



## Автоматизация технологических и бизнес-процессів Automation of technological and business-processes

- ❖ Пневматика в водных технологиях – оптимизация технологических процессов
- ❖ Специфика и возможности управления взрывоопасными объектами
- ❖ Управление процессом помола муки: анализ изменений показателей качества сырья как случайных процессов
- ❖ Параметрическая идентификация типовых спектральных плотностей случайных процессов оценением их среднеквадратических частот
- ❖ Алгоритм реверсивного теплообмена энергокомплекса на базе гелиоустановки горячего водоснабжения с централизованной теплосетью
- ❖ И другое...



# СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫПАРНОЙ СТАНЦИИ САХАРНОГО ЗАВОДА

Власенко Л.О.<sup>1</sup>, Ладанюк А.П.<sup>1</sup>, Сыч М.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный университет пищевых технологий, Киев.

E-mail: [yllida@yandex.ru](mailto:yllida@yandex.ru)

Copyright © 2014 by author and the journal “Automation technological and business - processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



DOI: [10.15673/2312-3125.18/2014.26449](https://doi.org/10.15673/2312-3125.18/2014.26449)

---

## Анотація

Наведено результати застосування методів статистичної діагностики для підвищення ефективності функціонування випарної станції цукрового заводу. Показано результати використання одномірних та багатовимірних контрольних карт.

## Abstract

The results of using statistical methods for increasing diagnostic efficiency of sugar factory evaporation station are shown. Since the evaporation station refers to multidimensional, nonlinear, unsteady, multiply control items which function under uncertainty, then mathematical models which describe its work are inaccurate. Given this



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

while diagnostics of complex systems operation different methods are used for different estimations, e.g. built-dimensional maps Shewhart and multivariate Hotelling card. For getting the adequate estimation of statistical handling of selection process, which was used for diagnostics the sample was checked against the normal distribution law. This is the basic requirement in the cards creation. The paper shows the results of using one-dimensional and multidimensional control cards. Cards for the major technological controlled variables, their interpretations, conclusions and next steps for each of the cases are shown.

### Ключові слова

Статистична діагностика, випарна станція, контрольна карта, розподіл, вибірка, цукровий завод, статистика, діагностика.

### 1. Вступ

Випарна станція (ВС) – одна з головних ланок виробництва цукру з цукрових буряків, що забезпечує випарування води з очищеного дифузійного соку і забезпечення користувачів парою. До основних задач при керуванні роботою ВС відносяться одночасне вимірювання і керування температурним, гідродинамічним режимами, що характеризуються підтриманням наступних технологічних змінних: температура соку, надсокового простору, вторинної пари, конденсату, стабілізація рівнів сиропу, тиску за корпусами і вакууму в концентраторі, одержання необхідного кольору і концентрації сиропу. Дотримання оптимального технологічного регламенту пов'язане зі стабілізацією регульованих параметрів та підвищує економічну ефективність роботи заводу. Так, наприклад, регулювання рівнів сиропу за корпусами ВС, з одного боку, запобігає загорянню трубок, і приводить до погіршення теплопровідності поверхні нагріву, а з іншого – попадання сиропу в конденсатори не допускає можливість переносу продукту в парову камеру наступного корпусу, тому велику увагу приділяють регулюванню рівня в збірнику соку перед ВС; від стабілізації температури паросокової суміші залежить концентрація сиропу на виході ВС; підтримання параметрів гострої пари, що подається в I корпус та вторинної пари, що послідовно обігріває інші корпуси ВС, забезпечує якісне випарування води та обігрів споживачів (підігрівники, вакуум-апарати та ін.); підтримання заданого значення вакууму в концентраторі сприяє запобіганню кристалізації цукру в комунікаціях.

Більшість систем регулювання, що встановлені на ВС, базуються на використанні локальних регуляторів, але вони розпочинають процес регулювання після появи суттєвого розузгодження, що робить процес регулювання відносно інерційним. Для підвищення ефективності роботи даного об'єкта доцільно традиційні методи керування доповнити методами статистичної діагностики, які дозволяють на ранніх стадіях виявити можливі неполадки в проходженні технологічного процесу, чим значно зменшити час регулювання і, як наслідок, витрати пари та проміжні втрати, а також підвищити якість і кількість сиропу на виході.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В технічній літературі [1] відомий підхід до статистичної діагностики багатовимірних технологічних процесів. як правило, статистичні методи керування тп, що регламентовані відповідними нормативними документами, зокрема технологічним регламентом, передбачають контроль процесу на основі оцінки якості вихідного продукту. в цьому випадку використовують контрольні карти шухарта [2, 3]. якщо ж роботу процесу можна оцінити за допомогою декількох корельованих між собою технологічних показників, то користуються контрольними картами хотеллінга [4, 5].

В даний час у світовій практиці статистичні методи найбільш широко застосовуються для вирішення наступних інженерних і виробничих завдань:

- здійснення збору і реєстрації вихідних даних у вигляді, зручному для їх подальшого аналізу;
- проведення аналізу та оцінки якості продукції за допомогою статистичної обробки інформації про якість продукції, що має безсумнівно випадковий характер;
- здійснення планування та аналізу результатів вибіркового контролю якості продукції на різних етапах виробничого процесу;
- застосування процедур статистичного аналізу, регулювання та управління технологічними процесами;
- проведення оцінки точності та стабільності технологічних процесів, а також оцінки ідентичності роботи однотипного технологічного обладнання;
- прогнозування і контроль надійності процесу.



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Випарна станція цукрового заводу відноситься до багатовимірних, нелінійних, нестационарних, багатозв'язних об'єктів керування (ок), що функціонує в умовах невизначеності. при автоматизації вс виникає ряд специфічних задач, які досліджувались та опубліковані в роботах [6, 7]. в той же час практично не розглядалися проблеми, пов'язані зі статистичною діагностикою роботи технологічних процесів (тп) та систем автоматизації (са). розв'язання задач стабілізації технологічних режимів, оптимізації тп, координації роботи підсистем вс доцільно доповнити методами статистичної діагностики. це пов'язано з тим, що для вс як інерційного технологічного об'єкта оцінка його ефективності в часі однозначно залежить від дотримання технологічного регламенту, стану технологічного обладнання та засобів автоматизації. дані діагностики, яка проводиться на їх основі, дозволять запобігти виникненню позаштатних ситуацій, дотримуватись оптимального режиму роботи вс, а також підтримувати технологічний режим і, як наслідок, отримувати максимальну кількість якісного сиропу з найменшими втратами. таким чином, для підвищення ефективності системи управління необхідно ввести у загальну функціональну структуру системи блок оперативної діагностики.

### 3. Ціль і задачі дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування ВС шляхом використання методів статистичної діагностики. Задачі: аналіз статистичних даних основних технологічних змінних, що характеризують роботу ВС; перевірка вибірок основних технологічних змінних на відповідність нормальному закону розподілу; проведення статистичної діагностики роботи ВС шляхом побудови одно- та багатовимірних контрольних карт.

### 4. Експериментальні данні та їх обробка

При роботі ВС набуває актуальності автоматичне виявлення несправностей, обслуговування обладнання на основі автоматичного контролю його стану, забезпечення безпеки складних технічних та інформаційних систем, автоматичний контроль якості продукції, що випускається, зростає необхідність виявлення моменту різкої зміни імовірнісних характеристик у регульованих процесах. Забезпечити виконання даних вимог можливо при оперативній оцінці процесу функціонування, оцінці стану ОК, проведенні заходів діагностики, що забезпечують виявлення стану ТП і ОК.

Статистична діагностика технологічного процесу є задачею послідовного виявлення порушень в незалежній випадковій послідовності при невідомому апріорному розподілі моментів часу, в який відбулося відхилення. втручання в технологічний процес для введення своєчасних коригувальних впливів потрібно тоді, коли продукт ще задовольняє вимогам, а статистичні показники процесу свідчать про наявність невіпадкових впливів, що може бути добре проілюстровано при побудові контрольних карт.

Використання статистичної діагностики необхідне для виявлення і усунення несправностей в процесі функціонування ОК і недопущення несправностей при аварійній ситуації. Забезпечення технологічної безпеки при роботі системи автоматичного регулювання ВС передбачає створення комплексу програмних та апаратних засобів, об'єднаних єдиним підходом, що гарантує з достатньою надійністю своєчасну і адекватну реакцію на проблемну ситуацію:

1. Виявлення нештатної (проблемної) ситуації;
2. Розпізнавання з достатньою точністю характеристик проблемної ситуації (параметрів відхилення від штатного режиму, прогнозу розвитку ситуації при інерційному сценарії, типу очікуваних наслідків – від усуненої несправності до аварійної ситуації);
3. Вироблення оптимального рішення щодо своєчасного усунення відхилення з оцінкою наслідків на моделі прогнозу. При цьому, залежно від типу обумовленої несправності, реакція комплексу може бути реалізована як в автоматичному режимі, так і за допомогою оператора.

Для виявлення неполадок необхідно провести серію експериментів і оцінити адекватність математичної моделі, а також визначити контрольну ситуацію, з якою буде проводитись подальше порівняння, виділити спостережні змінні, за якими будуть знаходитись несправності, оцінити допустимі інтервали або області зміни контрольованих змінних за нормальних умов роботи і отримані показники порівняти з результатами за інших умов роботи.

Статистичні характеристики можна визначити не з множини дослідів, а лише з єдиного, за умови його проведення протягом достатньо великого інтервалу часу. Дані про роботу ВС отримані на основі проведення



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

пасивного експерименту і перевірені за гіпотезою про нормальність розподілу статистичних даних для рівнів в збірнику соку перед ВС та за корпусами ВС за тестом Колмогорова-Смирнова та Шапіро-Уїлка, що базується на відношенні двох оцінок дисперсії нормального розподілу, засноване на випадковій вибірці з  $n$  спостережень. Перевірка показала, що вибірка відповідає нормальному закону розподілу. Чисельник пропорційний квадрату найкращої лінійної оцінки стандартного відхилення. Знаменник – сума квадратів відхилень спостережень від вибіркового середнього.

Перевірку гіпотези про нормальність розподілу для технологічних змінних: температури ретурної пари, сокопарової суміші за корпусами ВС та сиропу після ВС, вміст сухих речовин в сиропі після ВС, проводили за тестом Харке-Бера, суть якого полягає в розрахунку вибірових значень для коефіцієнтів асиметрії і ексцесу, за умови нормальності залишків статистика Харке-Бера має  $\chi^2$  розподіл з двома ступенями свободи [8]. На рис. 1а показано відповідність нормальному закону розподілу вмісту СР в сиропі після ВС. Для температур ретурної пари, сокопарової суміші за корпусами ВС та сиропу після ВС розподіли подібні. На рис. 1б показано відповідність нормальному закону розподілу вмісту СР рівня соку у збірнику перед ВС. Для рівнів за корпусами ВС розподіли подібні.

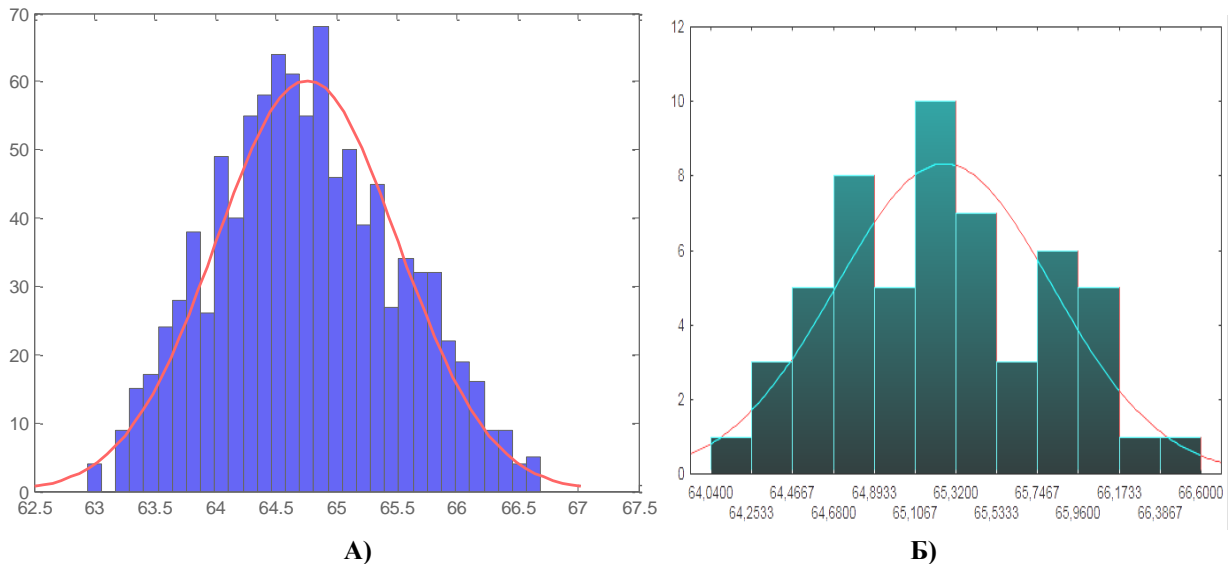


Рис. 1. Результати перевірки на відповідність нормальному закону розподілу а) вмісту СР в сиропі після ВС; б) рівня соку у збірнику перед ВС

Для основних змінних ВС визначалися статистичні характеристики, такі як: математичне сподівання, дисперсія, оцінка коефіцієнта асиметрії, оцінка коефіцієнта ексцесу.

Кореляційна матриця (2) температур сокостружкової суміші по корпусам ВС знайдена на основі кореляційної функції (1).

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau)dt; \quad (1)$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.92 & 0.86 & 0.42 & 0.27 \\ 0.92 & 1 & 0.91 & 0.4 & 0.2 \\ 0.86 & 0.91 & 1 & 0.61 & 0.44 \\ 0.42 & 0.4 & 0.61 & 1 & 0.92 \\ 0.27 & 0.2 & 0.44 & 0.92 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Аналіз кореляційної матриці (2) підтверджує відомі залежності, що температура в I корпусі ВС є найвпливовішою на температуру в II корпусі, і менше впливає відповідно на температури в III, IV, V корпусах. Температура в II корпусі ВС залежить від температури в I, найбільш впливає на температуру в III корпусі і має менший вплив на температури в IV і V корпусах. Вплив температур III, IV і V корпусів розглядається аналогічно.

Статистичний контроль при керуванні технологічним процесом застосовується для своєчасного введення коригуючих дій. найчастіше в багатопараметричному процесі існує декілька якісних показників, які необхідно контролювати і регулювати [9].

Для проведення оцінки статистичної керованості кожного некорельованого показника окремо доцільно використовувати контрольні карти Шухарта (стандарт дсту iso 8258-2001 [2, 3]. контрольні карти Шухарта (iso 8258:1991, idt)) – один з графічних засобів застосування статистичних методів, за допомогою яких можна встановити статистичну керованість процесу, а також причини можливої варіабельності, необхідність введення коригувальних впливів, невідповідності відхилення і, відповідно, дію на технологічний процес особливих причин.

Контрольні карти Шухарта використовуються для аналізу і подальшого моніторингу налагодженого процесу окремих незалежних параметрів (змінних) вибірок з нормальним законом розподілу. відхилення реального розподілу від нормального може привести до суттєвих помилок при керуванні процесом. також слід враховувати, що час, який витрачається на нанесення відповідної точки на контрольну карту, аналіз і прийняття рішень про стан технологічного процесу, повинен бути значно менший, ніж час за який технологічний процес може суттєво змінитися через збурювальні фактори.

Аналіз контрольних карт може бути інтерпретовано:

- як сигнал про те, що в процесі відбулися деякі зміни;
- в якості оцінки величини зміни, для усунення якої необхідна коригувальна дія;
- для визначення оцінок числа подібних випадків в минулому і визначення на їх основі причин, що викликали ці зміни;
- як міра якості продукції для класифікації за періодами.

Контрольні карти Шухарта будуються і аналізуються за наступними параметрами:

$$\mu = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (3)$$

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (4)$$

де  $\sigma$  - стандартне відхилення (дисперсія).

$$HKM = \mu - 3\sigma, \quad (5)$$

$$VKM = \mu + 3\sigma, \quad (6)$$

де НКМ та ВКМ – нижня та верхня контрольні межі відповідно.

$$R_i = |X_i - X_{i-1}|, \quad (7)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (8)$$

де  $R_i$  - значення ковзного розмаху;  $\bar{R}$  - середнє арифметичне ковзних розмахів.

Встановлені на контрольних картах межі (5), (6) не співпадають з межами, які передбачені технічними умовами, а встановлюються за допомогою простих статистичних розрахунків на основі спостережень на виході процесу. За допомогою контрольних меж можна отримати інформацію, яка допоможе уникнути:

**2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

- регулювання контрольованих витрат потоку, температур та ін., за потребою;
- збою в регулюванні, коли останнє необхідне.

Після побудови та аналізу контрольних карт Шухарта для рівня в буферному збірнику перед вс (перший експеримент), (рис.2) на г-карті та х-карті, при нормальному розподілі значень, відсутній викид за контрольні межі, що свідчить, про те що, процес статистично керований, та необхідності для введення коригувальних впливів немає. отже, ймовірність того, що процес є статистично керованим і в і корпусі дуже високий.

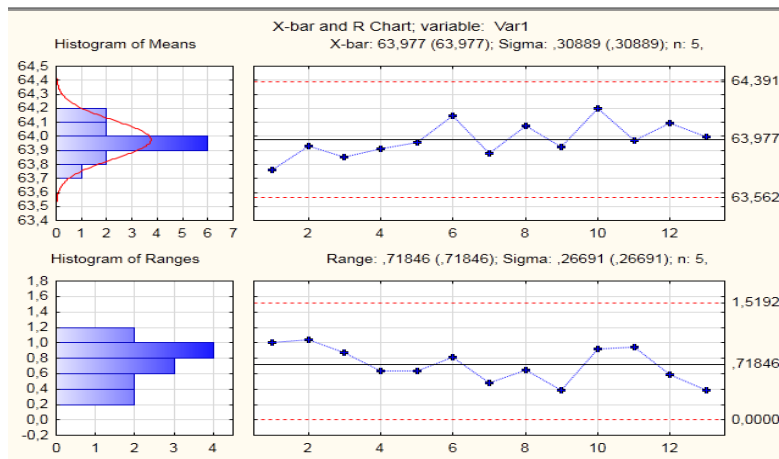


Рис. 2. Контрольні карти Шухарта для рівня в збірнику перед вс.

Аналізуючи контрольні карти Шухарта для рівня в і корпусі вс (перший експеримент) для правильності отримання результату та з огляду на технологію, проводився через 5-7 хв. після аналізу поведінки зміни рівня в буферному збірнику (рис.3) на г-карті та х-карті, при нормальному розподілі значень, відсутній викид за контрольні межі, що свідчить, про те що, процес статистично керований. отже, ймовірність того, що процес є статистично керованим і в іі корпусі дуже високий.

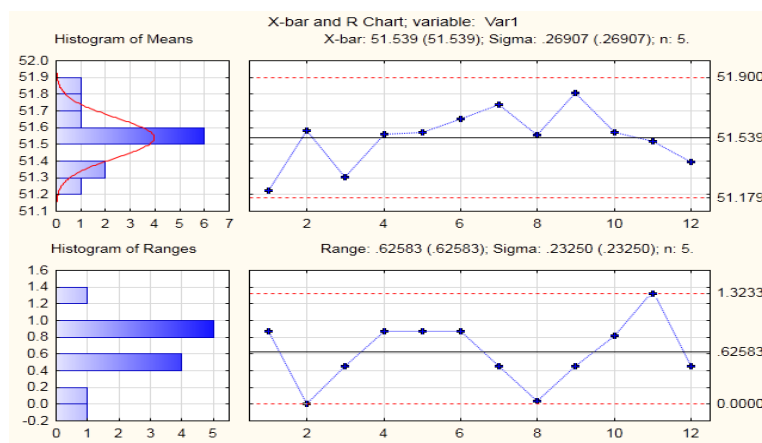


Рис. 3. Контрольні карти Шухарта для рівня в I корпусі ВС.

Аналіз рівня в II корпусі ВС (перший експеримент), для правильності отримання результату та з огляду на технологію, проводився через 16 хв. після аналізу в I корпусі. На рис. 4 представлений результат побудови відповідних карт Шухарта: на R-карті та X-карті, при нормальному розподілі значень, відсутній викид за контрольні межі, що свідчить, про те що, процес статистично керований. Результати підтверджують попереднє припущення.



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

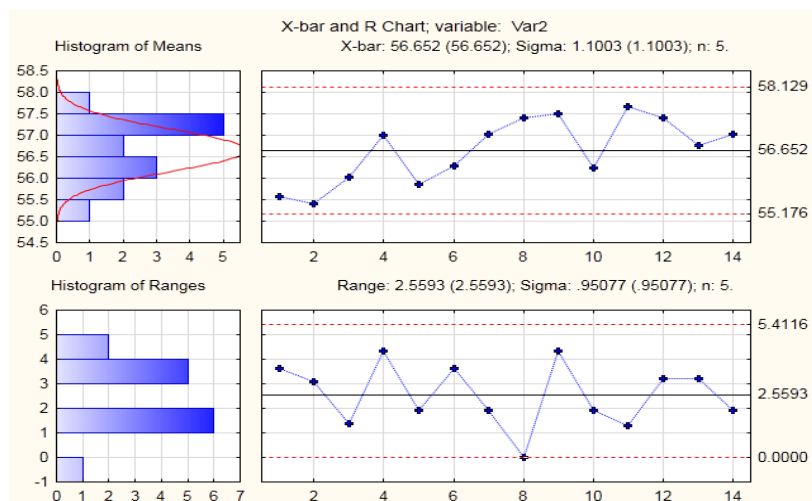


Рис.4. Контрольні карти для рівня в II корпусі ВС.

Аналізуючи контрольні карти для вмісту сухих речовин в сиропі після ВС (рис. 5) на R-карті з'являється викид за контрольні межі раніше ніж на X- карті при нормальному розподілі значень на X-карті, що є сигналом появи відхилення, а також необхідності введення коригувальних сигналів.

На іншій карті (рис. 6) для вмісту сухих речовин в сиропі після ВС викид за верхню контрольну межу з'являється на X-карті при нормальному розподілі значень на R-карті, що свідчить про необхідність введення коригувальних дій.

Крім вибірок, що складаються з декількох спостережень, контрольні карти для змінних можуть бути побудовані також для окремих спостережень, отриманих в ході виробничого процесу. Іноді такий підхід необхідний в силу дорожечі, незручності або неможливості аналізу вибірок, що складаються з ряду спостережень. При цьому найкраще застосування знаходять контрольні карти типу CUSUM, MA, і EWMA (контрольні карти для накопичених сум і ковзних середніх).

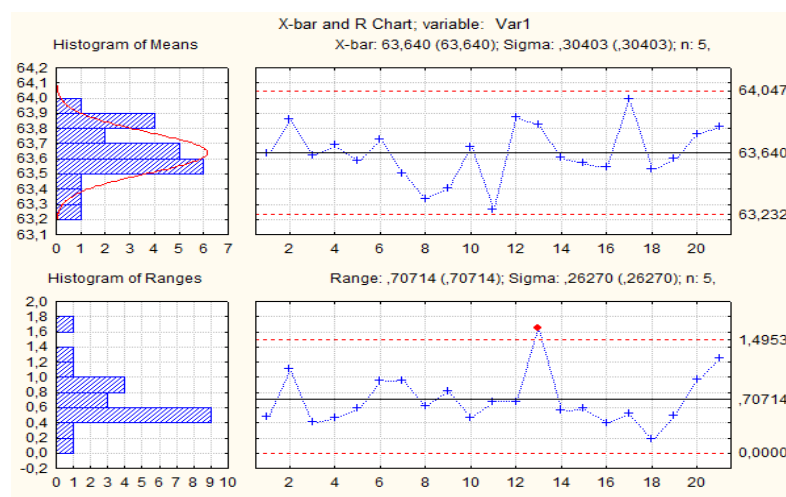


Рис. 5. Контрольні карти Шухарта для вмісту сухих речовин в сиропі після ВС.

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



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

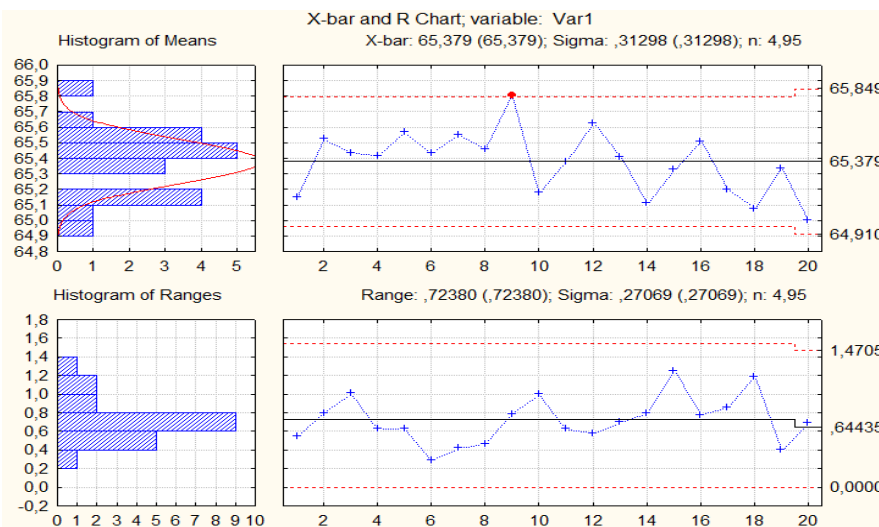


Рис. 6. Контрольні карти Шухарта для вмісту сухих речовин в сиропі після ВС.

Після проведення другого експерименту проаналізували побудовані карти шухарта для рівня в буферному збірнику перед вс (рис. 7): на х-карті присутні викиди за вкм та нкм, ма-карта свідчить про майбутній зсув ковзних середніх значень і погіршення якості процесу. з'являється об'єктивна необхідність введення коригувальних дій, інакше погіршиться якість процесу регулювання рівня в і корпусі вс.

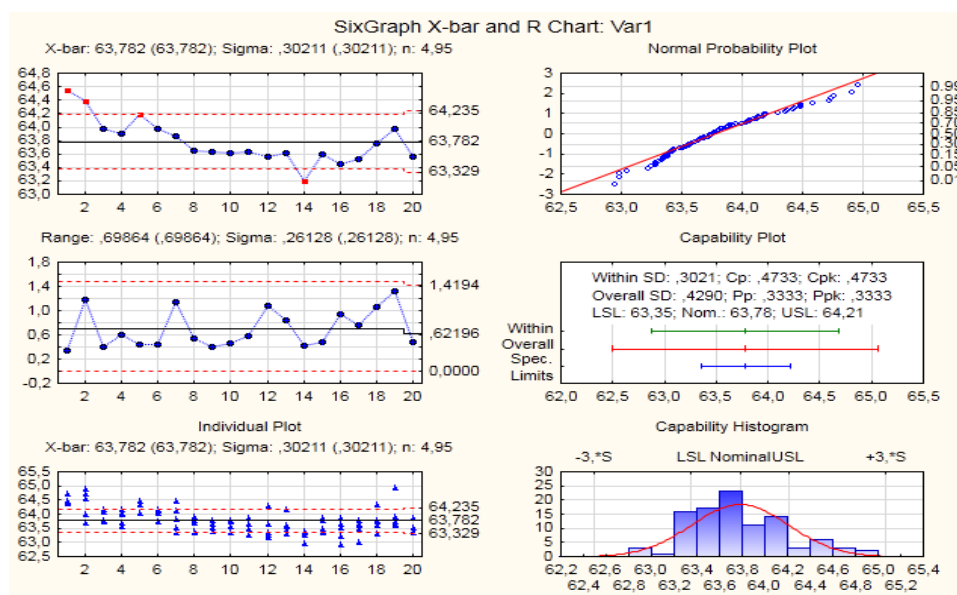


Рис. 7. Контрольні карти для рівня в збірнику перед вс.

Інтерпретація контрольних карт (побудованих через 7 хв.) для рівня в і корпусі (рис. 8): на г-карті та х-карті, при нормальному розподілі значень, з'являються викиди за контрольні межі, що є сигналом появи відхилення, а також необхідності введення коригувальних сигналів. МА-карти показують, що з часом відбудеться зсув ковзних середніх значень, що призведе до погіршення якості протікання процесу. якщо не вводити коригувальні впливи, то ймовірність розлагодження процесу в її корпусі – висока.



**2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

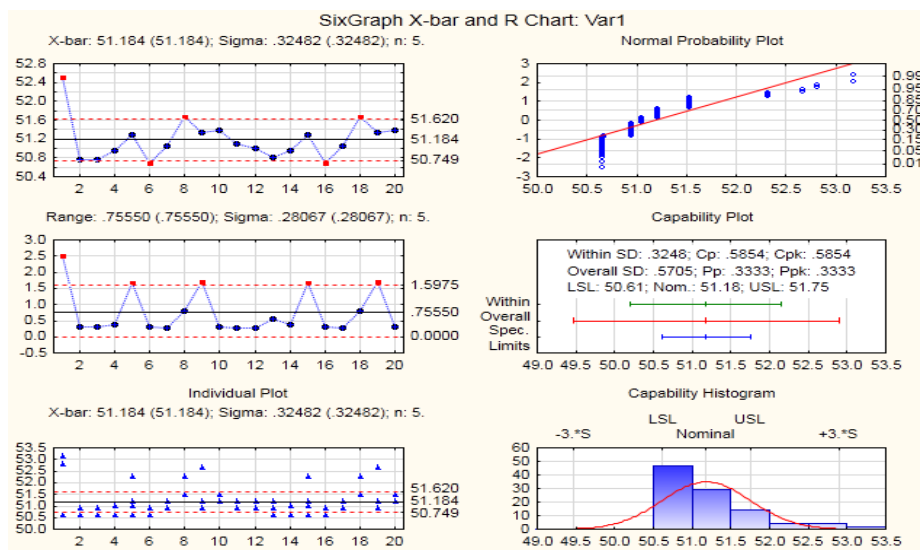


Рис.8. Контрольні карти для рівня в I корпусі ВС.

Через 16 хвилин, після аналізу рівня в I корпусі проаналізували поведінку рівня в II корпусі ВС, побудувавши контрольні карти (рис. 9): на R-карті та X-карті, при нормальному розподілі значень, з'являється викид за контрольні межі, що є сигналом появи відхилення, а також введення коригувальних сигналів. MA-карти свідчать про те, що з часом відбудеться зсув ковзних середніх значень і як наслідок – до погіршення якості протікання процесу. Отже, припущення про розлагодження процесу в II корпусі без оперативного введення керувальних впливів підтвердилося.

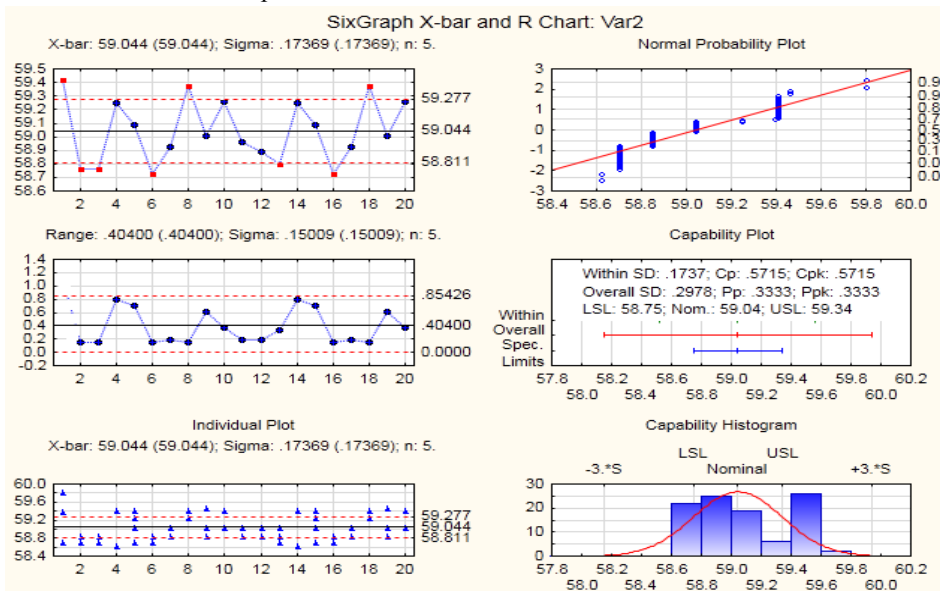


Рис. 9. Контрольні карти для рівня в II корпусі ВС.

Для оцінки статистичної керованості процесу і виявлення невідповідних порушень, проводився багатовимірний статистичний контроль за двома корельованими показниками: температура ретурної пари і сокопарової суміші в I корпусі ВС, з використанням карт Хотеллінга, які показані на рис 10. карти Хотеллінга призначені для перевірки гіпотези про те, що середній рівень процесу відповідає заданим специфікаціям, тобто перевіряється стабільність процесу по його середньому рівню.



## 2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Статистика  $T^2$  (9) являє собою геометричне місце точок еліпсоїда довірчої області для двох випадкових змінних  $X$  і  $Y$  з нормальним розподілом і виражається через об'єм вибірки  $n$ , вибіркові середні і вибіркові дисперсії [4, 5]:

$$T^2 = \frac{ns_X^2s_Y^2}{s_X^2s_Y^2 - s_{XY}^2} \left[ \frac{(X_i - \bar{X})^2}{s_X^2} + \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{s_Y^2} - \frac{2s_{XY}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{s_X^2s_Y^2} \right]. \quad (9)$$

де  $s_X, s_Y, s_{XY}$  - спектральна щільність відповідних випадкових змінних.

Всі значення  $T^2$  які перевищують розраховані – характеризують порушення контрольних умов. Аналізуючи карти Хотеллінга (рис. 10), робимо висновок про викиди для вибірок № 6, 23, 132, 139. Оскільки дана контрольна карта об'єднує багатовимірні характеристики якості на одній карті, то складно визначити, яка зі складових процесу розладалась. Крім того, якщо відхилення від норми присутнє лише у одній з двох змінних, в той час як інша змінюється в допустимих межах відносно планових специфікацій, то загальне значення  $T^2$  може і не вийти за контрольну межу карти.

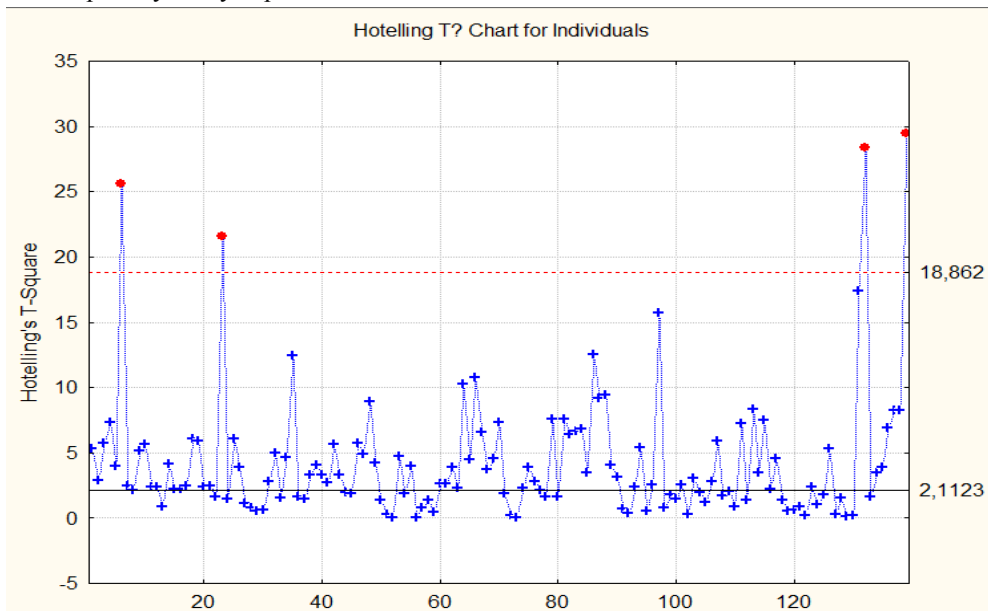


Рис. 10. Карти Хотеллінга для температур ретурної пари і сокопарової суміші в I корпусі ВС.

При оцінці контрольних карт слід пам'ятати про існуючі ризики, що бувають першого і другого роду. ризик першого роду –  $\alpha$ -ризик – «ризик помилкової тривоги» відповідає ймовірності визнати процес розладженим, коли він не є таким, а ризик другого роду –  $\beta$ -ризик – «ризик пропуску сигналу» відповідає ймовірності прийняття рішення про правильно працюючий процес, в той час, як центр його налагодження змістився.

### 5. Висновки

З метою раннього своєчасного виявлення відхилень і впровадження коригувальних керувальних впливів, направлених на їх ліквідацію або зменшення, пропонується використовувати одновимірні карти Шухарта та багатовимірні карти Хотеллінга, які забезпечують візуальне спостереження вимірювальних змінних і виявлення невідповідних відхилень на ранніх стадіях. До переваг використання контрольних карт відноситься той факт, що вони можуть бути використані для різних оцінок діагностування складних систем, в тому числі тоді, коли моделі ОК є наближеними. Аналіз карт показав чітку залежність між змінами рівнів в буферному збірнику перед ВС та за корпусами ВС, між температурними режимами ретурної пари та паросокової суміші в I корпусі, а також умови виникнення неполадок та моменти появи необхідності введення коригуючих керувальних впливів.



## **2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

### **Література**

1. Клячкин В.Н. Карта эффективной дисперсии для контроля рассеяния в многопараметрическом процессе [Текст] / В.Н. Клячкин, Т.И. Красько // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования: сборник научных трудов / под ред. Н. Н. Войта. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С.224-228;
2. Статистический контроль. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT): ДСТУ ISO 8258-2001. / М. Шарапов (пер. і наук.-техн.ред.). - К. : Держспоживстандарт України, 2003. - V, 32 с. – (Національний стандарт України);
3. Адлер Ю.П. Интерпретация контрольных карт Шухарта / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер – Режим доступу: <http://quality.eup.ru/MATERIALY7/kks.htm>;
4. ISO 7870:1993. Control charts – General guide and introduction;
5. ISO 11462-1:2001. Guidelines for implementation of statistical process control (SPC) – Part1: Elements of SPC;
6. Ладанюк А.П. Оперативное управление технологическими процессами в пищевой промышленности [Текст] / А.П. Ладанюк, В.Г. Перепечаенко - К.: Урожай, 1987. – 160 с;
7. Луцька Н.М. Моделювання процесу випарювання для синтезу автоматизованої системи управління [Текст] / Н.М. Луцька, Н.А. Заєць // Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України: серія «Техніка та енергетика АПК». – 2011. - № 161. – С. 180-186;
8. Балакирев В.С. и др. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления [Текст] / В.С. Балакирев и др. – М., "Энергия", 1967 – 232 с;
9. Ладанюк А.П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації [Текст] / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, Н.А Заєць // АВП – 2006. - №2. – С. 44-47.