

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК «СТАТИСТИЧНІ
МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ»
для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», 015
«Професійна освіта (економіка)»**

**Старобільськ
«Альма-матер»
2017**

УДК [006.015.5 + 65.018] (076.1)

ББК 30ц.р3+30.607 р3

З 54

*Рекомендовано науково-методичною радою Луганського
Національного університету
імені Тараса Шевченка
(протокол № 10 від 27.04. 2017 року)*

Р е ц е н з е н т и :

Драчук Ю.З. — докт. екон. наук, професор кафедри бізнес-адміністрування і корпоративної безпеки Міжнародного гуманітарного університету м. Одеса

Шильнікова З.М. — канд. екон. наук, доцент кафедри менеджменту ДЗ “Луганський національний університет імені Тараса Шевченка”.

З 54 Навчальний посібник «Статистичні методи контролю якості» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», 015 «Професійна освіта (економіка)». Укладач: Завгородня Є.Є. – Старобільськ: Альма-матер, 2017. – 74 с.

Навчальний посібник розроблено згідно з програмою вивчення дисциплін «Управління якістю» та «Менеджмент якості» і охоплює змістовні модулі для мінімальної кількості годин, передбачених освітньо – професійною програмою підготовки бакалаврів спеціальності 073 «Менеджмент», 015 «Професійна освіта (економіка)».

Наведені теоретичні положення застосування статистичних інструментів управління якістю, розроблено практичні завдання для опанування методичним інструментарієм дисциплін «Управління якістю» та «Менеджмент якості», приведені приклади застосування інструментів якості.

УДК [006.015.5 + 65.018] (076.1)

ББК 30ц.р3+30.607 р3

© *Завгородня Є.Є. 2017*

Зміст

Вступ.....	4
1. Застосування статистичних методів для вирішення проблем якості продукції.....	5
2. Діаграма Парето.....	7
3. Часові ряди (тренди).....	19
4. Гістограми.....	22
5. Контрольні карти.....	30
5.1. Контрольні карти Шухарта.....	32
5.2. Контрольні карти Шухарта для кількісних даних.....	38
5.3. Контрольна карта кумулятивних сум (<i>КУСУМ</i> - карти).....	57
5.4. Контрольні карти арифметичного середнього з попереджувальними межами.....	61
Література.....	70

Вступ

Традиційний підхід до виробництва, незалежно від виду продукції, - це виготовлення і контроль якості готової продукції та відбраковування одиниць, які не відповідають встановленим вимогам. Така стратегія часто призводить до втрат і не економічна, оскільки побудована на перевірці постфактум, коли бракована продукція вже створена і якість кінцевого продукту виробництва змінити вже не можна [2].

Більш ефективна стратегія попередження втрат, що дозволяє уникнути виробництва продукції непридатної для подальшого використання. Така стратегія передбачає збір інформації про самі процеси, її аналізу і ефективні дії по відношенню до процесів виробництва, а не до готової продукції. Основними завданнями такої стратегії є:

- вивчення причин виникнення дефектів і підготовка пропозицій щодо їх усунення в процесі виробництва;
- подальше підвищення надійності і довговічності продукції; зростання продуктивності праці і обсягів виробництва виробів вищої якості;
- зростання ритмічності виробництва; скорочення витрат, пов'язаних з браком, усуненням дефектів, рекламаціями;
- раціональне і економічно обґрунтоване використання всіх видів ресурсів.

Для здійснення такої стратегії одним з найбільш ефективних і перспективних методів (хоча ці методи мають досить тривалу історію створення та розвитку) є методи статистичного управління процесами.

Сучасний розвиток методів управління якістю продукції знайшов своє відображення в стандарті **ISO/TR 10017:2003** Guidance on statistical techniques for ISO 9001. «Руководство по статистическим методам применительно к ИСО 9001» [3].

В стандарті рекомендується використовувати такі статистичні методи як:

- описова статистика,
- планування експериментів,
- перевірка гіпотез,
- вимірвальний аналіз,

- аналіз можливостей процесу,
- регресійний аналіз,
- аналіз надійності,
- вибірковий контроль,
- моделювання,
- карти статистичного контролю процесу (карти СКП),
- статистичне призначення допуску,
- аналіз часових рядів.

Ці рекомендації не заперечують і інших методів управління та контролю і оцінки якості продукції до яких можливо віднести:

1. диференційні методи.
2. методи комплексної оцінки рівня якості продукції.
 - методи параметричних регресійних залежностей.
 - методи визначення коефіцієнта вагомості за вартісними регресійними залежностями.
 - методи граничних і номінальних значень.
 - методи еквівалентних співвідношень.

Контроль і управління якістю за допомогою статистичних методів можливо з успіхом здійснювати в різних галузях виробництва. Такий контроль використовується і дає найбільший ефект в управлінні таким процесом, при якому одні й ті ж деталі виготовляються масово або великими серіями протягом тривалого періоду часу або коли необхідно підтримувати певний рівень якості виробів, оскільки навіть невелике відхилення призводить до великої втрати коштів. Однак, статистичні методи використовуються також і для контролю в процесі одиничного і дрібносерійного виробництва [2, 4, 5].

1. Застосування статистичних методів для вирішення проблем якості продукції

Роль і значення якості постійно зростає під впливом розвитку технологій виробництва і постійно зростаючих потреб споживачів, які диктують свої вимоги і запити виробникам товарів та послуг.

Вирішуючи поточні проблеми сьогодення та плануючи розвиток підприємства в майбутньому, економісти та менеджери надають великого значення активізації діяльності з управління якістю продукції. Контроль якості полягає в тому, щоб, перевіряючи належним чином отримані дані (за фіксованими процедурами) про хід виробничого процесу, виявити різні відхилення параметрів від їх запланованих значень, знайти причину невідповідності, а після її усунення знову перевірити відповідність встановленим показникам.

Наукові методи статистичного контролю якості використовуються практично в усіх галузях країн з розвинутою економікою і дають найбільш значні результати за такими показниками:

1. підвищення якості за купованої сировини;
2. економія сировини і робочої сили;
3. підвищення якості виробленої продукції;
4. зниження кількості браку;
5. зниження витрат на проведення контролю;
6. поліпшення взаємозв'язку між виробництвом і споживачем;
7. полегшення переходу виробництва з одного виду продукції на інший.

Головне завдання - не просто збільшити кількість продукції, а збільшити кількість такої продукції, яка була б придатною до вживання. Одним з основних принципів контролю якості за допомогою статистичних методів є прагнення підвищити якість продукції, здійснюючи контроль на різних етапах виробничого процесу.

Джерелом даних при здійсненні контролю якості служать наступні заходи:

- Інспекційний контроль - реєстрація даних вхідного контролю сировини і матеріалів і реєстрація даних самого технологічного процесу.

- Виробництво і технології - реєстрація даних контролю процесу, повсякденний збір інформації про застосування операцій, реєстрація даних контролю устаткування, патенти і статті з періодичної преси та інших джерел інформації.

- Поставка матеріалів і збут продукції - реєстрація руху через склади, реєстрація збуту продукції (дані про отримання прибутку).

- Управління і діловодство - реєстрація прибутку, повернення продукції, реєстрація обслуговування постійних клієнтів, продажів, обробка реклаमाцій, аналіз ринку і т.д.

- Фінансові операції - таблиця зіставлення дебет-кредит, реєстрація підрахунку втрат і т.д.

Для отримання підсумкового висновку про якість продукції потрібна додаткова обробка отриманих даних.

Всі статистичні методи базуються на понятті розсіювання даних. Застосування статистичних методів для контролю за розсіюванням параметрів продукції, що випускається, передбачає подання результатів аналізу в графічному вигляді, простому для розуміння статистичних величин.

Якщо розсіювання величин мале, контроль може бути ослаблений. Якщо велике, то це слід сприймати як сигнал необхідності регулювання процесу, його стабілізації, підвищення якості вихідного матеріалу, виявлення неполадок в устаткуванні і т.д.

Найбільш розроблені і найчастіше використовуються на сьогоднішній день статистичні методи контролю та управління якістю продукції. Серед них найпоширенішими є сім методів, які отримали назву «7 інструментів якості»:

1 – гістограми;

2 – часові ряди;

3 – діаграми Парето;

4 – причино – наслідкові діаграми (діаграма К.Ісікави);

5 – контрольні листки;

6 – контрольні карти;

7 – діаграми розсіювання.

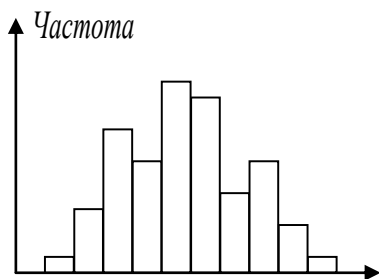
2. Гістограми

Для наочного уявлення про тенденції зміни значень величин виробничого процесу застосовують графічне зображення статистичного матеріалу. Найбільш поширеними

графіками, до яких вдаються при аналізі розподілу випадкової величини, є полігон, гістограма і кумулятивна крива. Однак, коли говорять про інструменти контролю якості, то згадують лише гістограму, яка найбільш часто застосовується на практиці для графічного зображення розподілу.

Гістограми використовуються у разі необхідності представити розподіл даних, які характеризують величину параметру якості виробу, а також прийняти рішення про те, на чому слід сфокусувати свою увагу для цілей поліпшення процесу.

Гістограма представляє собою стовпчастий графік (рисунок 1.) зі стовпчиків однакової ширини, але різної висоти. Ширина стовпчика представляє інтервал в діапазоні спостережень, висота - кількість спостережень (вимірювань), що потрапили в даний інтервал. Іншими словами, на графіку по осі абсцис відкладаються значення параметра якості, а по осі ординат – частоти цих значень.



Г

Рисунок 1. - Гістограма.

За допомогою гістограми можливо отримати інформацію про теоретичне розподілення, оцінити ступінь симетрії та розмаху даних відносно середнього значення.

При нормальному законі розподілу даних існує тенденція розташування більшості результатів спостережень ближче до центру розподілу (до центрального значення) з поступовим зменшенням при видаленні від центру. [6]

Гістограма застосовується головним чином для аналізу значень вимірних параметрів, але може використовуватися і

для розрахункових значень. Завдяки простоті і наочності гістограми знайшли застосування в різних областях:

- для аналізу термінів отримання замовлення (за контрольний норматив приймається термін поставки у відповідності до договору);

- для аналізу часу реагування групи обслуговування від моменту отримання заявки від клієнта, часу обробки рекламації від моменту її отримання і таке інше .;

- для аналізу значень показників якості, таких як розміри, маса, механічні характеристики, хімічний склад, вихід продукції і т.д. при контролі готової продукції, при приймальному контролі, при контролі процесу в самих різних сферах діяльності;

- для аналізу чистого часу операцій, часу зносу ріжучої поверхні і т.д.;

- для аналізу числа бракованих виробів, числа дефектів, числа поломок і т.д. [14, 15, 16]

Розподіл одиниць сукупності на групи за кількісною ознакою, за ступенем зростання або зменшення числового значення ознаки називається варіаційним рядом. Складовими елементами кожного варіаційного ряду є два ряди чисел: ряд варіантів і ряд частот або частостей.

Варіанти - окремі числові значення ознаки.

Частоти - абсолютні числа, що показують, скільки разів зустрічається та чи інша варіанта в даній сукупності. Частоти, виражені в частках одиниці або у відсотках до підсумку, називаються частостею.

Варіаційний ряд графічно зазвичай зображується за допомогою гістограми розподілу або полігону розподілу. [15, 16]

Полігоном частот називається ламана, що складається з відрізків прямих, що з'єднують послідовно точки (x_i, p_i) або (x_i, w_i) , $i = 1, 2, \dots, m$.

Для ілюстрації рядів розподілу використовуються також кумуляти і огіви. Для побудови кумуляти на осі абсцис відзначаються значення ознаки (кінці інтервалів), а на осі ординат - відрізки, довжини яких пропорційні нагромадженним частотам або частості. А для побудови огіви на осі абсцис

відзначаються частоти або частоти, а на осі ординат - значення ознаки.

Визначення числа інтервалів на гістограмі часто здійснюють за формулою Старджесса:

$$m = 1 + 3,322 \times \lg n \quad (1)$$

де n - число спостережень,

а величина інтервалу:

$$k = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m}, \quad (2)$$

де $(X_{\max} - X_{\min})$ - різниця між найбільшим і найменшим значеннями ознаки.

Наступний після групування етап обробки даних спостережень є розрахунок статистичних характеристик:

1) середня арифметична величина:

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

де x_i - варіанти дискретного ряду або середини інтервалів;

2) медіаною (\tilde{Me}) називається серединна варіанту упорядкованого варіаційного ряду, розташованого в зростаючому або спадному порядку. Вона є центральним членом і ділить варіаційний ряд навпіл в тих випадках, якщо цей ряд непарний;

3) мода (\tilde{Mo}) - значення, якому відповідає найбільша частота, тобто значення в безлічі спостережень, що зустрічається найбільш часто; [15]

4) варіаційний розмах - різниця між найбільшою і найменшою варіантою (значенням параметру):

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (4)$$

5) дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{n} ; \quad (5)$$

6) середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} ; (3.6)$$

7) коефіцієнт варіації:

$$\tilde{v} = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (\bar{x} \neq 0) ; \quad (7)$$

8) початковий момент k-го порядку:

$$\tilde{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^m x_i^k \cdot n_i}{n} ; \quad (8)$$

9) центральний момент k-го порядку:

$$\tilde{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^k \cdot n_i}{n} ; \quad (9)$$

10) асиметрія:

$$\tilde{A} = \frac{\tilde{\mu}_3}{S^3} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^3 \cdot n_i}{n \cdot S^3} ; \quad (10)$$

11) ексцес:

$$\tilde{E} = \frac{\tilde{\mu}_4}{S^4} - 3 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^4 \cdot n_i}{n \cdot S^4} - 3 . \quad (11)$$

Порядок виконання роботи

1. Провести вимірювання чисельного значення параметру за допомогою засобів вимірювання (результати занесені в таблицю 1).

2. Визначити середнє арифметичне значення параметру (за формулою 3).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{n}$$

3. Визначити максимальне та мінімальне значення параметру.

4. Визначити варіаційний розмах (інтервал в якому змінюються значення параметру) за формулою 4.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

5. Визначити число інтервалів на гістограмі за формулою Старджесса.

$$m = 1 + 3,322 \times \lg n$$

6. Визначити величину інтервалу (за формулою 2)

$$k = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m}$$

6. Визначити межі X_i та X_{i+1} кожного з під інтервалів
 $X_{i+1} = X_i + k$

7. Підрахувати частоту значень параметру в кожному інтервалі.

8. Побудувати гістограму.

9. Розрахувати статистичні характеристики: медіану, моду, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, початковий та центральний момент $k^{\text{го}}$ порядку, асиметрію, ексцес.

10. Зробити висновок про можливе теоретичне розподілення значень параметру (використати рисунки 2. – 6.).

Деякі можливі закони розподілення значень параметру (закони розподілення, які зустрічаються найчастіше).

1. Закон нормального розподілення або закон Гауса

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{X})^2}{2\sigma^2}},$$

де \bar{X} - середнє (номінальне) значення параметра якості;
 σ - дисперсія розподілення.

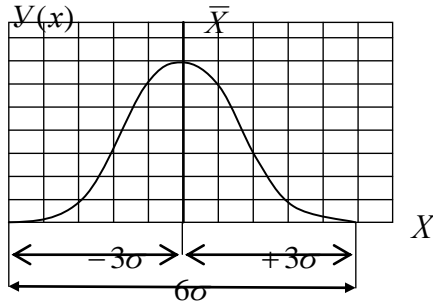


Рис. 2. - Закон нормального розподілення.

Це найбільш розповсюджений закон розподілення випадкових величин в тому випадку, коли на досягнення потрібної величини параметра якости впливає велика кількість незалежних факторів (причин), вплив яких приблизно однаковий і ні один фактор не відіграє вирішальну роль.

Закон нормального розподілення розмірів часто має місце для геометричних параметрів виробів при обробці їх на верстатах – автоматах, а також при вимірюванні універсальними засобами.

2. Закон рівної вірогідності (рис 2).

$$Y = \frac{1}{X - X_i} = const.$$

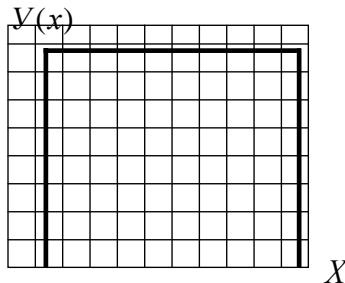


Рис. 3. – Закон рівномірного розподілення

Цей закон розподілення має місце для випадкових величин в тому випадку коли на досягнення потрібної величини параметра якости впливає декілька факторів, але один з них виграє вирішальну роль. Крім того, цей фактор рівномірно

змінюється в просторі або часі в середині деякого інтервалу, а за межами цього інтервалу його поява дорівнює 0.

Наприклад, закону рівномірного розподілення підкоряються погрішності, які виникають в результаті округлення до найближчого цілого ділення шкали при вимірах. Ці погрішності приймають значення від $a = -0,5$ до $b = +0,5$ ціни ділення вимірювального приладу.

3. Закон рівнобедреного трикутника, або закон Сімпсона.

$$Y = \begin{cases} \frac{4}{(X - X_i)^2} (X - X_i) & \text{при } X < X_i \\ \frac{4}{(X - X_i)^2} (X - X_i) & \text{при } X > X_i \end{cases}$$

Цьому закону розподілення підкоряються випадкові величини на які впливають два приблизно рівних по вагомості фактори.

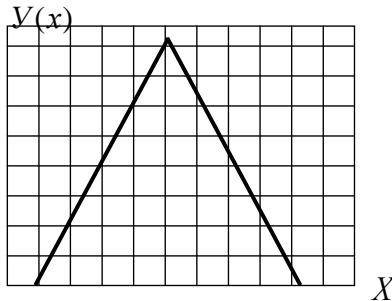


Рис. 4. - Закон рівнобедреного трикутника (Сімпсона)

4. Закон ексцентриситету або закон Максвелла.

$$Y = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{\sigma^2}},$$

де $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$.

Цьому закону розподілення підкоряються випадкові величини, які можуть мати тільки позитивні чисельні значення.

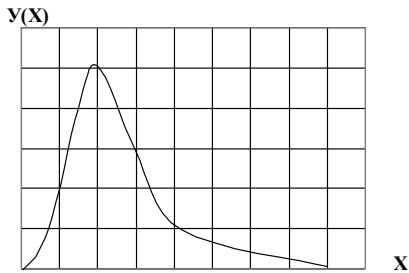


Рис. 5. - Розподілення Максвелла

Наприклад розподілення взаємного положення поверхонь виробу (ексцентриситет, відхилення осей, торцеве та радіальне биття, непаралельність або не перпендикулярність двох площин) підкоряються закону Максвелла.

5. Закон розподілення Пуассона.

$$Y = \frac{\sigma^{2x}}{X!} e^{-\sigma},$$

де $e = 2,71$.

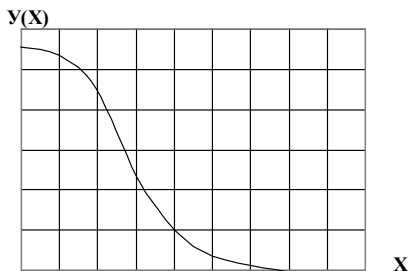


Рис. 6. - Закон розподілення Пуассона

Цьому закону розподілення підкоряються дискретні випадкові величини такі як відкази і аварії обладнання, випадки отримання травм. Крім того це розподілення моделює ситуацію коли подія може призвести тільки до двох результатів: наприклад виріб визнається або придатним і його можливо використовувати або дефектним і він бракується, та інші.

Приклад 1.

Провести аналіз даних за допомогою гістограми.

Таблиця 1.

Дані для аналізу

$X_{i-n}=(1-10)$	16,4	16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5
$X_{i-n}=(11-20)$	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6

1. Результати вимірювання чисельного значення параметру за допомогою засобів вимірювання занесені в таблицю 1.

2. Визначаємо середнє арифметичне значення параметру (за формулою 3).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{n} = \frac{329,3}{20} = 16,465$$

3. Визначаємо максимальне та мінімальне значення параметру.

$$X_{\max} = 16,8$$

$$X_{\min} = 16,2$$

4. Визначаємо варіаційний розмах (інтервал в якому змінюються значення параметру) за формулою 4.

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 16,8 - 16,2 = 0,6$$

5. Визначаємо число інтервалів на гістограмі за формулою Старджесса:

$$m = 1 + 3,322 \times \lg n = 1 + 3,322 \times \lg 20 = 5,3$$

приймаємо $m = 5$

6. Визначаю величину інтервалу (за формулою 2)

$$k = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m} = \frac{0,6}{5} = 0,12$$

6. Визначаю межі X_i та X_{i+1} кожного з під інтервалів

$$X_{i+1} = X_i + k$$

1-й інтервал	$X_i=16,2$	$X_{i+1}=16,2+0,12=16,32$
2-й інтервал	$X_i=16,32$	$X_{i+1}=16,32+0,12=16,44$
3-й інтервал	$X_i=16,44$	$X_{i+1}=16,44+0,12=16,56$
4-й інтервал	$X_i=16,56$	$X_{i+1}=16,56+0,12=16,68$
5-й інтервал	$X_i=16,68$	$X_{i+1}=16,68+0,12=16,8$

7. Підраховую частоту значень параметру в кожному інтервалі.

1-й інтервал	7
2-й інтервал	2
3-й інтервал	2
4-й інтервал	8
5-й інтервал	1

8. Будуємо гістограму (використовуємо можливості excel).

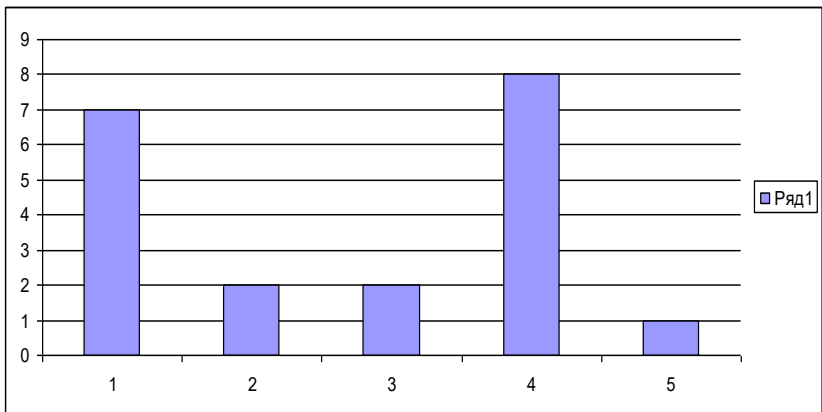


Рис. 7. – Гістограма

9. Розрахувати статистичні характеристики: медіану, моду, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт

варіації, початковий та центральний момент $k^{\text{го}}$ порядку, асиметрію, ексцес.

$$M_e=16,5$$

$$M_o=16,6$$

$$S=0,739$$

10. Зробити висновок про можливе теоретичне розподілення значень параметру (використати рисунки).

Чисельні дані не підходять ні під один з наведених законів розподілення, що може бути пов'язано з невеликим обсягом вимірів (даних).

Завдання для практичної роботи

В таблиці 2 наведено результати вимірювань чисельних значень 10 параметрів продукції ($X_1 - X_{10}$). Виконати аналіз одного параметру продукції використовуючи метод діаграм. Варіант даних обирати за останньою цифрою логіну.

Таблиця 2

Дані для практичної роботи

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
15,7	15,2	15,6	15,5	15,4	15,2	15,7	15,3	15,6	15,5
16,4	16,2	16,7	16,2	16,2	16,2	16,2	16,3	16,2	16,2
16,4	16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5
16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6
15,8	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,4
15,7	15,3	15,7	15,2	15,4	15,2	15,7	15,3	15,7	15,7
17,3	17,1	17,4	17,1	17,1	17,1	17,7	17,1	17,8	17,5
16,3	16,8	16,8	16,8	16,4	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
16,7	16,1	16,1	16,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
16,6	16	16	16	16	16	16	16	16	16
15,3	15,8	15,5	15,8	15,8	15,2	15,8	15,3	15,8	15,8
15,6	15,3	15,5	15,9	15,9	15,9	15,7	15,3	15,9	15,9
16,7	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
16,7	16,7	16,5	16,8	16,7	16,2	16,4	16,7	16,7	16,7

16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,3	16,9	16,9
15,9	15,7	15,5	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
16,2	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,6	15,2	15,8	15,2
15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,2	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
15,2	15,6	15,5	15,4	15,2	15,7	15,3	15,6	15,5	15,7	

Продовження таблиці 2

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
16,2	16,7	16,2	16,2	16,2	16,2	16,3	16,2	16,2	16,4
16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5	16,4
16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6	16,6
15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,4	15,8
15,3	15,7	15,2	15,4	15,2	15,7	15,3	15,7	15,7	15,7
17,1	17,4	17,1	17,1	17,1	17,7	17,1	17,8	17,5	17,3
16,8	16,8	16,8	16,4	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,3
16,1	16,1	16,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5	16,7
16,5	16,2	16,3	16,3	16,1	16,1	16,2	16,4	16,7	16,6
15,8	15,5	15,8	15,8	15,2	15,8	15,3	15,8	15,8	15,3
15,3	15,5	15,9	15,9	15,9	15,7	15,3	15,9	15,9	15,6
16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,7
16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
16,7	16,5	16,8	16,7	16,2	16,4	16,7	16,7	16,7	16,7
16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,3	16,9	16,9	16,9
15,7	15,5	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5	16,2
15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,6	15,2	15,8	15,2	15,2
15,4	15,4	15,4	15,4	15,2	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4

3. Часові ряди (тренди)

Теоретичні відомості

Часові ряди (тренди) представляють собою лінійні графіки (рис. 8) на яких, точки наносяться в тому порядку, в якому вони

були отримані. Їх використовують для оцінки змін певного процесу та динаміки його розвитку.

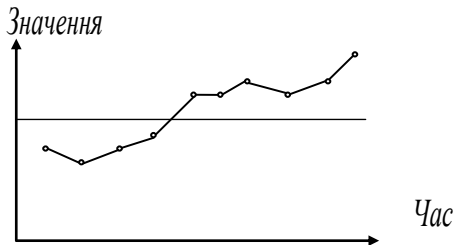


Рис. 8. - Часовий ряд.

Порядок виконання роботи

1. Провести вимірювання чисельного значення параметру за допомогою засобів вимірювання (результати занесені в таблицю 3).
2. Побудувати часовий ряд на основі даних табл.3.
3. Зробити висновки стосовно змін певного процесу та динаміки його розвитку

Приклад 2

Провести аналіз даних (табл. 3) за допомогою часового ряду.

Таблиця 3.

Дані для аналізу

X_i $n=(1-10)$	16,4	16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5
X_i $n=(11-20)$	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6

1. Результати вимірювання чисельного значення параметру за допомогою засобів вимірювання занесені в таблицю 3.
2. Будуємо часовий ряд на основі даних табл. 2.

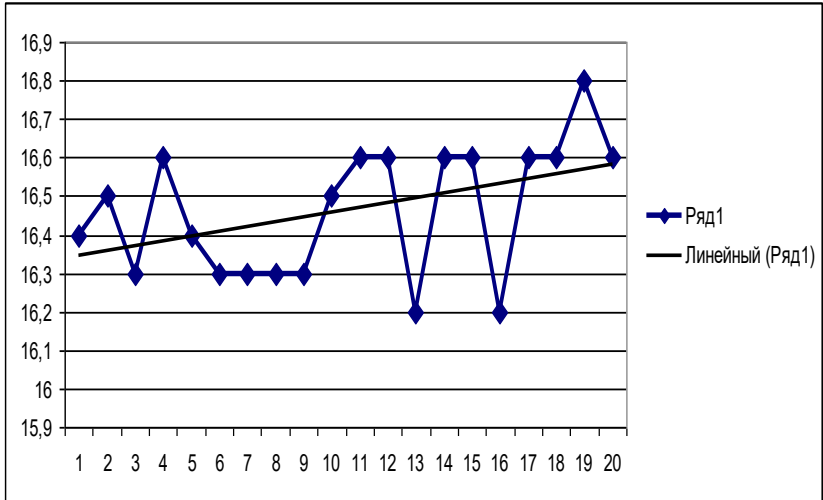


Рис. 9. - Часовий ряд

3. Зробити висновки стосовно змін певного процесу та динаміки його розвитку

Судячи з добавленої лінії тренду, можливо говорити про поступове збільшення чисельних даних.

Завдання для практичної роботи

В таблиці 4 наведено результати вимірювань чисельних значень 10 параметрів продукції ($X_1 - X_{10}$). Виконати аналіз одного параметру продукції використовуючи метод діаграм. Варіант даних обирати за останньою цифрою логіну.

Таблиця 4

Дані для лабораторної роботи

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
15,7	15,2	15,6	15,5	15,4	15,2	15,7	15,3	15,6	15,5
16,4	16,2	16,7	16,2	16,2	16,2	16,2	16,3	16,2	16,2
16,4	16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5
16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6

15,8	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,4
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Продовження таблиці 4

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
15,7	15,3	15,7	15,2	15,4	15,2	15,7	15,3	15,7	15,7
17,3	17,1	17,4	17,1	17,1	17,1	17,7	17,1	17,8	17,5
16,3	16,8	16,8	16,8	16,4	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
16,7	16,1	16,1	16,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
16,6	16	16	16	16	16	16	16	16	16
15,3	15,8	15,5	15,8	15,8	15,2	15,8	15,3	15,8	15,8
15,6	15,3	15,5	15,9	15,9	15,9	15,7	15,3	15,9	15,9
16,7	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
16,7	16,7	16,5	16,8	16,7	16,2	16,4	16,7	16,7	16,7
16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,3	16,9	16,9
15,9	15,7	15,5	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
16,2	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,6	15,2	15,8	15,2
15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,2	15,4	15,4	15,4	15,4

4. Діаграма Парето

Теоретичні відомості

Ця діаграма названа на честь італійського економіста В. Парето, що в 1897 році, аналізуючи багатства Італії, вивів формулу, яка показує, що доходи в суспільстві розподіляються нерівномірно. Ця ж теорія в 1907 році була проілюстрована на діаграмі американським економістом М. С. Лоренцом. Обое вчених показали, що в більшості випадків найбільша частка доходів (80%) належить невеликому числу людей (20%). Доктор Д. М. Джуран використовував цей постулат для класифікації проблем якості на нечисленні істотно важливі і численні несуттєві й назвав цей метод аналізом Парето. Відповідно до цього методу в більшості випадків найбільша кількість дефектів і пов'язаних з ними матеріальних втрат виникає через відносно невелике число причин. Таким чином, з'ясувавши причини

появи основних дефектів, можна усунути майже всі втрати, зосередивши зусилля на ліквідації саме цих причин. Аналіз Парето - це інструмент, що дозволяє об'єктивно показати й виявити основні фактори, що впливають на досліджувану проблему та розподілити зусилля для її вирішення.

Аналіз Парето застосовується як для виявлення проблем або гострих питань, так і для аналізу причин, що викликають ці проблеми. Тому розрізняють два види діаграм Парето: за результатами діяльності та через причину.

Аналіз Парето за результатами діяльності призначений для виявлення основної проблеми, що викликає такі небажані результати діяльності в різних напрямках:

- якість – невідповідності, помилки, рекламациї, ремонт, повернення продукції;
- собівартість – обсяг втрат, витрати;
- терміни поставок – недостача запасів, помилки в складанні рахунків, зриви термінів поставок;
- безпека – нещасні випадки, аварії.

Аналіз Парето через причину показує причини проблем, що виникають у виробництві, і використовується для виявлення головної з них:

- виконавець роботи – зміна, бригада, вік, досвід роботи, кваліфікація;
- устаткування – верстати, оснащення, інструменти, штампи й т. д.;
- сировина – виробник, вид сировини, партія;
- метод роботи – умови виробництва, прийоми роботи, послідовність операцій;
- виміри – точність, відтворюваність, стабільність, тип вимірювального приладу.

Аналіз Парето, включає такі етапи:

1. Визначення мети. Вона повинна бути сформульована точно й чітко. Має бути встановлений метод та період збору і класифікації даних.

2. Організація й проведення спостережень. Потрібно розробити контрольний листок для реєстрації даних з переліком видів інформації, що збирається.

3. Аналіз результатів спостережень, виявлення найбільш значимих факторів. Необхідно розробити бланк таблиці для даних, передбачивши в ньому графи для підсумків з кожної перевіреної ознаки окремо, накопиченої суми числа дефектів, відсотків за загальним підсумком й накопиченими відсотками. При цьому необхідно розташувати дані, отримані з кожного фактора, у порядку значимості й заповнити таблицю. Групу «Інші» завжди записують в останній рядок.

4. Побудова діаграми, що наочно показує відносну значимість кожного із факторів. Побудуйте стовпчиковий графік, де кожному виду браку відповідає прямокутник, вертикальний рядок якого відповідає значенню суми втрат від цього виду браку (основи всіх прямокутників рівні).

5. Побудова графіка Парето. Накресліть кумулятивну криву, з'єднуючи праві кінці кожного інтервалу між собою відрізками.

При побудові діаграм Парето необхідно звертати увагу на такі моменти:

- діаграма Парето виявляється найбільш ефективною, якщо число факторів, розташовуваних по осі абсцис, становить 7-10;

- при обробці даних необхідно проводити їх розшарування по окремих факторах, які повинні бути добре відомі: час збору даних, тип виробів, партія сировини матеріалів або комплектуючих, процес, керівник, клієнт, верстат, оператор і т. д.;

- при побудові діаграми Парето для конкретного числа випадків (відсотка) у випадку можливості підрахунку суми витрат варто відображати на діаграмі також і суму витрат (втрат);

- у тому випадку, коли всі стовпці на діаграмі Парето виявляються однієї висоти, тобто різниці у внеску окремих факторів у появі браку немає, то рівномірність розподілу внеску факторів у появі браку може бути обумовлена неправильним підходом до розшарування, тому в таких випадках при розшаруванні варто перевірити дані або зібрати нові;

- у випадку, коли фактор "Інші" виявляється занадто великим у порівнянні з іншими факторами, варто повторити

аналіз змісту фактора "Інші", а також знову проаналізувати всі фактори;

- якщо фактор, який стоїть першим, технічно важкий для аналізу, варто почати з аналізу наступного за ним;

- якщо виявляється фактор відносно якого легко провести поліпшення, то його варто проводити, не звертаючи уваги на його місце в порядку розташування факторів у діаграмі;

- при систематичному щомісячному складанні діаграм Парето для одного і того ж самого процесу й порівняння цих діаграм у деяких випадках, незважаючи на відсутність помітних змін загальної кількості браку, змінюють порядок розташування факторів, що впливає на появу браку. При порушенні стабільності процесу в цьому випадку нестабільність буде відразу помічена. Якщо вдасться зменшити вплив цих факторів однаковою мірою, проявиться висока ефективність поліпшення.

Після проведення вироблених на основі аналізу даних заходів звичайно проводиться повторний аналіз з метою оцінки ефективності вжитих заходів. При цьому повторюється вся процедура побудови діаграми Парето, і нові результати порівнюються з даними, отриманими раніше.

Під час використання діаграми Парето найпоширенішим методом аналізу є так званий АВС-аналіз. Тут фактори, за якими проводиться аналіз, об'єднуються в три групи А, В, С:

- на групу А припадає 70 – 80% всіх дефектів або витрат, якщо проводиться вартісний аналіз;

- на групу С – 5 – 10%;

- проміжна група В характеризується 10 - 25% витрат, які пов'язані з помилками й дефектами в роботі.

Очевидно, що в першу чергу необхідно жорстко контролювати появу дефектів, які відносяться до групи А. Необхідно піддати ретельному аналізу дані різновиди дефектів, щоб визначити причини їх появи.

Діаграму Парето доцільно застосовувати разом із причинно-наслідковою діаграмою Ісікави. Після проведення коригувальних заходів діаграму Парето можливо знову побудувати для умов, що змінилися в результаті корекції, і перевірити ефективність проведення змін.

В основі будь-якого заходу повинна лежати достовірна інформація. Саме таку інформацію дозволяє одержати діаграма Парето.

Завдання для практичної роботи

Із загальної кількості деталей, виготовлених виробничою ділянкою в поточному місяці, 200 деталей мають дефекти. Після проведеної класифікації за групами дефектів одержали дані, подані в таблиці 5.

Дослідження причин появи бракованих деталей по кожній групі дало результати, подані в таблиці 5.

Відповідно до номера вашого варіанту, на основі наведених даних, поданих у таблицях 5 і 6 побудувати діаграму Парето по групам і причинам дефектів. Провести аналіз причин появи браку. Варіант даних обирати за останньою цифрою логіну.

Таблиця 5

Число дефектних деталей (шт.)

Варіант	Види дефектів					
	Відхилення в розмірах	Раковини	Подряпини	Тріщини	Вигин	Інші
1	48	30	46	40	30	6
2	60	30	46	20	30	14
3	80	36	40	14	16	14
4	65	40	38	35	14	8
5	50	35	55	38	10	12
6	80	46	16	30	12	16
7	40	30	70	18	32	10
8	45	35	46	25	35	14
9	70	36	50	14	12	18
10	50	55	35	38	8	14

Таблиця 6

Число дефектних деталей

Варіант	Причини дефектів					
	Спосіб установки	Недотримання режимів обробки	Стан оснащення	Форма заготовок	Стан устаткування	Інші

1	62	78	17	15	12	16
2	50	72	22	17	25	14
3	42	68	45	15	14	16
4	70	62	12	17	25	14
5	20	62	32	37	35	14
6	30	42	42	27	49	10
8	68	42	45	14	12	19
9	60	52	22	27	35	4
10	72	50	52	7	15	4

Приклад

Із загальної кількості деталей, виготовлених виробничою ділянкою в поточному місяці, 196 деталей мають дефекти. Після проведеної класифікації за групами дефектів та причинами появи бракованих деталей по кожній групі одержали дані, подані в таблиці 7. Провести аналіз причин появи браку.

Таблиця 7

Вихідні дані

Види дефектів					
Відхилення в розмірах	Подряпини	Раковини	Тріщини	Вигин	Інші
109	32	21	11	9	14
Причини дефектів					
Помилки установки	Стан оснащення	Режими обробки	Форма заготовки	Стан устаткування	Інші
96	35	28	15	10	12

Аналіз Парето застосовується як для виявлення проблем або гострих питань, так і для аналізу причин, що викликають ці проблеми. Тому розрізняють два види діаграм Парето: за результатами діяльності та через причину.

Діаграма Парето за результатами діяльності призначена для виявлення основної проблеми, що викликає небажані результати діяльності.

Діаграма Парето через причину показує причини проблем, що виникають у виробництві, і використовується для виявлення головної з них.

Під час використання діаграми Парето найпоширенішим методом аналізу є так званий ABC-аналіз. Тут фактори, за якими проводиться аналіз, об'єднуються в три групи А, В, С:

- на групу А припадає 70 - 80% всіх дефектів або витрат, якщо проводиться вартісний аналіз;
- на групу С 5 - 10%;
- проміжна група В характеризується 10 - 25% витрат, які пов'язані з помилками й дефектами в роботі.

Очевидно, що в першу чергу необхідно жорстко контролювати появу дефектів, які відносяться до групи А.

1) Будуємо діаграму кількості дефектів за видами (рис. 10)

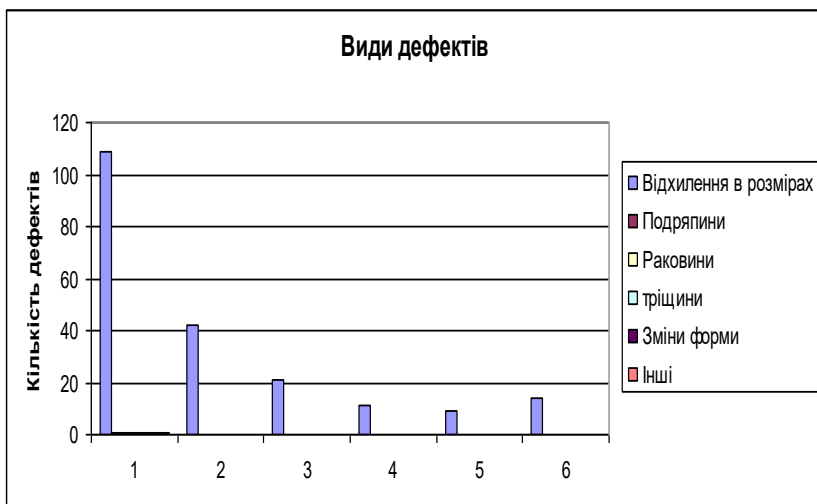


Рис. 10 – Кількість дефектів за видами

З наведеної гістограми можливо зробити висновок, що основним дефектом під час виготовлення є відхилення розмірів готових виробів.

1) Будуємо діаграму кількості дефектів спричинених певними чинниками (рис. 11)



Рис. 11 – Кількість дефектів спричинених певними чинниками

З наведеної гістограми можливо зробити висновок, що основним чинником дефектів під час виготовлення є помилки установки заготовки.

Вважатимемо, що дефекти спричиняють втрати однакової тяжкості, тобто їх вага однакова. Тоді кількість дефектів кожного виду спричинена певним чинником розраховуватиметься за виразом

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times m_i,$$

де N_i – кількість дефектів спричинених i -ним чинником;

N – загальна кількість дефектів;

m_i – кількість дефектів певного виду.

Кількість дефектів кожного виду спричинена окремими чинниками подана в таблиці 8.

З даних таблиці 8 випливає, що 81,12 % браку ($\frac{96+35+28}{196} \times 100\% = 81,12\%$) спричиняють три причини: помилки установлення деталей, недотримання режимів обробки та стан оснащення. Таким чином, для підвищення якості

продукції, що випускатиметься, основну увагу слід звернути на ці фактори.

Таблиця 8

Результат аналізу причин виникнення дефектів певних видів

Причини/ Дефекти	Відхилення в розмірах	Раковини	Подряп ини	Тріщини	Вигин	Інші	Сума дефектів через причини
Помилки установки	53,39	15,67	10,29	5,39	4,41	6,86	96
Стан оснащення	19,46	5,71	3,75	1,96	1,61	2,50	35
Режими обробки	15,57	4,57	3,00	1,57	1,29	2,00	28
Форма заготовки	8,34	2,45	1,61	0,84	0,69	1,07	15
Стан устаткування	5,56	1,63	1,07	0,56	0,46	0,71	10
Інші	6,67	1,96	1,29	0,67	0,55	0,86	12
Сума дефектів за видами	109	32	21	11	9	14	196

5. Контрольні карти

Контрольна карта - це графічний засіб, що використовує статистичні підходи, важливість яких для управління виробничими процесами була вперше показана доктором В. Шухартом в 1924 році. Спочатку вони використовувалися тільки для реєстрації результатів вимірювань необхідних властивостей продукції. Вихід параметра за межі поля допуску свідчив про необхідність зупинки виробництва і проведенні коригування процесу відповідно до знань фахівця, керуючого виробництвом.

В. Шухарт вважав, що контрольні карти повинні відповідати трьом головним вимогам.

1. Визначити необхідний рівень або номінал процесу, на досягнення якого повинен бути націлений персонал підприємства.

2. Використовуватися як допоміжний засіб для досягнення цього номіналу.

3. Служити як основа для визначення відповідності номіналу й допускам.

Таким чином, принципи побудови контрольних карт В. Шухарта охоплюють коло понять, пов'язаних зі стабілізацією виробничого процесу, його продуктивністю й оцінкою якості, а реалізація цих принципів сприяє взаємозв'язку різних напрямків господарської діяльності.

Теорія контрольних карт розрізняє два види мінливості.

Перший вид - мінливість через «випадкові (звичайні) причини», обумовлена незліченим набором найрізноманітніших причин, присутніх постійно, які нелегко або практично неможливо виявити. Кожна з таких причин становить дуже малу частку загальної мінливості, і жодна з них не значима сама по собі. Проте суму всіх цих причин можливо виміряти і передбачається, що вона внутрішньо властива процесу (враховується допуском на розсіювання параметра готового продукту). Виняток або зменшення впливу звичайних причин вимагає управлінських рішень і виділення ресурсів на поліпшення процесу і системи виробництва.

Другий вид - реальні зміни в процесі. Вони можуть бути наслідком деяких цілком визначених причин, які не властиві процесу внутрішньо і можуть бути усунені, принаймні, теоретично. Ці причини виявляються і розглядаються як «невипадкові» чи «особливі» причини змін процесу. До них можуть бути віднесені: поломка інструменту, недостатня однорідність матеріалу, похибки виробничого або контрольного обладнання, недостатня кваліфікація персоналу, невиконання процедур і т. д.

Мета контрольних карт - виявити неприродні зміни в даних ряду повторюваних процесів і дати критерії для виявлення відсутності статистичної керованості. Вважається, що

процес знаходиться в статистично керованому стані, якщо мінливість викликана тільки випадковими причинами. При визначенні цього прийняттого рівня мінливості будь-яке відхилення від нього вважають результатом дії особливих причин, які слід виявити, виключити або послабити.

Завдання статистичного управління процесами - забезпечення і підтримання процесів на прийнятному і стабільному рівні, гарантуючи відповідність продукції і послуг встановленим вимогам. Головний статистичний інструмент, який використовується для цього, - контрольна карта - графічний спосіб представлення і зіставлення інформації, заснованої на послідовності вибірок, що відображають поточний стан процесу, з межами, встановленими на основі внутрішньо властивою процесу мінливістю. Метод контрольних карт допомагає визначити, чи дійсно процес досяг статистично керованого стану на правильно заданому рівні або залишається в цьому стані, а потім підтримувати управління і високу ступінь однорідності найважливіших характеристик продукції або послуги за допомогою безперервного запису інформації про якість продукції в процесі виробництва. Використання контрольних карт і їх ретельний аналіз ведуть для кращого розуміння і вдосконалення технологічних процесів.

Залежно від виду даних і методів їх статистичної обробки виділяють різні типи контрольних карт, основні з яких подані на рисунку 1.

5.1. Контрольні карти Шухарта

Карта Шухарта вимагає даних, які отримують вибірково з процесу через приблизно рівні інтервали. Інтервали можуть бути задані або за часом (наприклад щогодини), або за кількістю продукції (кожна партія). Карта Шухарта - це графік значень певних характеристик підгруп в залежності від їх номерів. Вона має центральну лінію (CL), що відповідає еталонному значенню характеристики. При оцінці того, чи перебуває процес в статистично керованому стані, еталонним зазвичай служить середнє арифметичне розглянутих даних. Карта Шухарта має

дві статистичні контрольні межові лінії розташовані по обидва боки відносно центральної лінії (CL), які називаються верхньою контрольною межею (UCL) і нижньою контрольною межею (LCL).

Контрольні лінії на карті Шухарта знаходяться на відстані 3σ від центральної лінії, де σ - генеральне стандартне відхилення (встановлений стандартом допуск (дисперсія)).

Межі $\pm 3\sigma$ вказують, що близько 99,7% значень характеристики підгруп потраплять в ці межі за умови, що процес знаходиться в статистично керованому стані. Іншими словами, є ризик, що дорівнює 0,3%, що нанесена точка опиниться поза контрольних меж (при стабільному процесі).

Якщо процес статистично керований, контрольні карти реалізують метод безперервної статистичної перевірки нульової гіпотези про те, що процес не змінився і залишається стабільним.

Коли значення параметру виходить за будь-яку з контрольних меж або серія значень проявляє незвичайні структури, стан статистичної керованості піддається сумніву. В цьому випадку потрібно досліджувати і виявити невідповідні (особливі) причини, а процес можна зупинити або скоректувати. Для виявлення причини відхилення досліджують вплив якості вихідного матеріалу або деталей, методів, операцій, умов проведення технологічних операцій, обладнання. Як тільки особливі причини знайдені і вилучені, процес знову готовий до продовження роботи [1].

У виробничій практиці застосовуються такі види контрольних карт:

1. карта середніх арифметичних і розмахів: X-R застосовується в разі контролю за кількісною ознакою, таких показників якості як довжина, маса, міцність на розрив і ін.

2. карта індивідуальних значень: X- карта застосовується в разі необхідності швидкого виявлення непомічених факторів або в разі, коли за один день або за тиждень було вироблено тільки одне спостереження.

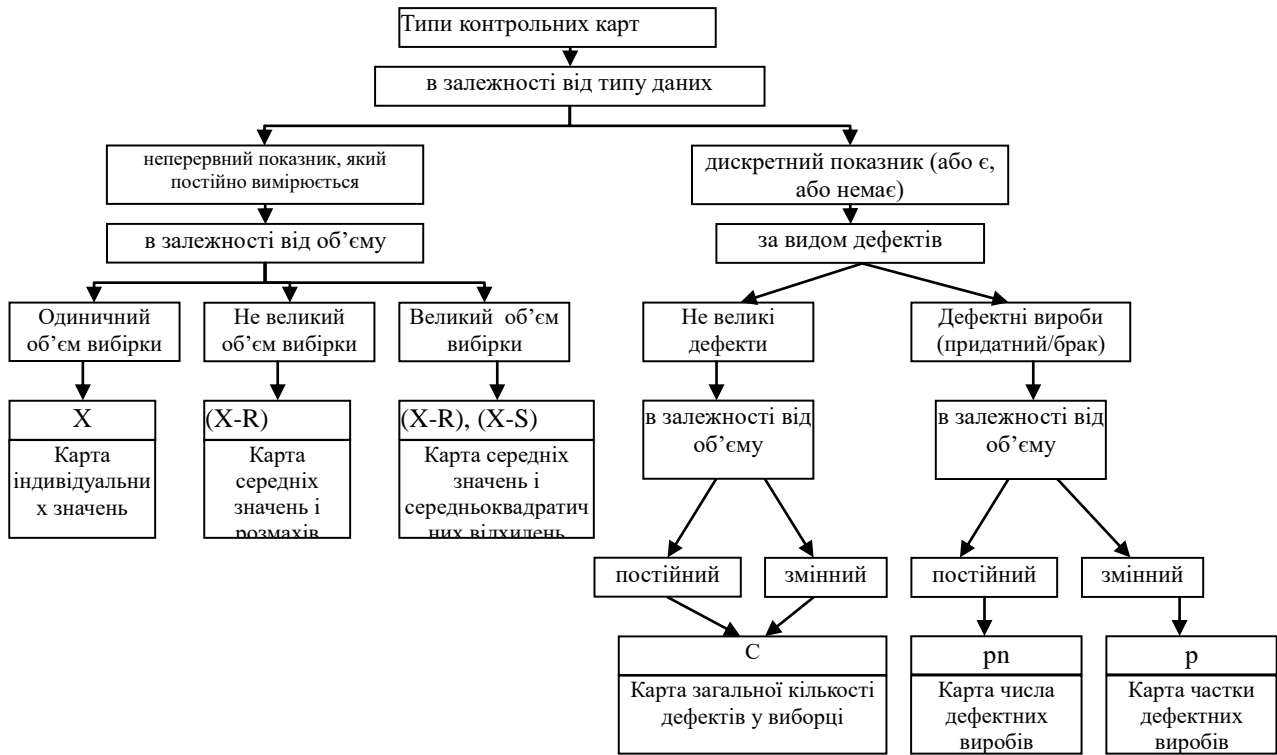


Рис. 12 – Основні типи контрольних карт Шухарта

3. карта частки дефектної продукції: *p*-карта - застосовується в разі контролю за визначенням частки дефектних виробів.

4. карта числа дефектних одиниць продукції: *np*-карта - застосовується в разі контролю за визначенням числа дефектних виробів.

5. карта числа дефектів: *c*-карта застосовується в разі, коли контроль якості здійснюється шляхом визначення сумарної кількості дефектів в заздалегідь встановленому постійному об'ємі виробів, які перевіряються.

6. карта числа дефектів на одиницю продукції: *u*-карта - застосовується у разі контролю якості за кількістю дефектів на одиницю продукції, коли площа, довжина або інший параметр зразка продукції не є постійною величиною.

Дані, які представлені в контрольній карті, застосовуються для побудови гістограм, графіки одержувані на контрольних картах порівнюються з контрольними нормативами. Все це дозволяє отримувати цінну інформацію для вирішення виниклих проблем [1].

При побудові контрольних карт Шухарта можливі дві ситуації:

1. Стандартні значення показників задані, тобто є значення математичного очікування і дисперсії генеральної сукупності. Це зазвичай стандартне значення показника і допустиме відхилення, які задаються в нормативній документації.

2. Стандартні значення не задані. В такому випадку використовують значення середнього арифметичного і середнього квадратичного відхилення.

1) Контрольні карти Шухарта, для яких стандартні значення задані.

На основі вихідних даних будуємо *X*-карту. Для її побудови необхідно розрахувати центральну лінію (*CL*) - відповідає еталонному значенню характеристики, а також верхню (*UCL*) і нижню (*LCL*) контрольні лінії контрольної карти середніх значень (*X*-карти), які розраховуються наступним чином:

$$CL = \mu,$$

$$UCL = \mu + 3\sigma,$$

$$LCL = \mu - 3\sigma,$$

де μ – еталонне значення характеристики (математичне очікування);

σ – встановлений стандартом допуск (дисперсія).

Потім будуємо **R**-карту. Для її побудови необхідно розрахувати ковзаючі розмахи - це абсолютне значення різниці вимірів в послідовних парах. Центральна лінія (CL), верхня (UCL) і нижня (LCL) контрольні лінії контрольної карти розмахів (**R**-карти), розраховуються наступним чином:

$$CL = d_2 \times \sigma,$$

$$UCL = D_1 \times \sigma,$$

$$LCL = D_2 \times \sigma,$$

де σ – встановлений стандартом допуск (дисперсія); d_2 , D_1 , і D_2 – коефіцієнти для розрахунку ліній контрольних карт (таблиця 10).

Величина зменшеного допуску розраховується як:

$$\sigma_1 = R_{CP} \times d_2$$

де R_{CP} – величина середнього ковзаючого розмаху.

2) Контрольні карти Шухарта, для яких стандартні значення не задані.

На основі вихідних даних будуємо **X**-карту.

При невідомих значеннях математичного очікування і дисперсії генеральної сукупності центральна лінія, а також верхня та нижня контрольна границі контрольної карти середніх значень (**X**-карти) розраховуються наступним чином:

$$CL = X_{CP},$$

$$UCL = X_{CP} + E_2 \times R_{CCP},$$

$$LCL = X_{CP} - E_2 \times R_{CCP},$$

де X_{CP} – середнє значення показника за весь досліджуваний період;

R_{CCP} - середнє значення ковзаючих розмахів;

E_2 - коефіцієнт, для обчислення ліній контрольних карт (визначається з таблиці 4).

Потім будуємо **R**-карту. Для її побудови необхідно розрахувати ковзаючі розмахи - це абсолютне значення різниці вимірів в послідовних парах.

Центральна лінія, а також верхня та нижня контрольна границі контрольної карти розмахів (**R**-карти) розраховуються наступним чином:

$$CL = R_{CCP},$$

$$UCL = D_4 \times R_{CCP},$$

$$LCL = D_3 \times R_{CCP},$$

де R_{CCP} – середнє значення ковзаючих розмахів;

D_3, D_4 - коефіцієнти, для обчислення ліній контрольних карт (визначаються з таблиці 11).

Крім регулювання технологічних процесів, контрольні карти можуть також використовуватися і для інших цілей. Найбільшого поширення набули контрольні карти середнього значення \bar{X} і контрольні карти розмаху R , які використовуються спільно або роздільно [2].

Контрольні карти Шухарта бувають двох основних типів: для кількісних і альтернативних даних (для кожної контрольної карти зустрічаються дві ситуації: стандартні значення не задані; стандартні значення задані).

Типи контрольних карт для кількісних і якісних ознак.

У стандарті розглянуті наступні контрольні карти:

а) контрольні карти для кількісних даних:

- Картки середнього (\bar{X}) і розмахів (R) або вибіркового стандартного відхилення (S);

- Карта індивідуальних значень (X) і ковзають розмахів (R);

- Карта медіан (Me) і розмахів (R);

б) Контрольні карти для альтернативних даних:

- Карта частки невідповідних одиниць продукції (p) або карта числа невідповідних одиниць (np);

- Карта числа невідповідностей (c) або карта числа невідповідностей, що припадають на одиницю продукції (u) [1].

Кількісні дані представляють собою спостереження, отримані за допомогою вимірювання і запису значень деякої характеристики для кожної одиниці, що розглядається в підгрупі, наприклад довжина в метрах, опір в Омах, шум у децибелах і т.д. Карти для кількісних даних, і особливо найпростіші з них (**X**- і **R**-карти), - це класичні контрольні карти, що застосовуються для управління процесами.

Контрольні карти для кількісних даних мають наступні переваги:

- Більшість процесів і їх продукція на виході мають характеристики, які можуть бути виміряні, так що сфера застосування таких карт потенційно широка;
- Виміряне значення містить більше інформації, ніж просте твердження «так-ні»;
- Характеристики процесу можуть бути проаналізовані незалежно від встановлених вимог. Карти запускаються разом з процесом і дають незалежну картину того, на що процес здатний. Після цього характеристики процесу можна порівняти на відповідність до встановлених вимог;
- Хоча отримання кількісних даних дорожче, ніж альтернативних, обсяги підгруп для кількісних даних майже завжди набагато менше і при цьому їх використання набагато ефективніше, це дозволяє знизити загальну вартість контролю і зменшити часовий розрив між виробництвом продукції та корегуючим впливом [1].

5.2. Контрольні карти Шухарта для кількісних даних

Карти середніх (\bar{X}) і розмахів (R) або вибіркових стандартних відхилень (S)

Карти для кількісних даних відображають стан процесу через розкид (мінливість від одиниці до одиниці) і через розташування центру (середнє процесу). Тому контрольні карти для кількісних даних майже завжди застосовують і аналізують парами - одна карта для розташування і одна - для розкиду. Найбільш часто використовують пару **X**- і **R**-карту. У таблицях 9 і 10 наведені формули контрольних меж і коефіцієнти для відповідних карт.

Таблиця 9

Формули для контрольних меж карт Шухарта з використанням кількісних даних

Статистика	Стандартні значення не задані		Стандартні значення задані	
	CL	UCL і LCL	CL	UCL і LCL
\bar{X}	\bar{X}	$\bar{X} \pm A_1 * R_2$ $\bar{X} \pm A_1 * S_3$	\bar{X}_0	$\bar{X}_0 \pm A_1 * \sigma$
R	R	$D_3 * R$ $D_4 * R$	R_0 або $d_2 * \sigma$	$D_1 * \sigma$ $D_2 * \sigma$
S	S	$B_3 * S$ $B_4 * S$	S_0 або $C_4 * \sigma$	$B_5 * \sigma$ $B_6 * \sigma$

Примітка: \bar{X}_0, R_0, S_0 - стандартні значення, \bar{X}, R, S - середні арифметичні

Таблиця 10

Коефіцієнти для розрахунку ліній контрольних карт

Число спостережень	Коефіцієнти для розрахунку UCL і LCL											Для розрахунку CL	
	A_1	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	d_2
2	2,12	1,88	2,66	0,00	3,27	0,00	2,61	0,00	3,69	0,00	3,27	0,80	1,13
3	1,73	1,02	1,95	0,00	2,57	0,00	2,28	0,00	4,36	0,00	2,57	0,89	1,69
4	1,5	0,73	1,63	0,00	2,27	0,00	2,09	0,00	4,70	0,00	2,28	0,92	2,06
5	1,34	0,58	1,43	0,00	2,09	0,00	1,96	0,00	4,92	0,00	2,11	0,94	2,33
6	1,22	0,48	1,29	0,03	1,97	0,03	1,87	0,00	5,08	0,00	2,00	0,95	2,53
7	1,13	0,42	1,18	0,12	1,88	0,11	1,81	0,20	5,20	0,08	1,92	0,96	2,70
8	1,06	0,37	1,10	0,19	1,82	0,18	1,75	0,39	5,31	0,14	1,86	0,97	2,85
9	1,00	0,34	1,03	0,24	1,76	0,23	1,71	0,55	5,39	0,18	1,82	0,97	2,97
10	0,95	0,31	0,98	0,28	1,72	0,28	1,67	0,69	5,47	0,22	1,78	0,97	3,08

Контрольні карти індивідуальних значень

У деяких ситуаціях для управління процесами неможливо або непрактично мати справу з раціональними підгрупами. Час або вартість, необхідні для вимірювання при одиночному спостереженні, настільки великі, що проведення повторних спостережень навіть не розглядають. Це зазвичай відбувається,

коли вимірювання дороги (наприклад при руйнівному контролі) або вихід продукції весь час відносно однорідний. В інших ситуаціях не можна отримати більше одного значення, наприклад показання приладу або значення характеристики партії вихідних матеріалів, тому доводиться управляти процесом на основі індивідуальних значень.

При використанні карт індивідуальних значень раціональні підгрупи для забезпечення оцінки мінливості всередині партії не застосовують і контрольні межі розраховують на основі міри варіації, отриманої по змінному розмаху зазвичай двох спостережень. Змінний розмах - це абсолютне значення різниці вимірів в послідовних парах, тобто різниця першого і другого вимірів, потім другого і третього і т.д. На основі ковзаючих розмахів обчислюють середній ковзаючий розмах R , який використовують для побудови контрольних карт. Також за всіма даними обчислюють загальну середню X_{CP} .

В таблицях 11 и 12 наведені формули розрахунку контрольних меж для карт індивідуальних значень (стандартні значення не задані і задані).

Таблиця 11

Формули розрахунку контрольних меж для карт індивідуальних значень (стандартні значення не задані і задані)

Статистика	Центральна лінія	UCL і LCL
Індивідуальне значення	X_{CP}	$X_{CP} \pm E_2 \times R_{CP}$
Ковзаючий розмах	R	$D_4 \times R$, $D_3 \times R_{CP}$
Примітка: 1. R_{CP} позначає середнє змінного розмаху з двох спостережень ($n = 2$). 2. значення коефіцієнтів d_2 , D_3 , D_4 , і побічно $E_2 = 3 / d_2$ можна отримати з таблиці при $n = 2$., Отже вони дорівнюють: $d_2=1,128$, $D_3=0$, $D_4=3,267$.		

Таблиця 12

Формули розрахунку контрольних меж для карт
індивідуальних значень (стандартні значення не задані і
задані)

Статистика	Центральна лінія	UCL і LCL
Індивідуальне значення	X_0	$X_0 \pm 3\sigma$
Ковзаючий розмах	R_0 або $d_2 \times \sigma$	$D_2 \times \sigma$, $D_1 \times \sigma$
Примітка: 1. X_0 , R_0 і σ позначають стандартні значення 2. значення коефіцієнтів d_2 , D_1 , D_2 , можна отримати з таблиці при $n=2$		

При використанні карт індивідуальних значень необхідно враховувати наступне:

- карти індивідуальних значень не настільки чутливі до змін процесу, як X - і R - карти;
- при інтерпретації карт індивідуальних значень слід проявляти обережність, якщо розподіл процесу не є нормальним;
- карти індивідуальних значень не оцінюють повторюваність процесу від виробу до виробу, і тому в деяких випадках краще використовувати звичайні X - і R - карти з малими обсягами вибірових підгруп (від 2 до 4), навіть якщо це призведе до збільшення інтервалу між підгрупами.

X - карта показує, де знаходиться середнє процесу і яка його стабільність. Та ж карта виявляє небажані варіації між підгрупами і варіації відносно свого середнього. R - карта виявляє будь-яку небажану варіацію всередині підгруп і служить індикатором мінливості досліджуваного процесу, це міра спроможності і однорідності процесу [1].

Контрольні карти медіан (Me)

Кarti медіан - альтернатива X - і R - карт для управління процесом з вимірюваними даними. Вони забезпечують аналогічні висновки і мають певні переваги. Такі карти прості в застосуванні і не вимагають великих обчислень. Це може полегшити їх впровадження у виробництво.

Оскільки на карті наносять значення медіан поряд з індивідуальними значеннями, карта медіан дає розкид результатів процесу і детальну картину варіацій.

Контрольні межі для карт медіан обчислюють двома способами: за допомогою розрахунку медіан від медіан підгруп і середніх розмахів.

Останній спосіб простіше і зручніше.

Карта медіан

Центральна лінія дорівнює Me (середньому від медіан підгруп).

Верхня контрольна межа: $UCL_{Me} = Me + A_4 * R$

Нижня контрольна межа: $LCL_{Me} = Me - A_4 * R$

Коефіцієнт A_4 приведено в таблиці 13.

Таблиця 13

Значення коефіцієнту A_4 для карти медіан

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_4	1,88	1,19	0,80	0,69	0,55	0,51	0,43	0,41	0,36

Слід зазначити, що карта медіан з межами 3σ більш повільно реагує на вихід процесу зі стану статистичної керованості, ніж \bar{X} -карта.

Карта розмахів

Центральна лінія дорівнює R (середньому розмахів для всіх підгруп).

Верхня контрольна межа: $UCL_R = D_4 * R$

Нижня контрольна межа: $LCL_R = D_3 * R$

Перевірка структур на особливі причини

Для інтерпретації ходу процесу по картах Шухарта існує набір з восьми додаткових критеріїв, який схематично показаний на рис. 13 – 20.

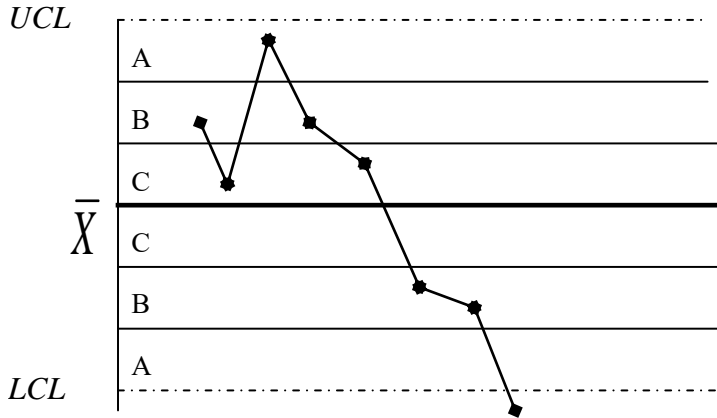


Рис. 13. Критерій 1^й – одна точка поза зоною А

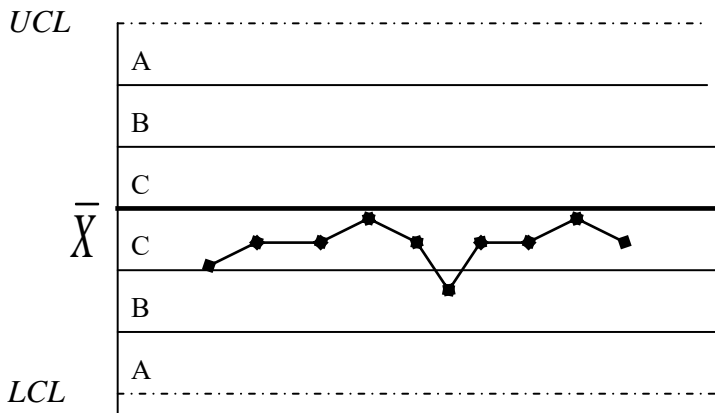


Рис. 14. Критерій 2 – дев'ять точок підряд в зоні С або по один бік від центральної лінії

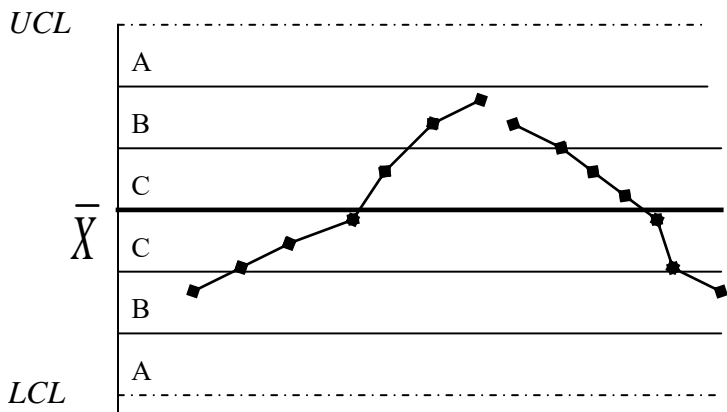


Рис. 15. Критерій 3 – шість точок розташованих підряд, величини яких зростають або зменшуються

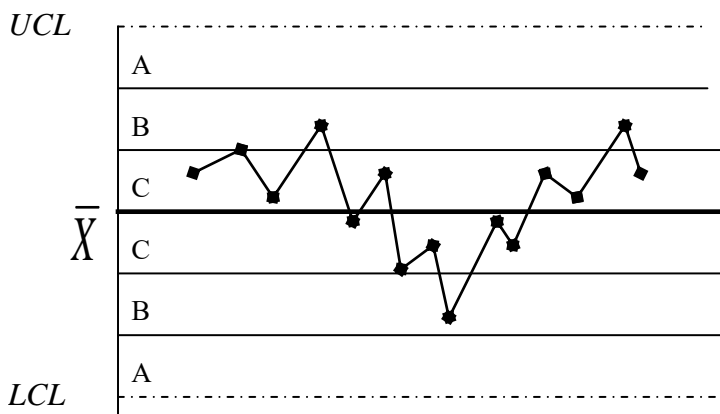


Рис. 16. Критерій 4 – чотирнадцять точок, величини яких поперемінно зростають та зменшуються

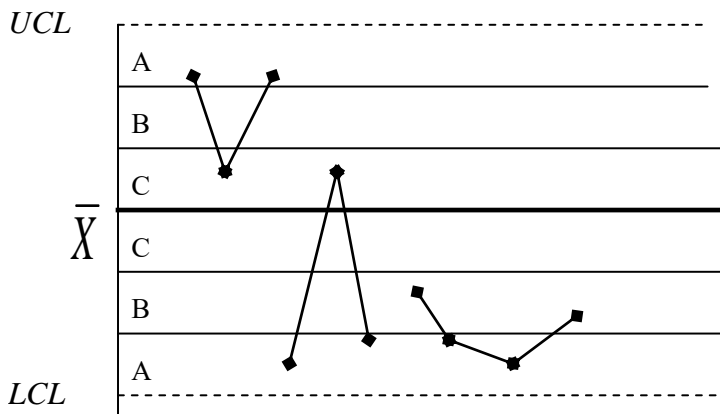


Рис. 17. Критерій 5 – дві з трьох точок, розташованих послідовно знаходяться в зоні А

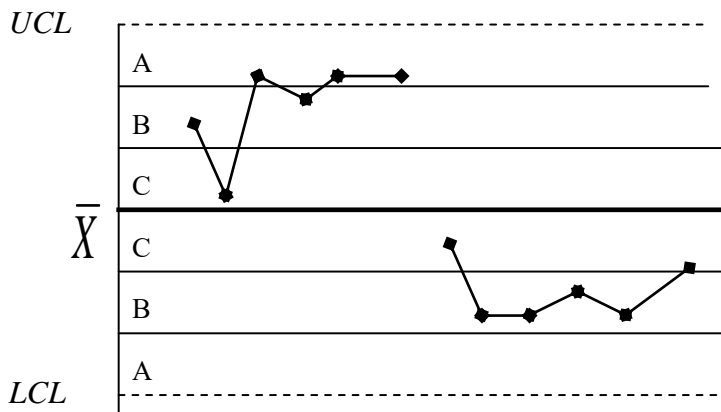


Рис. 18. Критерій 6 –чотири з п'яти послідовних точок в зоні В або поза неї

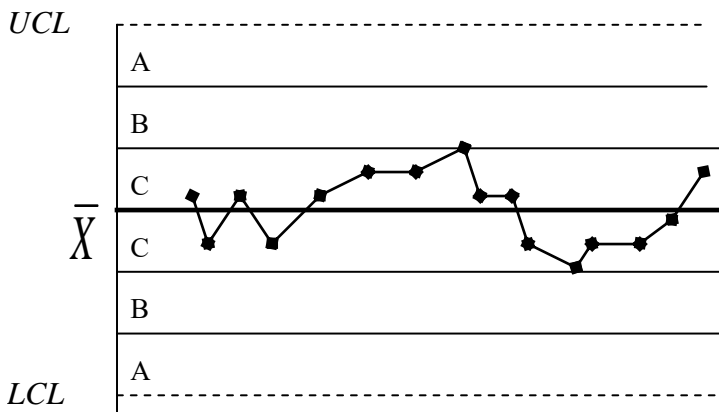


Рис. 19. Критерій 7 – п'ятнадцять послідовних точок в зоні С вище і нижче центральної лінії

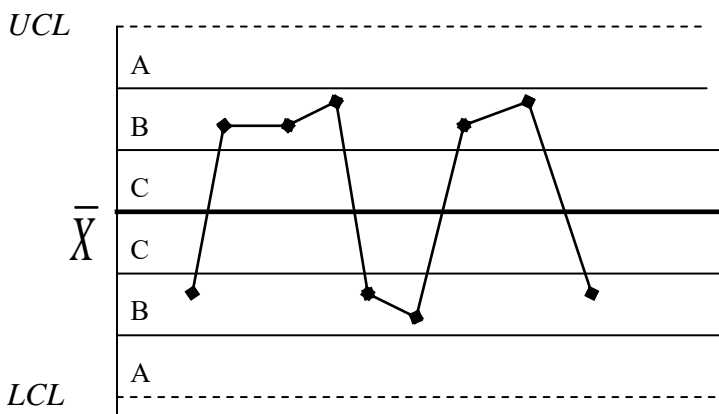


Рис. 20. Критерій 8 – вісім послідовних точок по обом сторонам від центральної лінії і ні одної в зоні С

Цей набір критеріїв можна прийняти за основу, але користувачі повинні звертати увагу на будь-яку незвичайну структуру точок, яка може вказувати на прояв особливих (невипадкових) причин. Тому ці критерії слід розглядати тільки як приклади ситуацій, коли може бути встановлено прояв невідповідних причин. Поява будь-якого з випадків, описаних в

цих умовах, - вказівка на присутність особливих причин, які повинні бути проаналізовані і скориговані.

Верхня і нижня контрольні межі встановлені на відстані 3σ над і під центральною лінією. Для застосування цих критеріїв контрольна карта ділиться на шість рівних зон шириною σ .

Ці зони позначаються A, B, C, C, B, A , причому зони розташовані симетрично центральній лінії. Дані критерії застосовуються до \bar{X} - карт і X -карт індивідуальних значень. Передбачається нормальний розподіл відповідно \bar{X} і індивідуальних значень.

Метод управління і інтерпретація контрольних карт для кількісних даних

Система карт Шухарта спирається на таку умову: якщо мінливість процесу від одиниці до одиниці і середнє процесу залишаються постійними на даних рівнях (оцінені по R і \bar{X}), то розмахи R і середні \bar{X} окремих груп будуть змінюватися тільки випадковим чином і рідко виходити за контрольні межі. Не допускаються очевидні тренди або структури даних, крім тих, що виникають випадково з деякою часткою ймовірності.

\bar{X} -карта показує, де знаходиться середнє процесу і яка його стабільність. Та ж карта виявляє небажані варіації між підгрупами і варіації відносно свого середнього. R -карта виявляє будь-яку небажану варіацію всередині підгруп і служить індикатором мінливості досліджуваного процесу. Це міра спроможності і однорідності процесу. Якщо R -карта показує, що варіації всередині підгруп не змінюються, то це означає, що процес залишається в статистично керованому стані. Таке відбувається тільки в тому випадку, якщо всі вибірки оброблялися однаково. Якщо R -карта показує, що процес вийшов з керованого стану або рівень на R -карті зростає, то це може означати, що або окремі підгрупи зазнали різної обробки, або в процесі діє кілька різних систем причинно-наслідкових зв'язків.

На \bar{X} -карти також можуть вплинути умови, при яких процес вийшов зі стану статистичної керованості по R -карті. Можливість інтерпретувати розмахи або середні підгруп залежить від оцінки мінливості від одиниці до одиниці, тому R -

карту необхідно аналізувати першою. Процедура управління приведена в пунктах А-Ж.

А) Збирають і аналізують дані, обчислюють середні і розмахи.

Б) Будують **R**-карту. Зіставляють нанесені точки розмахів з контрольними межами, виділяють точки поза межами, незвичайні структури або тренди. Для кожного сигналу про наявність невивадкової причини в значеннях розмаху проводять аналіз операцій процесу, щоб визначити причину. Проводять коригувальні дії та дії щодо запобігання повторення даної причини.

В) Виключають все підгрупи, на які вплинула невивадкова причина, потім перераховують і наносять на карту нові середній розмах R і контрольні межі. Необхідно отримати підтвердження того, що всі точки розмахів при порівнянні з новими межами вказують на статистичну керованість. Якщо потрібно, повторюють послідовність дій «ідентифікація - коригування - перерахунок».

Г) Якщо деякі підгрупи виключені з **R**-карти через виявлення особливих причин, їх треба виключити з **X**-карти. Переглянути значення R і X для перерахунку пробних контрольних меж для середніх. *Примітка:* виключення підгруп, які представляють причину виходу процесу зі стану статистичної керованості, це не «виключення поганих даних». Швидше, тут виключаються точки, на які вплинули відомі невивадкові причини, і ми отримуємо кращу оцінку основного рівня мінливості процесу через випадкові причини. Це дає найбільш підходящу основу для контрольних меж, застосування яких дозволяє найбільш ефективним чином виявляти майбутні прояви невивадкових причин варіацій.

Д) Коли розмахи знаходяться в статистично керованому стані, розкид процесу (відхилення всередині підгруп) вважається стабільним. В цьому випадку можна проаналізувати середні, щоб побачити, чи змінюється з часом середнє положення процесу.

Е) Тепер будують **X**-карту і порівнюють точки з контрольними межами. Виділяють точки поза межами, незвичайні структури точок або тренди. Також як і для **R**-карти

необхідно аналізувати будь-яке з станів статистичної некерованості і проводити коригувальні та запобіжні заходи. Треба виключити точки, які характеризують цей стан і для яких були знайдені не випадкові причини.

Повторно обчислюють і наносять на графік нове середнє процесу (X) і контрольні межі. Перевіряють, щоб, в порівнянні з новими межами, всі точки демонстрували статистично керований стан, при необхідності відновлюючи послідовні дії: «ідентифікація - коригування - перерахунок».

Ж) Якщо вихідні дані для встановлення еталонних значень контрольних меж розташовуються стійко всередині пробних меж, розширюють межі, щоб охопити майбутні дані. Виконавці (оператор або (і) майстер) повинні користуватися цими межами для подальшого управління процесом, реагувати на сигнали про вихід процесу з керованого стану на будь-який з X і R карт і виконувати належні дії [1].

Управління процесом і можливості процесу

Призначення системи управління процесом полягає в отриманні статистичного сигналу про наявність особливих (невипадкових) причин варіацій. Систематичне усунення особливих причин надлишкової мінливості повертає процес в стан статистичної керованості. Якщо процес знаходиться в статистично керованому стані, якість продукції передбачувана, і процес придатний для задоволення вимог, встановлених в нормативних документах на продукцію.

Можливості процесу визначаються повною мінливістю (розкидом процесу), обумовленою звичайними причинами, тобто мінімальною мінливістю, яка залишається після усунення всіх не випадкових причин. Можливості процесу характеризують показники самого процесу в статистично керованому стані. Процес спочатку призводять до такого стану, а потім визначають його можливості. Таким чином, визначення можливостей процесу починається після того, як завдання управління по X - і R - картками вирішені, тобто особливі причини виявлені, проаналізовані, скориговані і їх повторення попереджено. Поточні контрольні карти повинні демонструвати збереження процесу в статистично керованому стані, по меншій

мірі, для 25 підгруп. Далі розкид даних на виході процесу порівнюється з технічними вимогами для підтвердження того, що ці вимоги можуть бути впевнено виконані.

У загальному випадку можливості процесу визначають індексом можливостей процесу PCI (C_p):

$$PCI = \frac{\text{допуск}}{\text{розкид процесу}} = \frac{UTL - LTL}{6 \times \sigma} \quad \text{або} \quad PCI = \frac{\bar{S}}{C_4}$$

де UTL - верхнє гранично допустиме значення контрольованого параметра; LTL - нижнє гранично допустиме значення контрольованого параметра; σ - оцінюють за середньою мінливістю всередині підгруп і визначають як:

$$\sigma = \frac{R}{d_2}$$

При PCI менше 1 можливості процесу неприйнятні, а якщо PCI дорівнює 1, процес знаходиться на межі необхідних можливостей. На практиці в якості мінімально прийнятного значення береться $PCI > 1$, оскільки завжди є деякі варіації в вибірках, і немає процесів, які завжди знаходяться в статистично керованому стані.

Слід зазначити, що PCI вимірює тільки відношення допуску до розкиду процесу, а положення або центрування процесу не враховується. При високих значеннях PCI все-таки можливий вихід частки значень за встановлені межі. Тому важливо також оцінювати відстань між середнім процесу і найближчим гранично допустимим значенням.

В якості керівництва до дії можливо використовувати процедуру, схематично представлену на рис. 21.

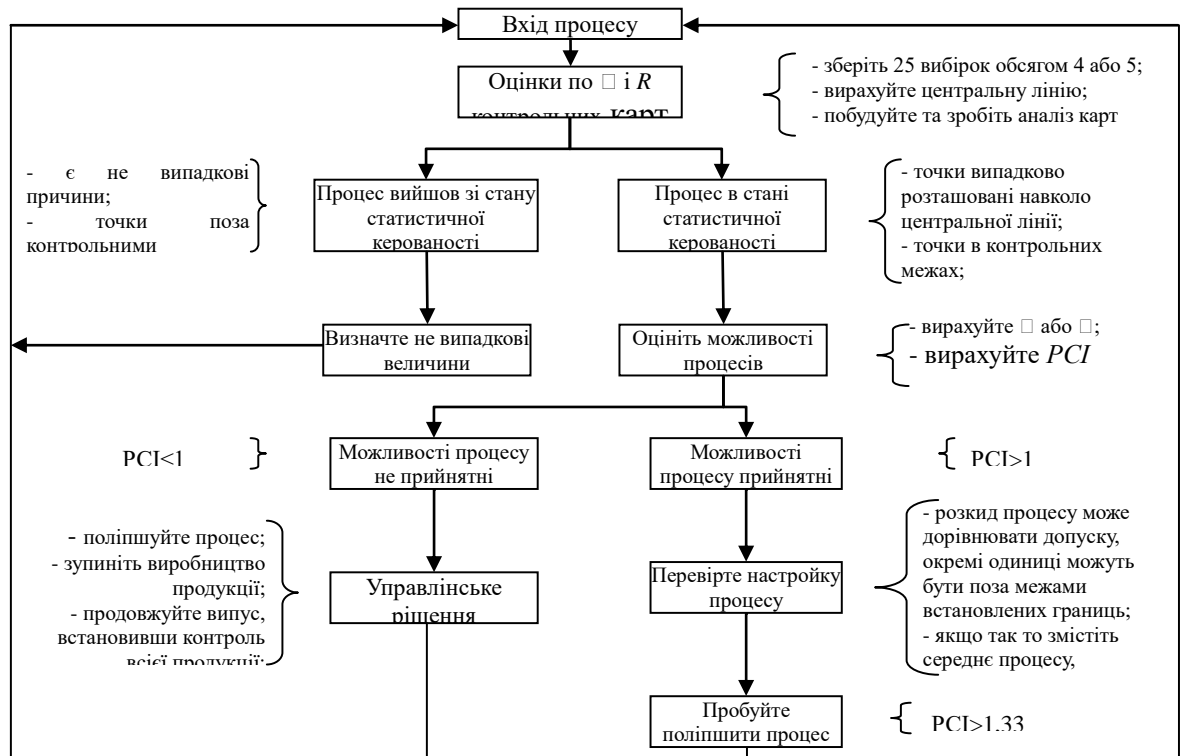


Рис.

21.

Процедура

5

управління

процесом

Контрольні карти для альтернативних даних

Альтернативні дані представляють собою спостереження, що фіксують наявність або відсутність деяких характеристик (або ознак) у кожній одиниці даної підгрупи. На основі цих даних проводиться підрахунок числа одиниць, що володіють або що не володіють даною ознакою, або число таких подій в одиниці продукції, групі або області.

Альтернативні дані в загальному випадку можуть бути отримані швидко і дешево, для збору їх не потрібно спеціального навчання та обладнання. У таблиці 14 наведені формули контрольних меж для контрольних карт, що використовують альтернативні дані.

Таблиця 14

Формули контрольних меж карт Шухарта для альтернативних даних

Статистика	Стандартні значення не задані		Стандартні значення задані	
p	p	$p \pm 3 \times \sqrt{\frac{p \times (1-p)}{n}}$	p_o	$p_o \pm 3 \times \sqrt{\frac{p_o \times (1-p_o)}{n}}$
np	n p	$np \pm 3 \times \sqrt{np \times (1-p)}$	np_o	$np_o \pm 3 \times \sqrt{np_o \times (1-p_o)}$
c	c	$c \pm 3 \times \sqrt{c}$	c_o	$c_o \pm 3 \times \sqrt{c_o}$
u	u	$u \pm 3 \times \sqrt{\frac{u}{n}}$	u_o	$u_o \pm 3 \times \sqrt{\frac{u_o}{n}}$
Примітка: p_o, np_o, c_o, u_o - стандартні значення, p, np, c, u - середні арифметичні				

У разі контрольних карт для кількісних даних прийнято ведення пари контрольних карт: для управління середнім та управління розсіюванням, так як початковий розподіл передбачається нормальним і залежить від цих двох параметрів. При використанні контрольних карт для альтернативних даних достатньо однієї карти, так як передбачуваний розподіл має тільки один незалежний параметр - середній рівень p -карти і np -

карти засновані на біноміальному розподілі, а *c*- карти і *u*- карти - на розподілі Пуассона.

Розрахунки для цих карт однакові, за винятком випадків мінливості обсягу підгруп. Коли обсяг підгруп постійний, для кожної підгрупи можуть бути обрані одні і ті ж контрольні кордони.

Якщо число контрольованих одиниць в кожній підгрупі різне, повинні бути розраховані контрольні кордони окремо для кожного обсягу підгрупи. Таким чином, *np*- і *c*-карти можуть бути застосовані при постійному обсязі підгрупи, а *p*- і *u*-карти - в будь-якій ситуації.

Коли обсяг підгрупи змінюється від вибірки до вибірки, для кожної підгрупи розраховують свої контрольні кордону, при цьому чим менше обсяг підгрупи, тим ширше смуга між цими межами, і навпаки. Якщо обсяг підгруп змінюється несуттєво, то можна обмежитися одним набором контрольних меж, заснованим на середньому обсязі підгрупи. Для практичних цілей достатньо, якщо обсяги підгруп знаходяться в межах $\pm 25\%$ цільового обсягу підгрупи.

Альтернативна процедура для ситуацій, в яких обсяг підгрупи, змінюється істотно, використання нормованих змінних:

$$r = \frac{p - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 \times (1 - p_0)}{n}}} \quad \text{або} \quad r = \frac{p - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}}}$$

в залежності від того, встановлено чи ні стандартне значення для *p*.

Центральна лінія і контрольні кордони (межі) залишаються постійними незалежно від обсягу підгрупи і виражаються в такий спосіб: центральна лінія дорівнює $UCL = 3\sigma$, $LCL = -3\sigma$

Зазвичай *p*-карту використовують для визначення середнього відсотка невідповідних одиниць, виявлених за певний період часу. Вона привертає увагу персоналу процесу і керуючих до будь-яких змін цього середнього. Процес визнається у стані статистичної керованості так само, як і при використанні *X*- і *R*-карт. Якщо всі вибіркові точки лягають

всередині пробних контрольних меж без викидів, що вказують на наявність особливих причин, то можливо зробити висновок, що процес керований. У цьому випадку середня частка невідповідних p одиниць береться як стандартне значення для долі невідповідних одиниць p_0 .

u- Карта. Число невідповідностей на одиницю продукції
Приклад застосування ***u***- карти.

На підприємстві щогодини контролювали 15 виробів і записували загальне число невідповідностей та їх число на одиницю. Було вирішено застосувати ***u***-карту для числа невідповідностей на одиницю, щоб визначити стан процесу. Дані наведені в таблиці 15.

Таблиця 15

Число невідповідностей (k) на одиницю (одиниці перевірялися по 14 підгрупах, об'ємом $n = 15$ кожна)

Номер підгрупи	Число невідповідностей (k)	Число невідповідностей на одиницю (n/k)	Номер підгрупи	Число невідповідностей (k)	Число невідповідностей на одиницю (n/k)
1	4	0,27	9	2	0,13
2	5	0,33	10	4	0,27
3	3	0,20	11	7	0,47
4	6	0,40	12	5	0,33
5	2	0,13	13	2	0,13
6	1	0,07	14	3	0,20
7	5	0,33	Всього	55	
8	6	0,40			

Дані та контрольні лінії наведені на контрольній карті (рис. 22). Процес знаходиться в стані статистичної керованості.

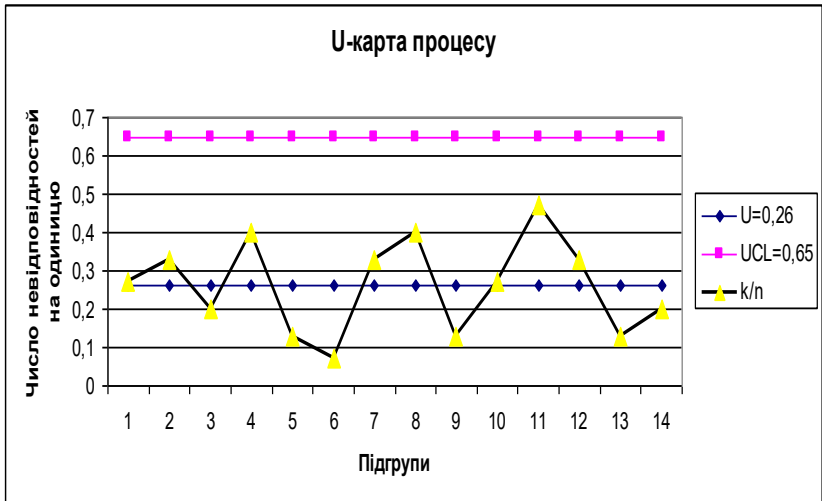


Рис. 22. *u*-карта процесу

Приклади формування раціональних підгруп

Основне завдання контрольних карт Шухарта - виявлення особливих причин мінливості в ході технологічного процесу за аналізований період. Для виявлення ознак особливих причин зіставляють мінливість всередині підгруп з мінливістю між підгрупами. При цьому, межі оцінки мінливості (контрольні кордони) розраховують тільки на основі мінливості всередині підгрупи. Передбачається, що мінливість всередині підгруп обумовлюється звичайними причинами, а між підгрупами - особливими причинами.

Таким чином, спосіб формування підгруп істотно впливає на інтерпретацію отриманих результатів. Саме можливість групування даних для аналізу різними способами привела до відмінності понять «вибірка» і «раціональна підгрупа».

У ряді ситуацій, наприклад, коли є тільки одна одиниця обладнання, один оператор і т. п., поняття «раціональна підгрупа» і «вибірка» можуть збігатися.

Якщо ж для кожного результату процесу (вимірювання параметра продукції) реєструють ще ряд факторів (номер одиниці обладнання багато потокового технологічного процесу,

прізвище оператора або наладчика, номер циклу і т. п.), то при наявності однієї вибірки з процесу можливі кілька способів формування раціональних підгруп (наприклад по одиницях обладнання, по операторам або номерами циклу).

При цьому інтерпретація результатів аналізу контрольних карт повинна обов'язково враховувати використаний спосіб формування раціональних підгруп.

Таблиця 16

Дані однієї вибірки за годину (відхилення розміру деталі від номінального значення) в мікрометрах

Номер шпинделя	Цикл роботи верстату				
	А	Б	В	Г	Д
1	9	14	16	14	18
2	12	14	12	16	16
3	10	12	12	10	11
4	12	14	12	10	16

У таблиці 16 наведено приклад даних з технологічного процесу паралельної обробки заготовок на кілька однотипних одиницях обладнання (багатшпиндельний верстат) з реєстрацією додаткових факторів технологічного процесу (номер шпинделя, цикл роботи обладнання, час взяття вибірки).

Щогодини відбирають вибірку, що формується з однієї одиниці продукції від кожного з чотирьох шпинделів при кожному з п'яти циклів роботи верстата: А, Б, В, Г, Д.

Приклад даних (відхилення розміру деталі від номіналу в мікрометрах) однієї годинної вибірки з 20 послідовних виробів із зазначенням додаткових факторів наведено в таблиці 16.

Наведені вибірки при різних способах формування раціональних підгруп відобразатимуть різні джерела мінливості, в даному випадку їх три.

Спосіб 1. При формуванні раціональних підгруп з даних по стовпчиках кожної вибірки внутрішньо групова мінливість буде відображати мінливість між шпинделями верстата (отримаємо 80 підгруп по 4 одиниці в кожній), а між групова мінливість - мінливість від циклу до циклу.

Спосіб 2. При формуванні раціональних підгруп з даних по рядках одержимо 4 набори підгруп для кожного шпинделя (20 підгруп по 5 одиниць в кожній). В цьому випадку всередині групова мінливість буде відображати мінливість від циклу до циклу для кожного шпинделя, а між групова мінливість - мінливість від години до години.

Спосіб 3. При формуванні підгруп з 20 одиниць продукції від всіх шпинделів і всіх циклів за одну годину внутрішня групова мінливість буде об'єднувати мінливість між усіма шпинделями і циклами, а між групова мінливість буде відображати мінливість між послідовними годинами (отримаємо 20 підгруп по 20 одиниць продукції в кожній).

Таким чином, при одному способі взяття вибірок отримуємо три способи формування раціональних підгруп і три способи інтерпретації, одержуваних для контрольних карт.

5.3. Контрольна карта кумулятивних сум (*КУСУМ*-карта)

Контрольна карта кумулятивних сум (*КУСУМ*- карта) - інформативне графічне представлення даних, які упорядковані в логічній послідовності. Для розрахунку значень кумулятивних сум використовують випадкові змінні або їх функції. Часто їх порядок відповідає порядку проведення спостережень в часі.

КУСУМ- карта призначена (найчастіше) для перевірки процесу на відхилення від середнього арифметичного значення (далі - середнього), рівного деякому опорному значенню. Опорне значення часто називають цільовим значенням або метою. Для більш складних процедур *КУСУМ* ці два поняття - цільове і опорне значення, які слід розрізняти. З кожного отриманого значення показника якості віднімають опорне значення і отримують значення кумулятивних сум цих різниць, які наносять на карту.

На такій карті інтерес представляють не абсолютні значення сум, а кут нахилу графіка, який визначається за послідовними точкам. Саме кут нахилу так званих «локальних середніх» служить мірою зміни випадкової величини. Якщо локальне середнє серії спостережень більше цільового значення,

то крива нахилена вгору, якщо менше то вниз. Чим більше кут нахилу лінії, що представляє локальне середнє по відношенню до цільового значення, тим більше відхилення даних від опорного значення.

КУСУМ- карти є одним з поширених статистичних методів виявлення зміни показника якості та встановлення причин цієї зміни [9].

Основні положення

1. Метод кумулятивних сум служить візуальним засобом виявлення зміни показника якості та подальшого встановлення причин цієї зміни.

2 .Основні вимоги щодо застосування **КУСУМ-** карт наступні:

а) результати спостереження повинні бути отримані в такій формі, щоб будь-яка чисельна різниця між двома значеннями змінної мала однакову розмірність по всьому діапазону даного показника;

б) послідовність точок на карті повинна підкорятися логіці, заснованої на нормальній роботі процесу. Спостереження можуть бути проведені послідовно в часі або в порядку надходження одиниць продукції, утворюючи природну послідовність, наприклад, спостереження за показником якості продукції або управлінням процесу, а також впорядковані відповідно до значень деякої допоміжної змінної. Тоді **КУСУМ-** карта - це метод дослідження співвідношень між значеннями змінних [9].

Вимоги до даних

КУСУМ- карти будують, використовуючи два основних типи даних: кількісні та альтернативні.

Кількісні дані - це результат спостережень, проведених за допомогою вимірювання і запису чисельних значень даного показника якості одиниць вибірки, що передбачає деяку безперервну шкалу для цього показника.

Альтернативні дані - це результати спостережень наявності (або відсутності) певної ознаки або атрибута для кожної розглянутої одиниці вибірки і підрахунку числа одиниць вибірки, що мають (або не мають) дана ознака, або числа таких

ознак, наявних в одиниці продукції, групі, на даній площі, в даному обсязі або вибірці.

Примітка - **КУСУМ**- карти на практиці в основному застосовують для кількісних даних [9].

Мета побудови контрольної карти

При побудові контрольної карти слід визначити мету. На основі цього можна здійснювати моніторинг і проводити аналіз попередніх даних процесу [9]:

а) при моніторингу: метою побудови контрольної карти може бути відстеження поведінки серії спостережень щодо деякого встановленого або стандартного опорного значення, як при процедурах управління якістю. При цьому кожен раз середні рівні всіх розглянутих інтервалів порівнюють з опорним значенням;

б) при аналізі попередніх даних: метою побудови контрольної карти може бути вивчення накопичених даних в результаті спостережень, згрупованих деякими логічними чином, для виявлення будь-яких відмінностей між групами точок. При цьому розглядають відмінності між сусідніми інтервалами, які можуть служити попередніми даними для визначення подальших інтервалів, формального стандартного або опорного значення тут немає. В основному, базою для вибору інтервалів і оцінювання точок, в яких відбуваються зміни, є вид самої **КУСУМ**- карти [9].

Правила прийняття рішень застосовують залежно від встановленої мети, вони засновані на:

- Простому прийнятті рішень, заснованому на логіці при візуальному контролі (за графіком або за табличними даними);

- Виборі інтервалу рішення з використанням такої характеристики, як середня довжина серії вибірок (*ARL*);

- Масках (повної *V*-маски, усіченої *V*-маски, паралельної маски і ін.);

- Критерії «перекриттів», заснованому на побудові на **КУСУМ**- карті [9, 11].

Побудова контрольних карт кумулятивних сум починають з встановлення T - опорного значення і σ - стандартного відхилення. При кожному наступному спостереженні визначають різницю значень спостережуваної

змінної і опорного значення. Значення різниць підсумовують, утворюючи кумулятивні суми за формулою

$$C_i = \sum_{r=1}^i (y_r - T)$$

де: y_r - значення спостережуваної змінної; T - опорне (або цільове) значення; i - номер вибірки.

Кумулятивні суми для відхилень розмаху двох послідовних пар спостережень від його математичного очікування можуть бути розраховані за наступною формулою:

$$C_r = \sum_{r=1}^i [R_r - E\{R_r\}]$$

Значення кумулятивних сум C_i і C_r відкладають на осі ординат в залежності від поточного номера спостережень i (r), який приймає послідовні цілі значення $r = i = 0, 1, 2, \dots$ (0 - початок координат).

Встановлюють масштаб A вертикальної осі; по горизонтальній осі один інтервал відповідає значенню A за шкалою кумулятивних сум (*КУСУМ*). Цей масштаб може бути виражений як кратне оцінки стандартного відхилення наносяться значень σ . Широко застосовують співвідношення розміру одиниці шкали *КУСУМ* приблизно в 2 на один інтервал вибірки, тобто $A = 2\sigma$.

Основне правило прийняття рішень полягає в побудові на *КУСУМ*- карті *V*-маски і визначенні значущих змін при виході точок кривої *КУСУМ* за лінії *V*-маски. Існують три різних форми масок, вони ідентичні за принципом побудови та дії: повна *V*-маска, усічена *V*-маска і паралельна маска. Найбільш поширена з них - усічена *V*-маска.

Схематичне зображення усіченої *V*-маски або шаблону *V*-маски наведено на рис. 23. Відрізки *AB* і *AC* називають інтервалами рішень і позначають H , а лінії *BD*, *CE* - дозвільними лініями [9, 11].

Позначення:

$H = AB = AC = 5\sigma$ - інтервали рішень;

$2H = DF = FE = 10\sigma$ - число вибірових інтервалів;

CE і *BD* - дозвільні лінії

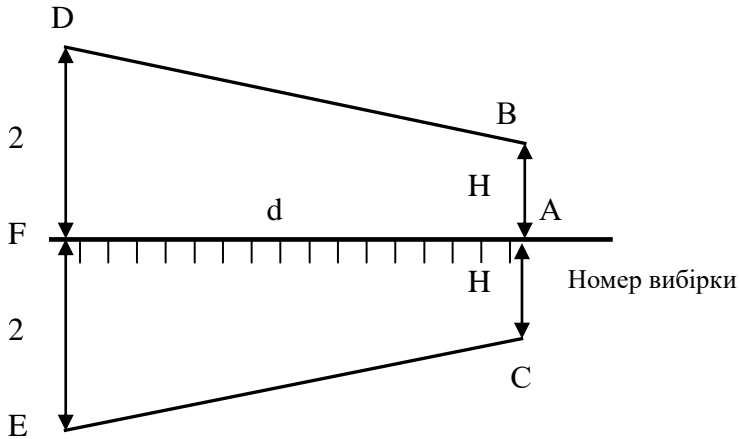


Рис. 23. Усічена V -маска $KUSUM$ - карти і основні пропорції для неї

5.4. Контрольні карти арифметичного середнього з попереджувальними межами

Статистичне управління процесом передбачає використання контрольних карт для арифметичного середнього з попереджувальними межами, які є модифікацією контрольних карт Шухарта / 10 /.

Контрольні карти для арифметичних середніх з попереджувальними межами відрізняються високою чутливістю до зрушень рівня процесу.

Ці контрольні карти дозволяють фіксувати навіть невеликі зрушення рівня процесу на основі додаткової інформації, яку одержують від точок, що потрапили в попереджувальну зону. При цьому зберігається можливість визначення різких великих зрушень в рівні процесу, коли вибіркові середні арифметичні виходять за межі кордонів регулювання. У порівнянні з контрольними картами Шухарта пропонувані контрольні карти більш чутливі до незначного і повільно погіршення рівня процесу (такого, як зрушення, що не

перевищують $\frac{2,5\sigma}{n}$, де σ - стандартне відхилення контрольованого параметра, n - обсяг вибірки) [10].

Опис методу

1) Статистичне управління процесом здійснюють з використанням контрольних карт для арифметичного середнього з попереджувальними межами.

Контрольна карта - це графічне відображення стану процесу, його рівня і мінливості. Поточні вибіркові значення X наносять на контрольні карти [10].

2) Контрольна карта для арифметичного середнього з попереджувальними межами має цільову (центральну) лінію процесу, відповідну центру поля допуску контрольованого параметра. Ця лінія відповідає значенню μ_0 , попереджувальні межі – значенням $\mu_0 \pm B_2 \frac{\sigma}{n}$, а межі регулювання - значенням

$\mu_0 \pm B_1 \frac{\sigma}{n}$, де n - обсяг вибірки. Припускають, що значення індивідуальних вимірювань контрольованого параметра, що використовуються для обчислення $X_{ср}$, статистично незалежні. B_1 і B_2 - коефіцієнти, що визначають розташування кордонів регулювання та попереджувальних кордонів на контрольних картах [10].

3) Контрольна карта може бути нанесена на бланку, на світловому табло, приведена в пам'яті комп'ютера або представлена в іншій зручній формі.

4) Контрольні карти повинні знаходитися якомога ближче до робочих місць; введення даних і побудова графіків повинні бути здійснені чисто і докладно [10].

5) Необхідно підготувати стандартні робочі процедури для визначення підготовки та використання контрольних карт як методу вимірювання мінливості процесу. Дані по мірі їх отримання повинні бути своєчасно нанесені на контрольну карту.

6) Контрольні карти для арифметичного середнього з попереджувальними межами можуть бути використані для

процесів як з одностороннім, так і з двостороннім критеріями. Однак зазвичай використовують односторонній критерій [10].

а) У випадку, коли процес знаходиться в статистично керованому стані і має двосторонній критерій, виділяють п'ять зон якості (рисунок 24):

$$\mu_0 + B_1 \frac{\sigma}{n} - \text{Верхня межа регулювання}$$

$$\mu_0 + B_2 \frac{\sigma}{n} - \text{Верхня попереджувальна межа}$$

$$\mu_0 - \text{Центральна лінія}$$

$$\mu_0 - B_2 \frac{\sigma}{n} - \text{Нижня попереджувальна межа}$$

$$\mu_0 - B_1 \frac{\sigma}{n} - \text{Нижня межа регулювання}$$

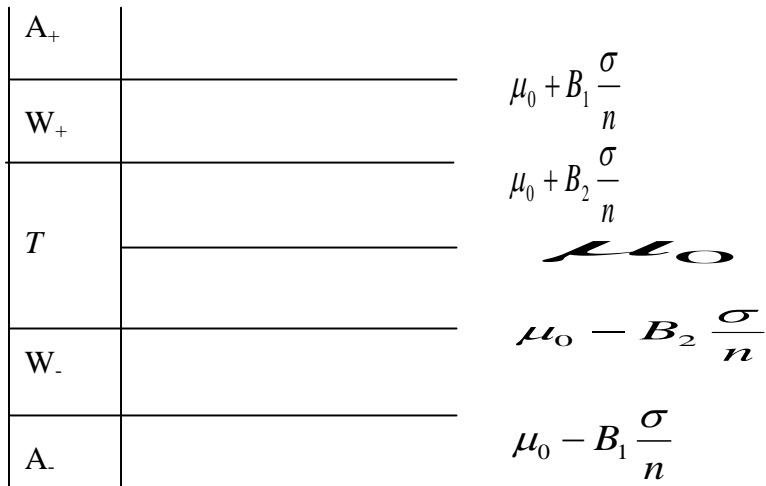


Рис. 24. Зони якості для статистичного управління процесом з двостороннім критерієм

- зона T (цільова): вибіркове середнє арифметичне знаходиться між верхньою і нижньою попереджувальними межами;

- зони W- і W + (попереджувальні): вибіркове середнє арифметичне знаходиться відповідно між верхньою

попереджувальною межею і верхньою межею регулювання або між нижньою попереджувальною межею і нижньою межею регулювання;

- зони A_+ і A_- (критичні): вибіркове середнє арифметичне знаходиться відповідно вище верхньої або нижньої меж регулювання / 10 /.

б) У випадку, коли процес знаходиться в статистично керованому стані і має односторонній критерій, виділяють три зони якості (рис. 24 і 25) [10]:

- зону T (цільова): вибіркове середнє арифметичне знаходиться нижче верхньої або вище нижньої попереджувальної межі в залежності від конкретного випадку;

- зона W (попереджає): вибіркове середнє арифметичне знаходиться між попереджувальною межею і межею регулювання;

- зона A (критична): вибіркове середнє арифметичне знаходиться за межами кордону регулювання.

На рис. 13 розглянуто випадок, коли небажаний зсув рівня процесу пов'язаний з його зростанням.

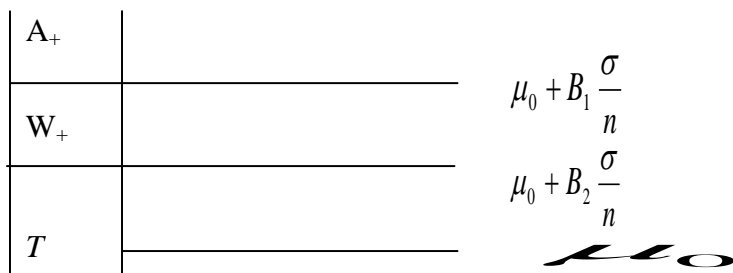


Рис. 25. Зони якості для статистичного управління процесом з одностороннім критерієм - верхня межа

$$\mu_0 + B_1 \frac{\sigma}{n} - \text{Верхня межа регулювання. } \mu_0 + B_2 \frac{\sigma}{n} -$$

Верхня попереджувальна межа. μ_0 - Центральна лінія

На рис. 26 розглянуто випадок, коли небажаний зсув рівня процесу пов'язаний з його спаданням.

7) Вибіркове середнє арифметичне наносять на контрольну карту з попереджувальними межами наступним чином: для кожної вибірки на контрольну карту наносять точку із зазначенням часу або порядкового номера в якості абсциси і відповідного значення \bar{X} - як ординати [10].

μ_0 - Центральна лінія. $\mu_0 - B_2 \frac{\sigma}{n}$ - Нижня попереджувальна межа. $\mu_0 - B_1 \frac{\sigma}{n}$ - Нижня межа регулювання

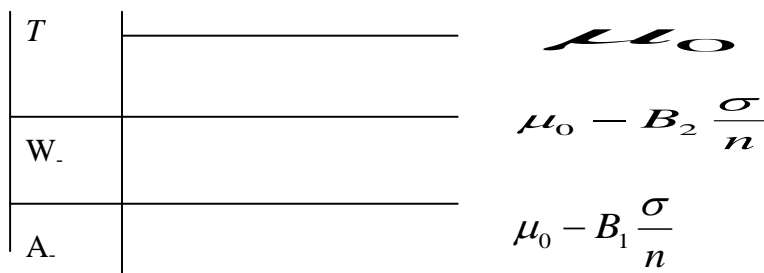


Рис. 26. Зони якості для статистичного управління процесом з одностороннім критерієм - нижня межа

Статистичне управління якістю за допомогою контрольної карти арифметичного середнього з попереджувальними межами:

1) якщо хоча б одна точка потрапила у верхню критичну зону A + або в нижню критичну зону A-, то це сигнал про вихід процесу з під контроль. При отриманні такого сигналу повинна бути визначена і усунена причина виходу процесу з статистично керованого стану.

2) Якщо встановлену кількість послідовних точок K потрапляє в одну з попереджуючих зон - верхню W + або нижню W-, то це служить сигналом про вихід процесу з під контроль і необхідності коригування [10].

Завдання для практичної роботи

За даними таблиці 17 побудувати X- карту, зробити аналіз отриманої інформації

Таблиця 17

Дані вимірювання розмірів деталей (мм) за варіантами

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
15,7	15,2	15,6	15,5	15,4	15,2	15,7	15,3	15,6	15,5
16,4	16,2	16,7	16,2	16,2	16,2	16,2	16,3	16,2	16,2
16,4	16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5
16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6
15,8	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,4
15,7	15,3	15,7	15,2	15,4	15,2	15,7	15,3	15,7	15,7
17,3	17,1	17,4	17,1	17,1	17,1	17,7	17,1	17,8	17,5
16,3	16,8	16,8	16,8	16,4	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
16,7	16,1	16,1	16,6	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
16,6	16,3	16	16,1	16	16,2	16	16,1	16,2	16,1
15,3	15,8	15,5	15,8	15,8	15,2	15,8	15,3	15,8	15,8
15,6	15,3	15,5	15,9	15,9	15,9	15,7	15,3	15,9	15,9
16,7	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
16,7	16,7	16,5	16,8	16,7	16,2	16,4	16,7	16,7	16,7
16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,3	16,9	16,9
15,9	15,7	15,5	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
16,2	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,8	16,5
15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,6	15,2	15,8	15,2
15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,2	15,4	15,4	15,4	15,4
15,2	15,6	15,5	15,4	15,2	15,7	15,3	15,6	15,5	15,7
16,2	16,7	16,2	16,2	16,2	16,2	16,3	16,2	16,2	16,4
16,5	16,3	16,6	16,4	16,3	16,3	16,3	16,3	16,5	16,4
16,6	16,2	16,6	16,6	16,2	16,6	16,6	16,8	16,6	16,6
15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,7	15,4	15,4	15,4	15,8

Приклад

За даними таблиці 18 побудувати X- карту, зробити аналіз отриманої інформації

Таблиця 18

№ п/	X_i	\bar{X}_i	$X_i - \bar{X}_i$	$(X_i - \bar{X}_i)^2$	UCL	LCL	$CL = X_i$
------	-------	-------------	-------------------	-----------------------	-------	-------	------------

п							
1	15,6	16,2 4	-0,64	0,4096	17,96	14,52	16,24
2	16,3		0,06	0,0036	17,96	14,52	16,24
3	16,5		0,26	0,0676	17,96	14,52	16,24
4	16,6		0,36	0,1296	17,96	14,52	16,24
5	15,2		-1,04	1,0816	17,96	14,52	16,24
6	15,8		-0,44	0,1936	17,96	14,52	16,24
7	17,3		1,06	1,1236	17,96	14,52	16,24
8	16,9		0,66	0,4356	17,96	14,52	16,24
9	16,5		0,26	0,0676	17,96	14,52	16,24
10	16,4		0,16	0,0256	17,96	14,52	16,24
11	15,6		-0,64	0,4096	17,96	14,52	16,24
12	15,9		-0,34	0,1156	17,96	14,52	16,24
13	16,1		-0,14	0,0196	17,96	14,52	16,24
14	16,4		0,16	0,0256	17,96	14,52	16,24
15	16,7		0,46	0,2116	17,96	14,52	16,24
16	16,9		0,66	0,4356	17,96	14,52	16,24
17	15,4		-0,84	0,7056	17,96	14,52	16,24
18	16,5		0,26	0,0676	17,96	14,52	16,24
19	15,5		-0,74	0,5476	17,96	14,52	16,24
20	15,4		-0,84	0,7056	17,96	14,52	16,24
21	15,6		-0,64	0,4096	17,96	14,52	16,24
22	16,4		0,16	0,0256	17,96	14,52	16,24
23	16,4		0,16	0,0256	17,96	14,52	16,24
24	16,6		0,36	0,1296	17,96	14,52	16,24
25	15,8		-0,44	0,1936	17,96	14,52	16,24
26	15,7		-0,54	0,2916	17,96	14,52	16,24
27	17,3		1,06	1,1236	17,96	14,52	16,24

28	16,4		0,16	0,0256	17,96	14,52	16,24
29	16,9		0,66	0,4356	17,96	14,52	16,24
30	16,6		0,36	0,1296	17,96	14,52	16,24
Σ	487,2		0	9,572			

Розрахунок даних для побудови \bar{X} - карти

1) Вираховуємо середнє арифметичне даних

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{\sum n} = \frac{487,2}{30} = 16,24$$

2) Вираховуємо середньоквадратичне

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{i=1}^{n_i} (X_i - \bar{X}_i)^2 = \frac{1}{30 - 1} \times 9,572 = 0,33$$

3) Вираховуємо дисперсію вибірки

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{i=1}^{n_i} (X_i - \bar{X}_i)^2} = \sqrt{0,33} = 0,57$$

4) Вираховуємо значення кордонів на контрольній карті:
центральна лінія

$$CL = \bar{X}_i = 16,24$$

верхня контрольна межа

$$UCL = \bar{X}_i + 3 \times \sigma_0 = 16,24 + 3 \times 0,57 = 17,96$$

нижня контрольна межа

$$LCL = \bar{X}_i - 3 \times \sigma_0 = 16,24 - 3 \times 0,57 = 14,52$$

Результати розрахунків зведені в таблицю. X- карта наведена на рис. 27.

Так як вихідні дані коливаються в межах від 15,6 до 17,3 а контрольні межі від 14,52 до 17,96 то для аналізу доцільно розглядати тільки цей діапазон.

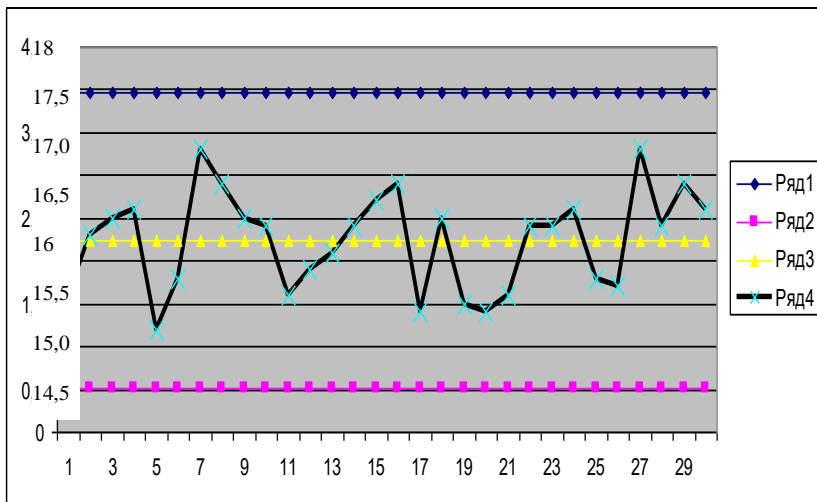


Рис. 27. X карта

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 8258-2001 (ISO 8258:1991, IDT) Статистичний контроль. Контрольні карти Шухарта – 37 с.
2. Статистические методы контроля качества продукции / Ноулер Л. и др./ Пер. с англ.- 2-е русск. Изд.-М.: Издательство стандартов, 1989.– 96 – 159 с.
3. ISO/TR 10017:2003 Guidance on statistical techniques for ISO 9001. «Руководство по статистическим методам применительно к ИСО 9001»
<http://www.iso.org/iso/ru/home/about.htm>
4. ДСТУ ISO 9000–2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.
5. ДСТУ ISO 9004–2012. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю
6. Статистические методы повышения качества./ Под.ред. Хитоси Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 412 с.
7. Басовский Л.Е. , Протасьев В.Б. Управление качеством: Учебник.-М.: ИНФРА- М, 2003. – 212 с.
8. ДСТУ ISO 9001–2009. Системи управління якістю. Вимоги.
9. ДСТУ ISO 7870 – 4: 2016 (ISO 7870 – 4:2011, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 4. Карти кумулятивних сум.
10. ДСТУ ISO 7873:2004 (ISO 7873:1993, IDT) Статистичний контроль. Контрольні карти для арифметичного середнього з попереджувальними межами – 18 с.
11. ДСТУ ISO/TR 7871:2004 (ISO/TR 7871:1997, IDT) Статистичний контроль. Контрольні карти кумулятивних сум. Настанови щодо контролю якості та аналізу даних з використанням методик CUSUM – 47 с.

12. ДСТУ ISO 7870-1:2010 (ISO 7870-1:2007, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 1. Загальні настанови –19 с.

13. Нив Г.Р. Пространство доктора Деминга. – М.: МГИЭТ (ТУ), 1996. – 344 с.

14. Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю : Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 340 с.

15. «Семь инструментов качества» в японской экономике. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 88 с. (Серия «Качество, экономика, общество. Современные проблемы»).

16. Організаційно-функціональні аспекти економіки і менеджменту: Навчальний посібник / Під ред. П.Р. Левковця. – К.: УТУ, ІЕБТ, 2000. – 397 с.

Навчальне видання

Завгородня Євгенія Євгенівна,

Навчальний посібник

«Статистичні методи контролю якості» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», 015 «Професійна освіта (економіка)».

За редакцією автора
Комп'ютерний макет — Завгородня Є. Є.
Коректор — Снітко О. Є.

Здано до складання 2017 р. Підписано до друку 2017 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк ризографічний. Умов. друк. арк. 4,5. Наклад прим. Зам. № .

Видавництво ДЗ ЛНУ імені Тараса Шевченка
«Альма-матер»

пл. Гоголя, 1, м. Старобільськ, 92703. Тел./факс: (06461-2-40-61).