 представлено на рис. 1.

Якість помелу пропонується оцінювати за допомогою бункера із ситами. Завдяки цьому є можливість визначити і розділити склад помеленої кави методом просіювання через отвори 1,5 мм, 1,0 мм і 0,5 мм [11].

Початкова вологість зерна кави була 12 %RH. Відстань між жорновими, була встановлена 0,5 мм.

Оберти валу двигуна підтримувались на рівні 850 об/хв яке визначено найефективнішим у попередніх дослідженнях [11].

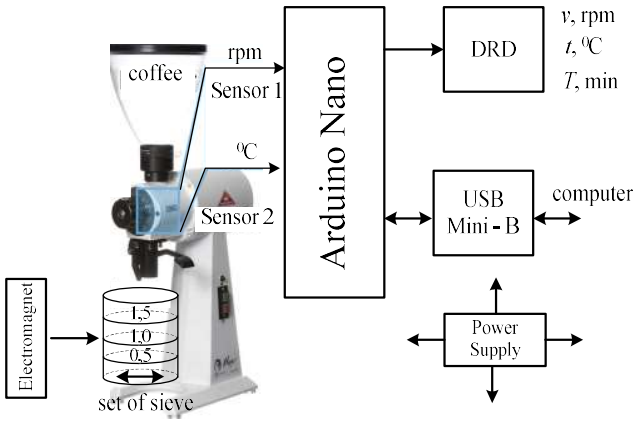

Рис. 1 – Структурно-функціональна схема ІВС із кавомолкою Mahlkönig EK 43

Схема електричного з'єднання Arduino Nano із модулем датчика Холла LM393 та дисплеєм LCD 1602 представлено на рис. 2.

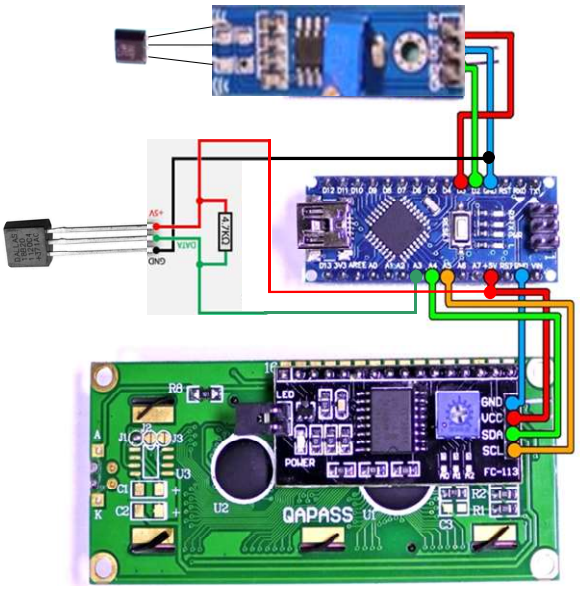

Рис. 2 – Схема електричного з'єднання Arduino Nano із модулем датчика Холла LM393 та дисплеєм LCD 1602

Робота системи проходить у такий спосіб. Стандартна кавомолка Mahlkönig EK 43 здійснює порційний помел зерна кави. Розмелена кава потрапляє до бункера з набором сит Просівання кави відбувається за допомогою електромагніту змінного струму, що завдяки дії електромагнітного поля притягає, а потім відпускає бункер, забезпечуючи просіювання помеленої кави.

Для визначення кількості обертів валу двигуна кавомолки використовується тахометр, що побудований на базі модуля LM393 із датчиком Холла.

Для створення магнітного поля з подальшою його фіксацією модулем LM393 на вал двигуна кавомолки закріплено постійний магніт з противагою для усунення вібрації.

Датчик температури на основі напівпровідникового датчика DS18B20 вимірює температуру на статорі двигуна кавомолки. Це необхідно для запобігання перегріву двигуна.

Цифровий відліковий пристрій LCD 1602 видає інформацію про кількість обертів валу двигуна, температуру на його статорі та час впродовж якого виконується помел.

Платформа Arduino Nano 3.0 дозволяє об'єднати усі вказані елементи системи, виконувати первинну обробку інформації та завдяки USB Mini – B підключатися до персонального комп'ютеру. Блок живлення використовується для забезпечення живленням всіх елементів системи.

Результати вимірювань значень час помелу кави, швидкості обертання валу двигуна, температури на статорі двигуна представлено у табл. 1.

Табл. 1 – Результати експерименту по визначенню однорідності помелу, *H*

№	Час помелу F_s, с.	Швидкість обертів валу двигуна, об/хв, F_t	Температура на статорі двигуна, ^{0}C F_u	Однорідність помелу (*H*), %
1	1	850	23	4,8
2	2	850	23	10,3
3	3	850	24	20,5
4	4	850	25	25,7
5	5	850	26	30,1
6	6	849	26	34,3
7	7	849	27	38,4
8	8	849	27	40,8
9	9	849	28	55,2
10	10	850	30	62,5
11	11	850	32	65,7
12	12	850	33	70,3
13	13	850	34	75,6
14	14	849	36	76,3
15	15	849	37	76,6
16	16	849	40	77,5
17	17	850	41	78,8
18	18	850	45	79,7

Визначення однорідності помелу (*H)* у кожному досліді знаходили масу меленої кави у відсотках, яка просіялася через стандартне сито за формулою [9]:

$$H = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100\,\%, \qquad (1)$$

де M_2 – маса кавового порошку, що пройшла крізь стандартне сито 0,5 мм або 1,0 мм;

M_1 – загальна маса кавового порошку.

Для оцінювання однорідності помелу кави розглянемо модель впливу на результат виміру показника контролю *F* при урахуванні впливу чотирьох факторів (*H* та факторів, рівні яких кількісно відображені значеннями трьох показників контролю (час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна).

Данні при перехресній класифікації позначаються символами з чотирма індексами $\alpha, \beta, \gamma, \delta$.

Оскільки показники контролю не адитивні, то необхідно ввести у модель складові, що характеризують взаємодію між показниками.

Таким чином математична модель можна представити у наступному вигляді:

$$F_{\alpha\beta\gamma\delta i} = \overline{F} + f_\alpha + A_\beta + B_\gamma + C_\delta + (fA)_{\alpha\beta} + (fB)_{\alpha\gamma} + (fC)_{\alpha\delta} + (AB)_{\beta\gamma} + (AC)_{\beta\delta} + (BC)_{\gamma\delta} + (fAB)_{\alpha\beta\gamma} + (fAC)_{\alpha\beta\delta} + (fBC)_{\alpha\gamma\delta} + (ABC)_{\beta\gamma\delta} + (fABC)_{\alpha\beta\gamma\delta} + \varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta i}.$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – номера рівнів факторів;

$\overline{F}$ – загальне середнє значення;

f_α – відхилення результату вимірювання показника контролю *F* від його середнього значення $\overline{F}$, що обумовлене впливом параметру *H*.

Для того, щоб знизити складність моделі (1) можна звести її до трьох двофакторних спрощених моделей перехресної класифікації:

$$F_{\alpha\beta\nu} = \overline{F} + f_\alpha + A_\beta + (fA)_{\alpha\beta} + \psi_{(A)\alpha\beta\nu}; \gamma = \delta = i = \nu \quad (2)$$

$$F_{\alpha\gamma\nu} = \overline{F} + f_\alpha + B_\gamma + (fB)_{\alpha\gamma} + \psi_{(B)\alpha\gamma\nu}; \alpha = \delta = i = \nu \quad (3)$$

$$F_{\alpha\delta\nu} = \overline{F} + f_\alpha + C_\delta + (fC)_{\alpha\delta} + \psi_{(C)\alpha\delta\nu}; \beta = \gamma = i = \nu \quad (4)$$

де ν – номер багаторазових вимірювань показника F у комірці таблиць з вихідними даними моделей (2), (3) і (4);

$\psi_{(A)\alpha\beta\nu}$, $\psi_{(B)\alpha\gamma\nu}$, $\psi_{(C)\alpha\delta\nu}$ – випадкові залишки, що обумовлені трьома факторами: час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна відповідно.

Оцінити кількість очікуваної інформації про рівні параметру H для інформаційного показника F при урахуванні рівнів як факторів, що впливають так і їх взаємодій:

$$I = \log\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_{\Delta F}}\right)^2}, \quad (5)$$

де $\sigma_F^2 = \overline{W}_f$ – являє собою функцією сум квадратів відхилень,

$$\sigma_F^2 = \overline{W}_f = \frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(F_i - \overline{F})^2. \quad (6)$$

Результати аналізу дослідження та обговорення результатів

Отримані аналітичні співвідношення дозволяють оцінити кількість інформації по кожному із показників контролю при факторному впливі на запропоновану лінійну функцію перетворення даних показників.

Результати розрахунків значень σ_F^2 для трьох факторів, що впливають на однорідність помелу H представлено у табл. 2.

У табл. 3 представлено розрахунки кількості інформації I про значення однорідності помелу по кожному з трьох показників контролю при урахуванні впливу показників, що залишилися. При цьому отримання середнього залишкового квадрата $\overline{W}_\psi$ проводилося з використанням дисперсійного аналізу спрощеної моделі. Показники розташовані у порядку зменшення величини I.

Розрахунок кількісті очікуваної інформації I проводилось за рівнянням (5). Оскільки основа логарифму у цій формулі – десять то одиницею інформації є один біт.

У табл. 3 статистика $F_{3;18}$ (де: 3 – кількість ступенів волі, що відповідає найбільшій вибірковій дисперсії (N – 1= 4 – 1 = 3); 18 – кількість вимірів у експерименті.) є тестовою статистикою дисперсійного відношення:

$$F_{3;18} = \overline{W}_f / \overline{W}_\psi, \quad (7)$$

де $\overline{W}_f$ – факторна дисперсія на одну ступінь свободи;

$\overline{W}_\psi$ – залишкова дисперсія на одну ступінь свободи.

За формулою (7) є можливість перевіряти основну гіпотезу $H_0: f_1 = ... = f_3 = 0$ зміна параметра Н не впливає на зміну показників контролю F_s, F_t, F_u.

Отримані рівняння дозволяють оцінювати достовірності статистичних висновків стосовно інформаційної значущості показників контролю для запропонованої спрощеної моделі перехресної класифікації;

Час помелу дає найбільшу кількість інформації і є головним фактором, що впливає на однорідність помелу.

Табл. 2 – Результати розрахунків значень σ_F^2

Позначення	Назва фактору	$\overline{F}$	$\sum_{i=1}^{n}(F_i - \overline{F})^2$	σ_F^2
Додатковий фактор F_s	Час помелу	9,5	484,5	$\frac{1}{(18-1)}\sum_{i=1}^{n}(F_i - \overline{F})^2 = 28{,}5$
Додатковий фактор F_t	Швидкості обертання валу двигуна	849,6	4,28	$\frac{1}{(18-1)}\sum_{i=1}^{n}(F_i - \overline{F})^2 = 0{,}25$
Додатковий фактор F_u	Температура на статорі двигуна	30,94	756,94	$\frac{1}{(18-1)}\sum_{i=1}^{n}(F_i - \overline{F})^2 = 44{,}53$

Табл. 3 – Результати оцінки кількості очікуваної вимірювальної інформації за показниками контролю

Факторні впливу, що враховуються	Позначення	Дисперсії		$F_{3;18}$	*I*, біт
		$\sigma_F^2 = \overline{W}_f$	$\sigma_{\Delta F}^2 = \overline{W}_\psi$		
Додатковий фактор F_s	F_1	28,5	4,752	5,997	0,784
Додатковий фактор F_t	F_2	0,25	0,056	4,464	0,660
Додатковий фактор F_u	F_3	44,53	13,510	3,296	0,537

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

В результаті виконання роботи було отримано наступні результати:

– розроблено ІВС на основі платформи Arduino Nano 3.0 на базі кавомолки Mahlkönig EK 43;

– розроблена ІВС містить датчик температури для контролю температури статора двигуна кавомолки та датчик Холла для вимірювання кількості обертів валу двигуна;

– для оцінювання однорідності помелу кави розроблено математичну модель впливу чотирьох факторів на результат виміру показника контролю;

– запропонована для подальшого використання та досліджена спрощена модель перехресних класифікацій, яка врахувала ефекти одночасної взаємодії чотирьох факторів (час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна) на результат вимірювання одиничного показника контролю (однорідність помелу кави);

– представлено розрахунки кількості інформації про значення однорідності помелу по кожному з показників контролю при урахуванні впливу показників на підставі дисперсійного аналізу спрощеної моделі.

Список літератури

1. Місяць В.П., Рубанка М.М., Демішонкова С.А. Система адаптивного керування приводом автоматичних кавових машин. Вісник Хмельницького національного університету, №1, 2021 (293) .– С. 151–159. DOI: https: // doi.org / 10.31891 / 2307-5732-2021-293-1-151-159.
2. Nancy Cordoba, Laura Pataquiva, Coralia Osorio, Fabian Leonardo Moreno Moreno, Ruth Yolanda Ruiz. Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavor characteristics of cold brew coffee. Sci. Rep. 9, 8440 (2019). DOI: https: // doi.org / 10.1038 / s41598-019-44886-w.
3. Jonathan D. Walston, Daniel L. Short, M. Affan Badar An Experimental Design on Coffee Extraction Factors Impacting the Measurable Percent of Total Dissolved Solids in Solution. Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation, 2023. p. 1 – 11. DOI: 10.1177/2319510X221136690.
4. Anderson G. Costa, Eudócio R. O. da Silva, Murilo M. de Barros, Jonatthan A. Fagundes. Estimation of percentage of impurities in coffee using a computer vision system. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering v.26, № 2, p. 142 – 148, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p142-148.
5. Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P. et al. Test of an innovative method to prepare coffee powder puck, improving espresso extraction reliability. Eur Food Res Technol 248, p. 163 – 170 (2022). DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-021-03868-x.
6. Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoria Krylova. Temperature sensor research as a part of a microprocessor system by statistical analysis method. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022 / Kharkiv, Ukraine. – p. 102 – 107. DOI:10.1109/ХПИНеделя57572.2022.9916478.
7. Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Формування тестових впливів для першого рівня інформаційно-вимірювальної системи. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. –Харків: НТУ «ХПІ». 2023. № 1 (15). С. 19 – 26. DOI: https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.03.
8. Григоренко І. В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Удосконалення методів параметричного контролю якості процесу помелу зерна кави. XXXI Міжнар. наук. – практ. конф.: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Харків: НТУ «ХПІ», 2023.С. 472.
9. Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Григоренко С.М., Опришкін О.С. Кореляційний аналіз факторного впливу на однорідність помелу зерна кави. XXII Міжнар. наук. – техн. конф.: Приладобудування: стан і перспективи. – Київ: НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2023 .– С. 363 – 365.
10. Григоренко І. В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Математичне моделювання процесів впливу на однорідність помелу зерна кави. XXIII Міжнар. наук. – техніч. конф.: Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2023), – Харків: НТУ «ХПІ», 2023.– С. 46.
11. Григоренко І. В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С., Григоренко С. М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю режимів помелу зерна кави. X Міжнар. наук. – техніч. конф.: «Датчики, прилади та системи (ДПС) – 2023» – Черкаси: Черкаський державний технологічний університет, 2023. С. 131 – 132.

Bibliography (transliterated)

1. Misyats′ V.P., Rubanka M.M., Demishonkova S.A. Systema adaptyvnoho keruvannya pryvodom avtomatychnykh kavovykh mashyn. Visnyk Khmel′nyts′koho natsional′noho universytetu№1, 2021 (293).– P. 151–159. DOI: https: // doi.org / 10.31891 / 2307-5732-2021-293-1-151-159.
2. Nancy Cordoba, Laura Pataquiva, Coralia Osorio, Fabian Leonardo Moreno Moreno, Ruth Yolanda Ruiz. Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavor characteristics of cold brew coffee. Sci. Rep. 9, 8440 (2019). DOI: https: // doi.org / 10.1038 / s41598-019-44886-w.
3. Jonathan D. Walston, Daniel L. Short, M. Affan Badar An Experimental Design on Coffee Extraction Factors Impacting the Measurable Percent of Total Dissolved Solids in Solution. Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation, 2023. p. 1 – 11. DOI: 10.1177/2319510X221136690.
4. Anderson G. Costa, Eudócio R. O. da Silva, Murilo M. de Barros, Jonatthan A. Fagundes. Estimation of percentage of impurities in coffee using a computer vision system. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering v.26, № 2, p. 142 – 148, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p142-148.
5. Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P. et al. Test of an innovative method to prepare coffee powder puck, improving espresso extraction reliability. Eur Food Res Technol 248, p. 163 – 170 (2022). DOI: https://doi.org/10.1007/s00217-021-03868-x.
6. Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoria Krylova. Temperature sensor research as a part of a microprocessor system by statistical analysis method. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022 / Kharkiv, Ukraine. – p. 102 – 107. DOI:10.1109/ХПИНеделя57572.2022.9916478.
7. Hryhorenko I.V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Formuvannya testovykh vplyviv dlya pershoho rivnya informatsiyno-vymiryuval′noyi systemy. Visnyk Natsional′noho tekhnichnoho universytetu «KHPI». Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. –Kharkiv: NTU «KhPI». 2023. № 1 (15). P. 19 – 26. DOI: https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.03.
8. Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Udoskonalennya metodiv parametrychnoho kontrolyu yakosti protsesu pomelu zerna kavy. KHKHKHI Mizhnar. nauk. – prakt. konf.: Informatsiyni tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov″ya. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2023 .– P. 472.
9. Hryhorenko I.V., Kondrashov S.I., Hryhorenko S.M., Opryshkin O.S. Korelyatsiynyy analiz faktornoho vplyvu na odnoridnist′ pomelu zerna kavy. KHKHII Mizhnar. nauk. – tekhn. konf.: Pryladobuduvannya: stan i perspektyvy. – Kyyiv: NTUU «KPI» im. Ihorya Sikors′koho, 2023 .– P. 363 – 365.
10. Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Matematychne modelyuvannya protsesiv vplyvu na odnoridnist′ pomelu zerna kavy. KHKHIII Mizhnar. nauk. – tekhnich. konf.: Problemy informatyky ta modelyuvannya (PIM-2023), – Kharkiv: NTU «KhPI», 2023.– P. 46.
11. Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S., Hryhorenko S. M. Informatsiyno-vymiryuval′na systema dlya kontrolyu rezhymiv pomelu zerna kavy. KH Mizhnar. nauk. – tekhnich. konf.: «Datchyky, prylady ta systemy (DPS) – 2023» – Cherkasy: Cherkas′kyy derzhavnyy tekhnolohichnyy universytet, 2023. P. 131 - 132.

Надійшла (received) 19.10.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Опришкін Олександр Сергійович (Опрышкин Александр Сергеевич, Opryshkin Oleksandr Serhiyovych.) – аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна;
e-mail: aleksandr.opryshkin@cit.khpi.edu.ua

O. S. OPRYSHKIN

APPLIED ASPECTS OF USING THE SIMPLIFIED MODEL OF FACTOR INFLUENCE ON THE HOMOGENITY OF COFFEE GRAIN GRINDING

The article examines the results of experimental determination using the designed information and measurement system based on the Arduino Nano 3.0 platform of coffee grinding time values, motor shaft rotation speed, and motor stator temperature. A Mahlkönig EK 43 coffee grinder was used to grind coffee beans. The structural and functional diagram and electrical connection diagram of the elements of the measuring system are presented. A simplified model of factor influence on the homogeneity of coffee grain grinding is proposed. On the basis of the conducted dispersion analysis of the simplified model of factor influence, the values of the amount of information on each of the parameters affecting the homogeneity of the grinding, taking into account their mutual influence, were obtained. It was established that the time of grinding gives the greatest amount of information and is the main factor that significantly affects the homogeneity of grinding.

Key words: factor influence, dispersion analysis, homogeneity of grinding, amount of information, coffee grain, control index.