

*Тичков В. В., к.т.н., доцент
Гальченко В. Я., д.т.н., професор
Трембовецька Р. В., д.т.н., доцент
Товстоп'ят В. О., магістрант
кафедра приладобудування, мехатроніки
та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет*

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

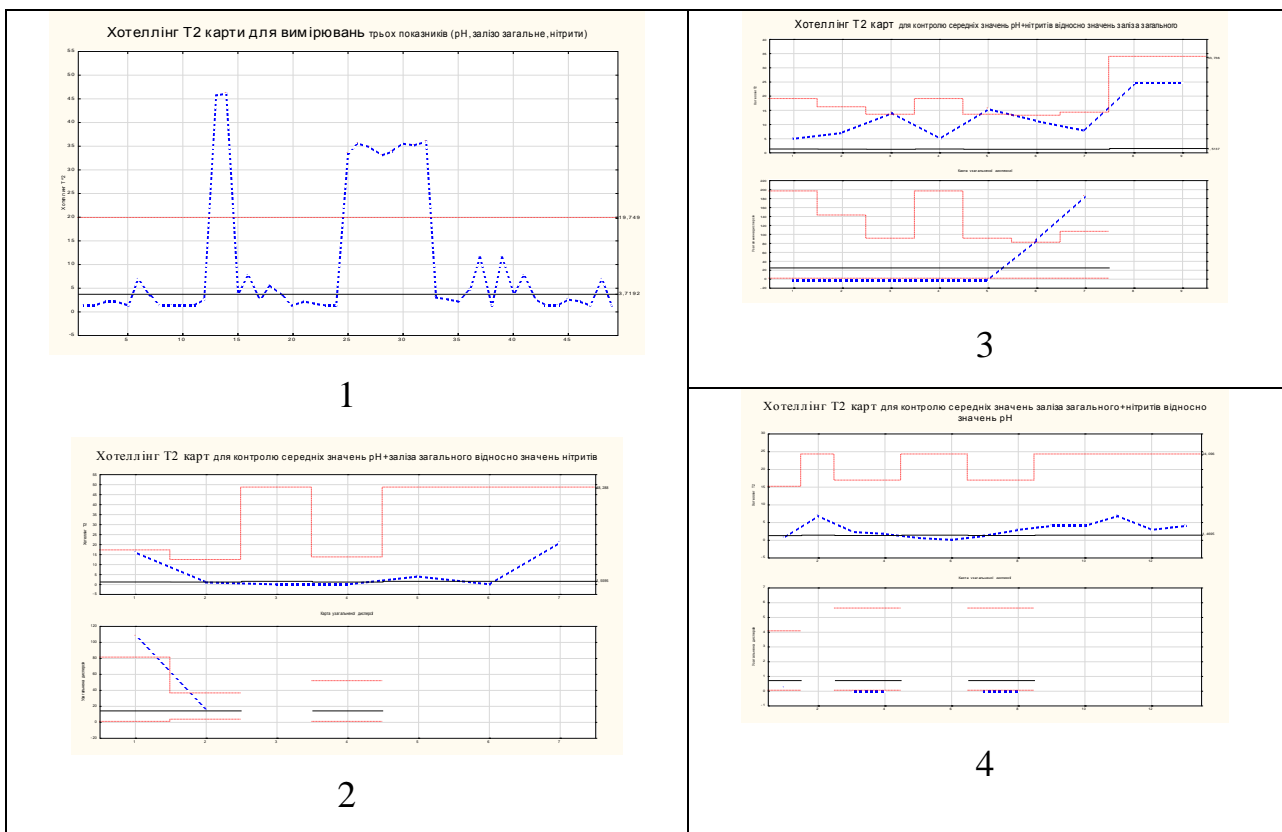
Згідно Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено створення державної системи екологічного моніторингу та проведення вимірювань за рівнем забруднення станом навколишнього природного середовища.

Для контролю якості природних вод розроблена та досліджена іонометрична автоматизована вимірювальна системи екологічного моніторингу на вміст водневого показника, заліза загального, нітритів та температури, окисно-відновного потенціалу та загальної солоності аналізованої води.

В якості вимірювального блоку був розроблений погрузний бокс, в якому розміщені іоно-селективні електроди. Для визначення загального заліза ($\text{Fe}^{\text{заг}}$) використовували халькогенідний залізо-селективний електрод, для водневого показника (рН) – комбінований рН-електрод, для нітритів (NO_2^-) – комбінований нітрит-селективний електрод, для окисно-відновного потенціалу редокс-електрод та для загальної солоності - датчик солоності з струмовим інтерфейсом та цифровим датчиком температури. Проведено 50 вимірювань хімічних та фізичних показників природної води, послідовно перемикаючи вимірювальний пристрій з електродами.

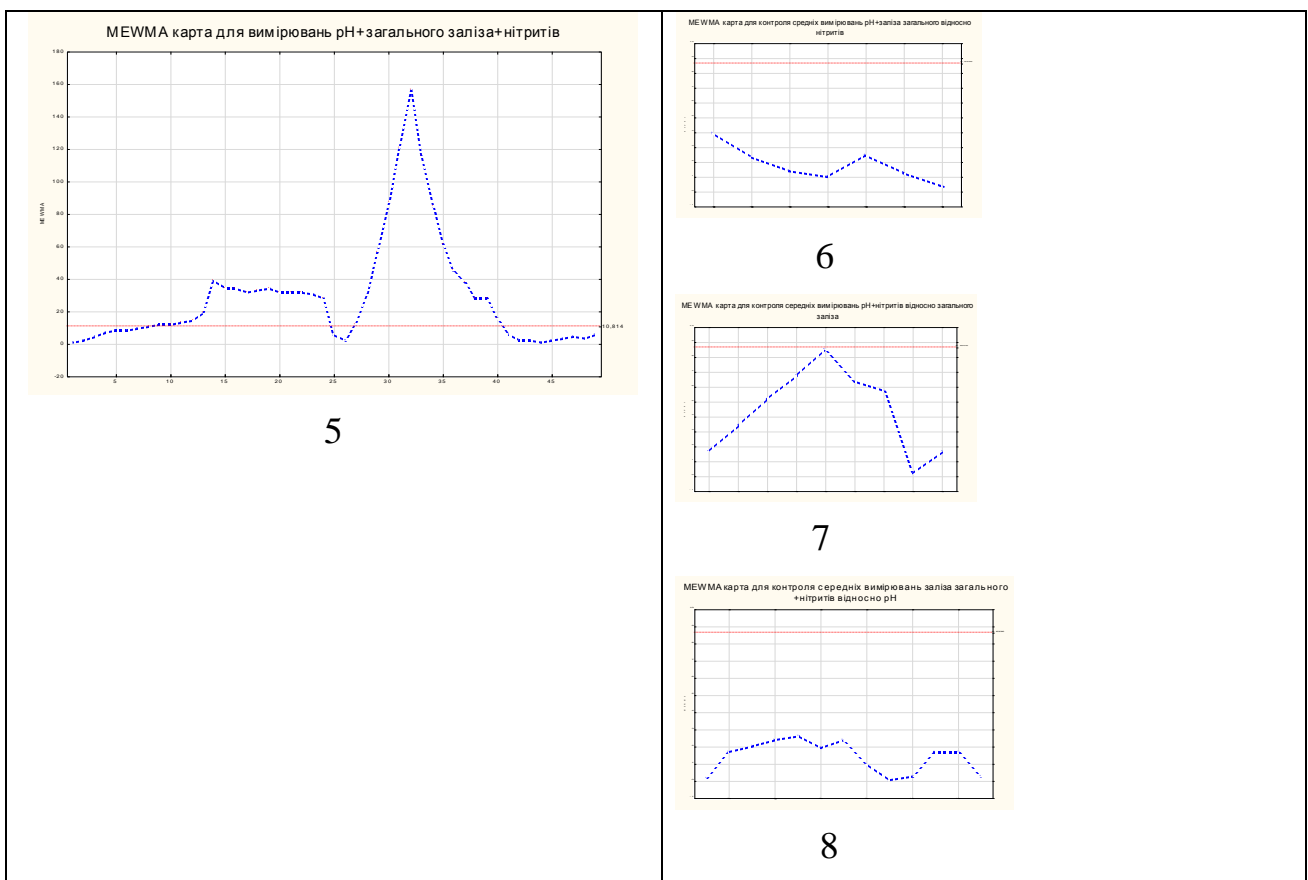
Багатомірна контрольна карта [1-3] – контрольна карта для оцінювання процесу за рівнем двох або більшої кількості ознак. На основі таких карт здійснюють багатомірний контроль якості – контроль якості, при якому кожна одиниця, яку перевіряють, повинна відповідати вимогам до більше ніж однієї ознаки.

Побудовані багатомірні карти контролю якості трьох показників (рН, $\text{Fe}^{\text{заг}}$, NO_2^-) в програмному комплексі STATISTICA 10: хотеллінг T2 карти всіх трьох показників (1), хотеллінг T2 карти для контролю середніх значень двох показників відносно третього (рН, $\text{Fe}^{\text{заг}}$ відносно NO_2^- (2), рН, NO_2^- відносно $\text{Fe}^{\text{заг}}$ (3), $\text{Fe}^{\text{заг}}$, NO_2^- відносно рН (4)), MEWMA карти для всіх трьох показників (5), MEWMA карти для контролю середніх значень двох показників відносно третього (6-8), CUSUM карти всіх трьох показників (9), багатомірний потік з X-bar та MR картами всіх трьох показників (10), багатомірний потік з X-bar та R картами (11,13,15) та з X-bar та S картами для контролю значень двох показників відносно третього (12,14,16).



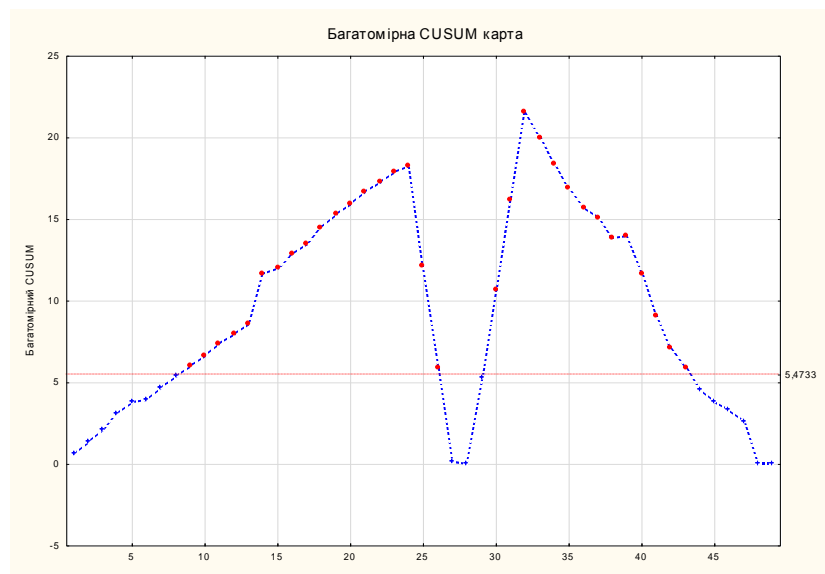
Для карти Хотеллінга верхня контрольна межа визначається в термінах ймовірності альфа-помилки (ймовірності помилково порахувати процес, що вийшли з-під контролю, коли насправді це не так, а поява викиду обумовлена випадковою причиною).

Для контрольної карти Хотеллінга (1) може бути задана лише верхня контрольна межа, тому що статистика T_2 набуває лише позитивних значень. З рисунка видно, що є викид для 13-14 та 25-32 вибірок. Оскільки контрольна карта (1) поєднує багатомірні характеристики якості на одній карті, то важко визначити, яка зі складових процесу розладалася. Крім того, якщо відхилення від норми є тільки в однієї з трьох змінних, тоді як інші змінюються в допустимих межах щодо планових специфікацій, то загальне значення T_2 може і не вийти за контрольну межу картки.



Карти експоненційно зважених ковзних середніх EWMA забезпечують швидше виявлення невеликих і середніх зрушень розподілів досліджуваних

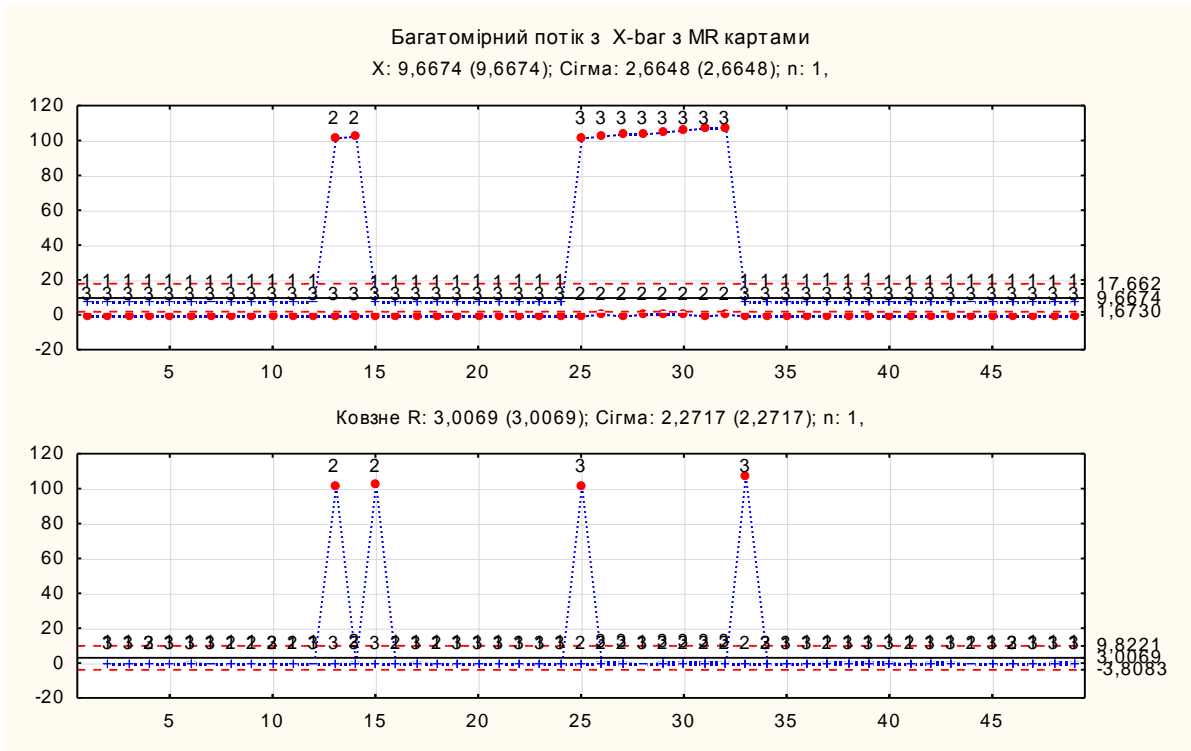
характеристик процесу, ніж контрольні карти Шухарта. Зазвичай, EWMA-карти використовують із виявлення невеликих зрушень середнього процесу. З їхньою допомогою набагато швидше виявляють зрушення величиною від 0,5 до 2. Проте такі карти повільніше виявляють великі зрушення середнього процесу. На рисунку показана вибірка виявлення зрушення середнього процесу.



9

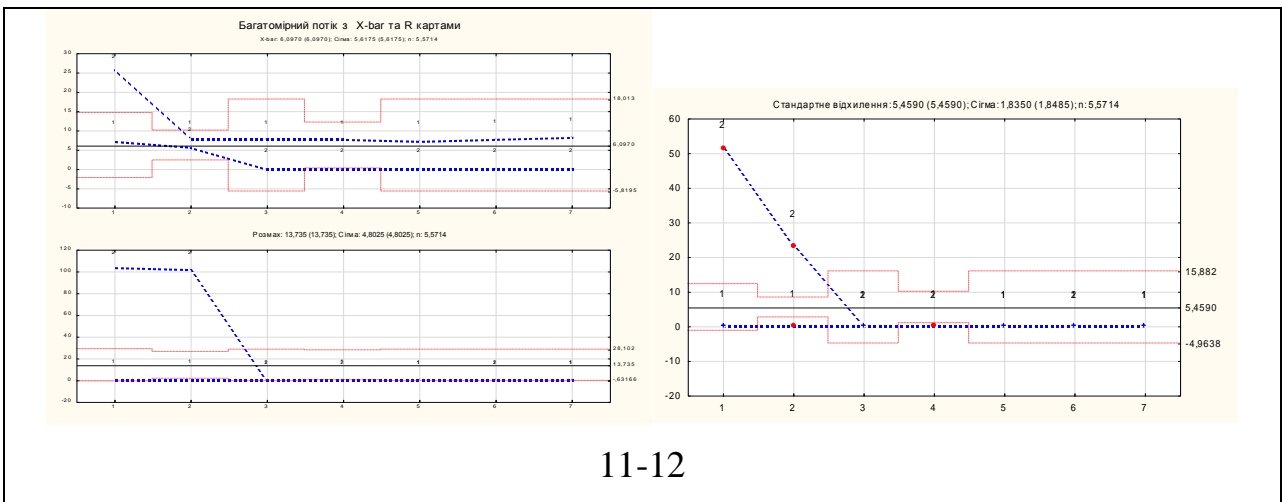
Контрольна карта кумулятивних сум CUSUM – інформативне графічне подання даних, які упорядковані у логічній послідовності. Для розрахунку значень кумулятивних сум використовуємо значення pH , $Fe^{заг}$ та NO_2^- . З кожного отриманого значення показника якості води віднімають опорне значення і набувають значення кумулятивних сум цих різниць, які наносять на карту. На такій карті інтерес становлять не абсолютні значення сум, а кут нахилу графіка, який визначається за послідовними точками. Саме кут нахилу слугує мірою зміни випадкової величини. Якщо значення локальної середньої серії спостережень більше цільового значення (на карті 5,4733), то крива нахилена вгору, якщо менше - вниз. Чим більший кут нахилу лінії, що

представляє локальне середнє стосовно цільового значення, тим більше відхилення даних від опорного значення.

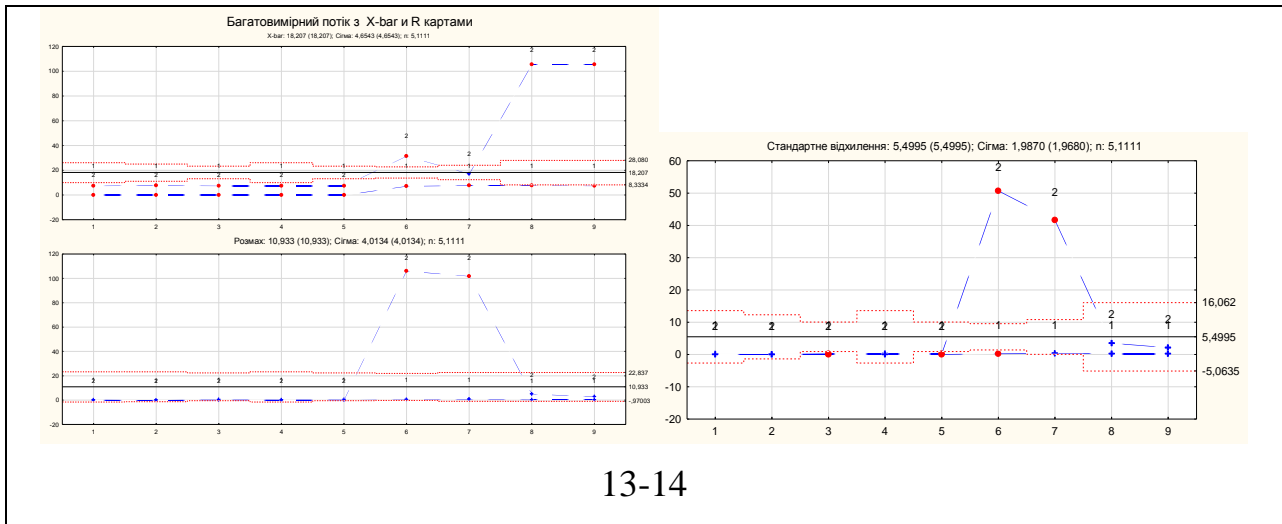


10

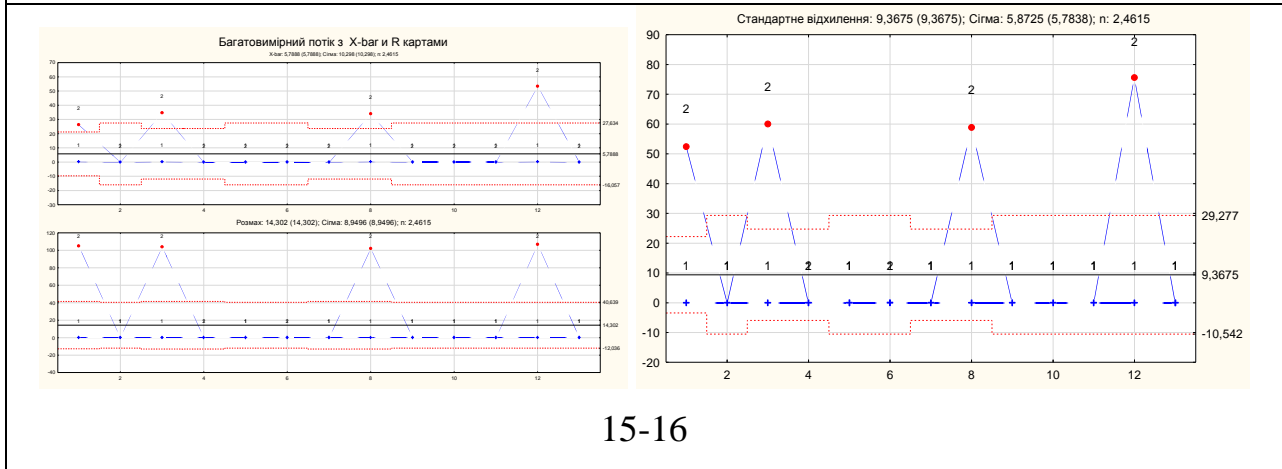
Контрольна карта ковзаючих середніх MR–контрольна карта для оцінювання рівня процесу за середнім арифметичним вимірювань всіх трьох показників, в яких нове вимірювання замінює більш старше з останніх вимірювань.



11-12



13-14



15-16

Контрольна карта індивідуальних значень X - карта – контрольна карта для оцінювання рівня процесу за індивідуальним спостереженням у вибірці. Контрольна карта розмахів R - карта – контрольна карта для оцінювання мінливості процесу за розмахом в підгрупах. Контрольна карта стандартних відхилень S - карта – контрольна карта для оцінювання мінливості процесу за вибірковою стандартним відхиленням в підгрупах.

Висновок. Проведено оцінювання значень вимірювання якості води за трьома показниками (водневого показника, заліза загального, нітритів) та побудовані багатомірні контрольні карти.

Література:

1. ДСТУ ISO 3534-1:2008 Статистика. Словник термінів і позначки. Частина 1. Загальні статистичні терміни та терміни теорії ймовірностей (ISO 3534-1:2006, IDT)

2. ДСТУ ISO 7870-1:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 1. Загальні настанови (ISO 7870-1:2014, IDT)
3. ДСТУ ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта (ISO 7870-2:2013, IDT)