

**Криворучко Олена Володимирівна**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,  
*orcid.org/0000-0002-7661-9227*

*Київський національний торговельно-економічний університет, Київ*

**Костюк Юлія Володимирівна**

Здобувач PhD, асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,  
*orcid.org/0000-0001-5423-0985*

*Київський національний торговельно-економічний університет, Київ*

**Самойленко Юлія Олександрівна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,  
*orcid.org/0000-0003-3787-1435*

*Київський національний торговельно-економічний університет, Київ*

## ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КАРТ ШУХАРТА

***Анотація.** Технологічні процеси харчової промисловості характеризуються невизначеністю та складністю процесу, які залежать від багатьох факторів, починаючи від самого складу сировини і закінчуючи фізико-хімічними властивостями продукції на всіх етапах її виробництва. Все це збільшує можливості коливань параметрів самого процесу і якості кінцевого продукту. Розглядається питання створення інформаційної системи контролю якості готової продукції технологічного процесу виробництва вершкового масла, що ґрунтується на застосуванні статистичних методів контролю якості продукції, а саме контрольних карт Шухарта. Для побудови контрольних карт Шухарта використовуються експериментальні дані вологості готового продукту, що встановлюється технологічним регламентом відповідно до виду масла. Діагностика і прогнозування якості готової продукції проводиться шляхом аналізу карт середнього та розмахів на наявність можливих викидів за контрольні межі процесу, а саме верхньої та нижньої границь. Карта середнього слугує для відображення стабільності процесу із нанесенням середнього процесу. Вона виявляє небажані варіації, або ж умови, за яких процес виходить зі стану статичної керованості. Карта розмахів слугує для виявлення небажаних варіацій у самій підгрупі вибірки і є індикатором мінливості процесу. Вихід значень за межі на карті розмахів свідчить про наявність у системі певних причинно-наслідкових зв'язків. Для впорядкування можливих причин виникнення відхилень під час технологічного процесу використано діаграму К. Ісікаві.*

***Ключові слова:** інформаційна система; статистичні методи; контрольні карти Шухарта; якість продукції; діагностика, прогнозування*

### Вступ

Якість належить до числа найважливіших параметрів функціонування будь-якого підприємства в цілому. Якість продукції передусім забезпечується самими виробниками на всіх етапах життєвого циклу і вимагає застосування ефективної інформаційної системи управління, що допоможе за мінімальних затрат отримати стабільні показники якості. Поняття інформаційної системи управління полягає в тому, щоб вчасно виявляти можливі відхилення і своєчасно реагувати на них. Більшість технологічних процесів харчової промисловості є складними і неоднорідними, що впливають на оперативність процесу стабілізації.

Тому виникає потреба у доповненні інформаційно-інтелектуальних систем керування методами статистичного контролю якості продукції. Статистичний контроль якості належить до статистичних методів діагностики і прогнозування якості продукції, які були започатковані У. А. Шухартом та отримали загальновідому назву – контрольні карти Шухарта. Контрольні карти використовуються для аналізу варіації параметрів процесу на предмет контрольованості, тобто знаходження його в межах технологічного регламенту або поза ними. Прогнозування ефективності процесу здійснюється шляхом аналізу карт середнього процесу та розмахів на наявність можливих порушень у розрізі

моментів часу, в яких може виникнути відхилення. Це дає змогу своєчасно реагувати на зміни показників процесу та вносити відповідні коригувальні дії, коли продукт ще відповідає технологічним вимогам, проте статистичні показники вказують на наявність певних впливів [1 – 4].

### Мета статті

Метою роботи є застосування контрольних карт Шухарта для діагностики та прогнозування якості вершкового масла, а саме вологості готової продукції.

### Виклад основного матеріалу

Управління якістю технологічного процесу виробництва вершкового масла вимагає розроблення комплексу інформаційних систем, які ґрунтуються на основі методів діагностики та прогнозування якісних показників вершкового масла, моделюванні технологічного процесу, створенні ефективних методів підтримки прийняття рішень для підвищення якості продукції.

Процес управління якістю спрямований на підтримку технологічного процесу виробництва вершкового масла у встановленому регламенті режимі, створенні альтернатив у процесі прийняття рішень [5]. Системи контролю якості продукції на основі статистичних методів є менш витратними і допомагають отримувати інформацію про кількість та види можливих дефектів. Застосування статистичного контролю процесу (SPC) дає змогу відслідковувати інформацію про те, де і коли необхідно ввести дії щодо коригування або удосконалення процесу, які слід реалізувати. Це пов'язано з тим, що кожен процес має мінливий характер. Варіабельність виникає внаслідок різноманітних факторів, які досить часто впливають на сам процес. SPC допомагає відстежувати, чи є процес статистично керованим (передбачуваним) та розрізняти порушення, які виникають у процесі. Це дає змогу зменшити кількість продукції, яка не відповідає визначеним технологічним вимогам [6].

Якісний контроль може здійснюватися [6]:

- офлайн – діяльність, що спрямована на попередження без постійного моніторингу;
- онлайн – діяльність оперативного контролю процесу (він використовується після визначення інструментів управління в автоматичному режимі).

Діапазон застосування статистичних методів контролю [6]:

- невеликі схеми контролю якості, включно з виробничою зоною, до яких належать управління робочою станцією або декількома робочими станціями, що пов'язані між собою (тут відбувається аналіз технологічних операцій, що виконуються на цих станціях);

- локальні схеми контролю якості, що включають кілька етапів життєвого циклу продукції;

- широкі схеми контролю якості, що включають весь життєвий цикл продукції.

Контрольні карти Шухарта є найбільш поширеним методом SPC. Для побудови карт Шухарта (ISO 8258-2001) технологічного процесу виробництва вершкового масла використовуються експериментальні дані вологості готової продукції, а саме – партії. Дані об'єднують у підгрупи і визначають: середнє арифметичне  $\bar{X}$ , розмах  $R$  та вибіркоче стандартне відхилення  $\sigma$ . Карта відображається у вигляді графіка, що має центральну лінію (CL), яка відповідає сталонному значенню характеристики. Оцінювання процесу на статичну керованість відбувається на основі середнього арифметичного даних вибірки. Також на карті Шухарта відображаються дві статичні контрольні границі відносно центральної осі: верхня (UCL) та нижня (LCL). Контрольні границі на карті наносяться відповідно до відстані  $3\sigma$  від центральної осі [7;8]. Всі ці показники розраховуються відповідно до нижченаведених формул:

$$\mu = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1)$$

де  $\mu$  – середнє значення вибірки;  $X_i$  –  $i$ -те вимірне вибіркоче значення;  $\bar{X}$  – середнє арифметичне всіх значень;  $n$  – об'єм вибірки.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (2)$$

$$LCL = \mu - 3\sigma, \quad (3)$$

$$UCL = \mu + 3\sigma, \quad (4)$$

$$R_i = |X_i - X_{i-1}|, \quad (5)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i, \quad (6)$$

де  $LCL$  – нижня контрольна межа;  $UCL$  – верхня контрольна межа;  $R_i$  – значення розмаху підгрупи;  $\bar{R}$  – середнє значення величини  $R_i$ .

Процес вважається статистично керованим, якщо 99,7% значень перебуває у межах  $\pm 3\sigma$ . Вихід точок за межі свідчить про виникнення певних обставин та сигналом для застосування визначених дій. Для підвищення статичної керованості процесу на карті наносять границі  $\pm 2\sigma$ , які є попереджувальними про можливість виникнення ситуації, за якої процес виходить зі стану керованості.

Для аналізу вмісту вологості у вершковому маслі, що встановлюється технологічним регламентом відповідно до виду масла, на одному аркуші будуються контрольні карти Шухарта середнього ( $\bar{X}$ ) та розмахів ( $R$ ).  $\bar{X}$  – карта слугує для відображення стабільності процесу із нанесенням середнього процесу та виявляє небажані варіації, або ж умови, за яких процес виходить зі стану статичної керованості.

$R$  – слугує для виявлення небажаних варіацій у самій підгрупі вибірки та виступає індикатором мінливості процесу. Вихід значень за межі на  $R$ -карті свідчить про наявність у системі певних причинно-наслідкових зв'язків.

Контрольні карти Шухарта (ISO 8258-2001) мають вісім критеріїв особливих причин, при виявленні яких необхідно ввести коригуючі дії у процес виробництва.

Після побудови й аналізу контрольної карти Шухарта для партії вершкового масла вмістом вологості 20% (рис. 1) на  $X$ -карті та  $R$ -карті при нормальному розподілі значень відсутні викиди за контрольні межі, що свідчить про статично керований процес, тож необхідності у введенні коригувальних дій немає. Отже, можна стверджувати, що процес при виробництві селянського вершкового масла вологістю 20% та масовою часткою жиру 78% відповідає технологічним вимогам.

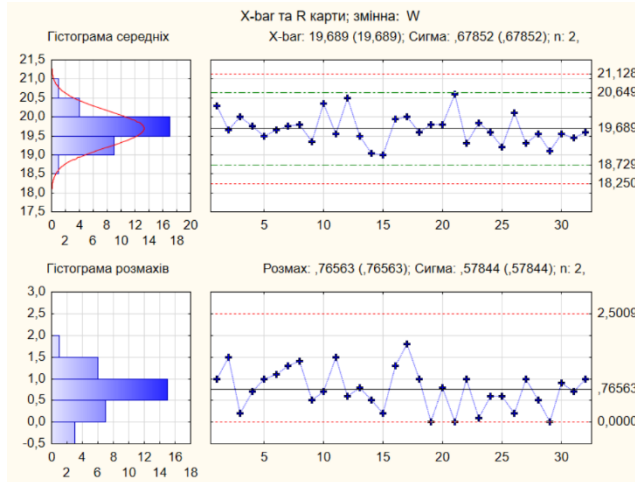


Рисунок 1 – Контрольні карти Шухарта для селянського вершкового масла з масовою часткою жиру 78% та вологістю 20%

У результаті аналізу контрольних карт партії для масла вершкового «Екстра» вологістю 16% (рис. 2) на  $R$ -карті з'явився викид за контрольні межі раніше ніж на  $X$ -карті при нормальному розподілі значень на  $X$ -карті, що слугує сигналом появи відхилення та необхідності у введенні коригувальних дій.

На рис. 3, 4 представлено карти Шухарта для вершкового масла «Селянське» з масовою часткою жиру 72,5 % та вологістю 25 %. Як видно із рис. 3, на  $X$ -карті та  $R$ -карті при нормальному розподілі значень відсутні викиди за контрольні межі, що свідчить про статично керований процес.

На контрольній  $X$ -карті (рис. 4) спостерігається викид за контрольну верхню межу за нормального розподілу на  $R$ -карті, що свідчить про необхідність застосування коригувальних дій.

Існує можливість у побудові контрольних карт для окремих спостережень під час проходження технологічного процесу. Дані карти застосовують у силу незручності або неможливості аналізу вибірок із

низки спостережень. У таких випадках доречно застосовувати контрольні карти типів: CUSUM, MA, і EWMA (контрольні карти для накопичених сум і ковзних середніх).

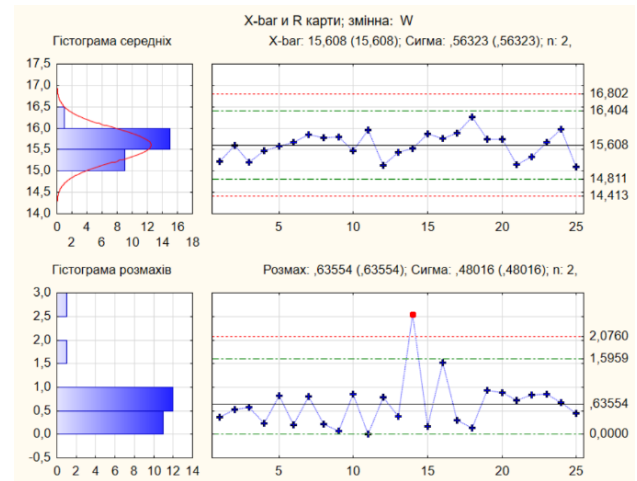


Рисунок 2 – Контрольні карти Шухарта для вершкового масла «Екстра» з масовою часткою жиру 82,5% та вологістю 16%

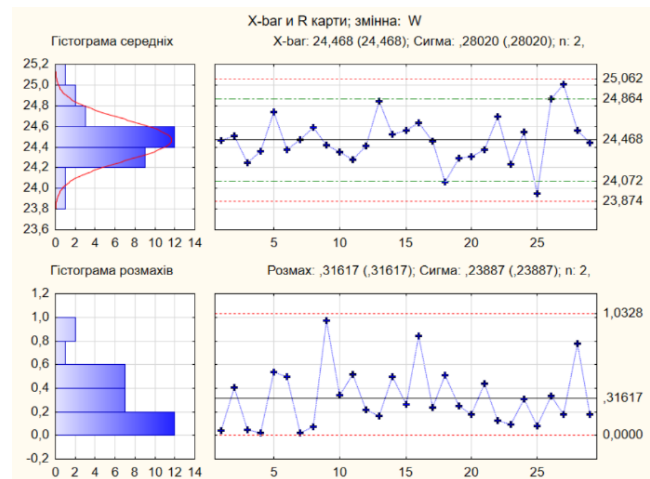


Рисунок 3 – Контрольні карти Шухарта для вершкового масла «Селянське» з масовою часткою жиру 72,5% та вологістю 25%

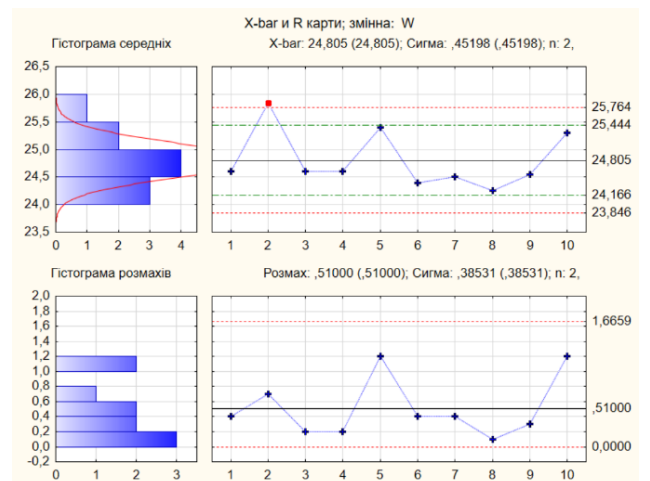


Рисунок 4 – Контрольні карти Шухарта для вершкового масла «Селянське» з масовою часткою жиру 72,5% та вологістю 25%

Задля вивчення поведінки малих трендів послідовних вибірових середніх використовуються спеціальні контрольні карти ковзного середнього (MA-карта). Ковзне середнє дає змогу спостерігати довгострокову тенденцію в динаміці показника. Різкі зміни згладжуються і залишається загальний напрямок зсуву.

Проаналізуємо побудовані карти (рис. 5): на X-карті та R-карті відсутні викиди за контрольні межі UCL та LCL; MA-карта свідчить про стабільність процесу.

При оцінці контрольних карт Шухарта слід пам'ятати про можливі ризики першого та другого

роду, що пов'язані із «ризиком помилкової тривоги» та «ризиком пропуску сигналу».

Для впорядкування можливих причин виникнення відхилень під час технологічного процесу слід застосувати діаграму К. Ісікаві [9]. Діаграма Ісікаві – це графічний спосіб дослідження найбільш впливових причинно-наслідкових взаємозв'язків між відповідним факторами і наслідками. За допомогою діаграми визначаються головні фактори, які впливають на якість вершкового масла. Основні фактори недостатньої якості вершкового масла показано на рис. 6.

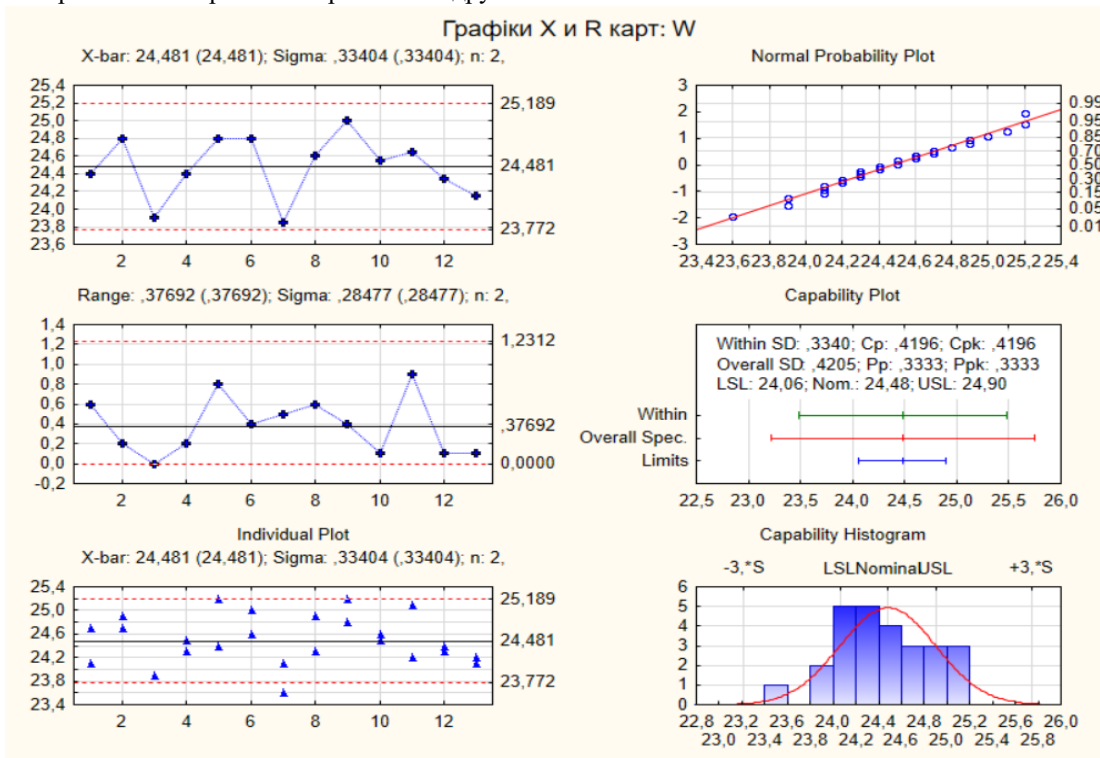


Рисунок 5 – Комплексний графік для вершкового масла «Селянське» з масовою часткою жиру 72,5% та вологістю 25%

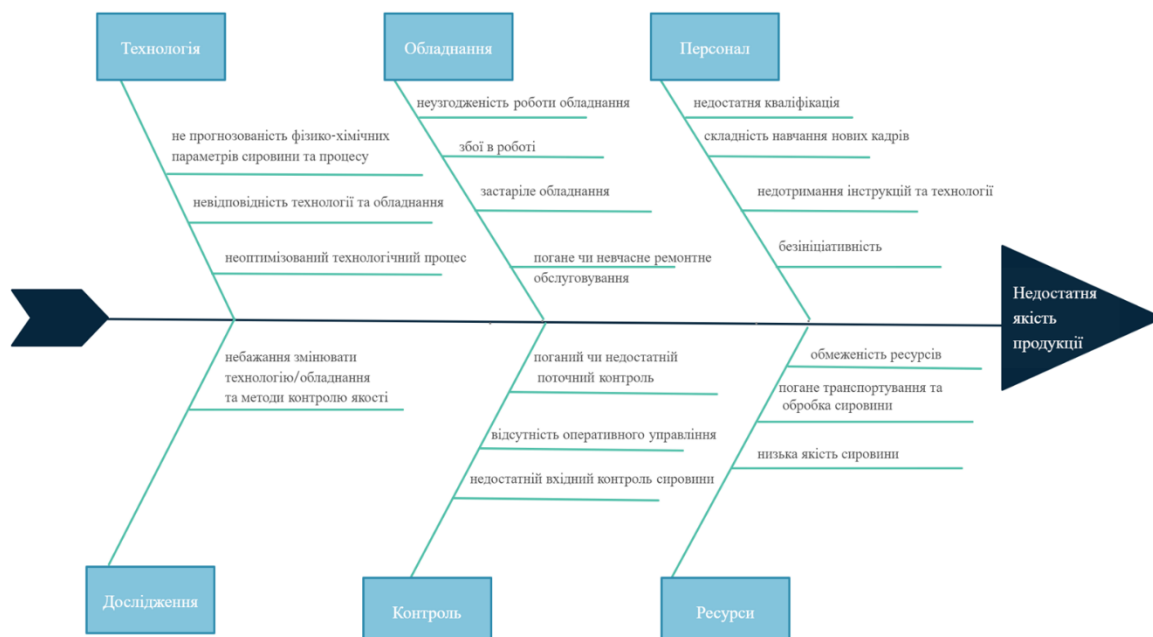


Рисунок 6 – Діаграма Ісікаві показника недостатньої якості вершкового масла

Отже, можна стверджувати, що факторами, які визначають порушення показника якості вершкового масла, є: порушення в роботі обладнання, неоптимізований технологічний процес, неякісна сировинна база, порушення з боку персоналу, відсутність оперативного контролю процесу.

### Висновки

Отже, доцільним є доповнення інформаційно-інтелектуальних систем контролю якості продукції

методами статистичного контролю на основі одномірних карт Шухарта, які використовуються для попередження відхилень у технологічному процесі на ранніх стадіях. Слід пам'ятати, що контрольні карти Шухарта лише вказують на появу розузгодження процесу, а не вказують на точне місце його виникнення, проте допомагають підвищити контрольованість самого технологічного процесу та зменшити появу дефектів продукції.

### Список літератури

1. Kano M., Hasebe S., Hashimoto I., Ohno H. Evolution of multivariate statistical process control: application of independent component analysis and external analysis. (Computers & Chemical Engineering, vo. 28 (2004), pp. 1157-1166.
2. Materiały szkoleniowe firmy DNV – Six Sigma Solutions 2007.
3. Wosik I., Zdanek M. System Six Sigma – studium przypadku, tom 2, Opole 2010, s. 669 – 678 (red.: Ryszard Knosala).
4. Biswas R. K., Masud M.Sh, Kabir E. Shewhart Control Chart for Individual Measurement: An Application in a Weaving Mill. Australasian Journal of Business, Social Science and Information Technology, Volum 2, April 2016, pp. 89-100.
5. Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Концептуальна модель інформаційної системи управління якістю вершкового масла. ГРААЛЬ НАУКИ. Вип. 1, лютий 2021. С. 255 – 258.
6. Paprocka I., Dzięciel A.. The statistical control of the measuring process capability of vertical displacement of the head restraint – The first part: Theory. Режим доступу: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-48002193-d6fc-45f4-ac89-5fbf8f8ccd9e>
7. Власенко Лідія. Автоматизоване управління підсистемами технологічного комплексу цукрового заводу з використанням методів діагностики і прогнозування: дис... канд. техн. наук. Національний університет харчових технологій, 2010. 234 с.
8. Rampersad, H. K. Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2001, 190 p.

Стаття надійшла до редакції 03.09.2021

#### Kryvoruchko Olena

DSc (Eng.), Professor, Head of the Department of at Software Engineering and Cyber Security, [orcid.org/0000-0002-7661-9227](https://orcid.org/0000-0002-7661-9227)  
Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine

#### Kostiuk Yuliia

Assistant of the Department of at Software Engineering and Cyber Security, [orcid.org/0000-0001-5423-0985](https://orcid.org/0000-0001-5423-0985)  
Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine

#### Samoilenko Yuliia

PhD, Associate Professor of the Department of Software Engineering and Cyber Security, [orcid.org/0000-0003-3787-1435](https://orcid.org/0000-0003-3787-1435)  
Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine

### INFORMATION SUBSYSTEM OF PRODUCT QUALITY USING SHUHART CHART

**Abstract.** *Technological processes of the food industry are characterized by uncertainty and complexity of the process, which depend on many factors, from the composition of raw materials to the physico-chemical properties of products at all stages of its production. All these objects increase the possibility of fluctuations in the parameters of the process and the quality of the final product. The issue of creating an information system for quality control of finished products of the technological process of butter production, based on the application of statistical methods of product quality control, namely Shuhart control charts, is considered. In order to build Shuhart control charts, experimental data on the moisture content of the finished product is being used, which is set by the technological regulations in accordance with the type of oil. Diagnosis and forecasting of the quality of finished products are carried out by analyzing the maps of the average and the scope for the possible emissions beyond the control limits of the process, namely the upper and lower limits. The average map is used to display the stability of the process with the application of the average process and reveals unwanted variations or conditions under which the process leaves the state of static control. The scale map serves to identify undesirable variations in the subgroup of the sample and serves as an indicator of process variability. In case of going some values beyond the scope map indicates on the existing of «reason-consequence» type of relationships in the system. K. Isikavi's diagram was used to organize the possible causes of deviations during the technological process.*

**Keywords:** *information system, statistical methods, Shuhart control charts, product quality, diagnostics, prognostication*

**References**

1. Kano, M., Hasebe, S., Hashimoto, I., Ohno, H. (2004). Evolution of multivariate statistical process control: application of independent component analysis and external analysis. *Computers & Chemical Engineering*, 28, 1157-1166.
2. Materiały szkoleniowe firmy DNV – Six Sigma Solutions. (2007).
3. Wosik, I., Zdanek, M. (2010). System Six Sigma. *Studium przypadku*, 2, 669–678.
4. Biswas, R. K., Masud, M. Sh, Kabir, E. (2016). Shewhart Control Chart for Individual Measurement: An Application in a Weaving Mill. *Australasian Journal of Business, Social Science and Information Technology*, 2, 89-100.
5. Kryvoruchko, O., Kostiuk, Yu., Samoilenko, Yu. (2021). Conceptual model of butter quality management information system. *The grail of science*, 1, 255-258.
6. Paprocka, I. Dzięgiel, A. (2020). The statistical control of the measuring process capability of vertical displacement of the head restraint – The first part: Theory. URL: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-48002193-d6fc-45f4-ac89-5fbf8f8ccd9e>
7. Vlasenko, L. (2010). Automated control of subsystems of the technological complex of the sugar plant using the methods of diagnostics and forecasting. PhD thesis, National University of Food Technologies, 234.
8. Rampersad, H. K. (2001). Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 190.

**Посилання на публікацію**

- APA Kryvoruchko, Olena, Kostiuk, Yuliia & Samoilenko, Yuliia. (2021). Information subsystem of product quality using Shuhart chart. *Management of Development of Complex Systems*, 47, 190–195. [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.190-195](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195).
- ДСТУ Криворучко О. В., Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О. Інформаційна підсистема контролю якості продукції з використанням карт Шухарта. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 47. С. 190 – 195, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.190-195](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.190-195).