

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно—дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра метрології та БЖД

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Завідувач кафедри канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.



А. О. Коваль

Студент гр. ММ-61-21



С. Ю. Шапа

Харків — 2022

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО—ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності
Освітній рівень магістр
Спеціальність 152 «Метрологія та вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр О. І. Богатов

«19» вересня 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шапі Станіславу Юрійовичу

1. Тема роботи: "Дослідження статистичних методів підвищення якості продукції машинобудівного підприємства".

Керівник роботи Коваль Андрій Олександрович, к.т.н. доцент

Затверджена наказом по університету від " 4 " жовтня 2022р. № 102 .

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2022р.

3. Вхідні дані до роботи 1). Статистичні методи підвищення якості продукції. 2). Методика досліджень статистичного методу контрольних карт для підвищення якості продукції. 3). Результати досліджень використання контрольних карт на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі. 4). Методика досліджень статистичних методів для аналізу виробничих процесів. 5). Результати експериментальних досліджень статистичного контролю виробничого процесу на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Вступ; 2. Статистичні методи підвищення якості продукції; 3. Методика досліджень статистичного методу контрольних карт для підвищення якості продукції; 4. Методика досліджень статистичних методів для аналізу виробничих процесів; 5. Результати експериментальних досліджень статистичного контролю виробничого процесу на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі; 6. Охорона праці і навколишнього середовища; 7. Висновок; 8. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): плакати (слайди) ; 1 Результати досліджень у вигляді схем та графіків.6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| 4 | Богатов О. І. | | |

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|--------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Вивчення літератури. | 20.09.2022 | виконано |
| 2 | Вивчення особливостей системи управління якістю машинобудівних підприємств. | 19.10.2022 | виконано |
| 3 | Вивчення особливостей реалізації статистичних методів на підприємствах машинобудівної галузі. | 1.11.2022 | виконано |
| 4 | Розробка пропозицій щодо впровадження статистичних методів з використанням комп'ютерних технологій на підприємствах | 11.11.2022 | виконано |
| 5 | Дослідження ефективності впровадження комп'ютеризованих статистичних методів управління якістю продукції | 19.11.2022 | виконано |
| 5 | Охорона праці і навколишнього середовища. | 23.11.2022 | виконано |
| 6 | Формулювання висновків. | 24.11.2022 | виконано |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки. | 7.12.2022 | виконано |
| 8 | Створення презентації в PowerPoint. | 14.12.2022 | виконано |
| 9 | Подання роботи керівнику. | 15.12.2022 | виконано |
| 10 | Подання роботи на рецензію. | 16.12.2022 | виконано |
| 11 | Допуск до захисту. | 17.12.2022 | виконано |

Студент гр. ММ-61-21  Шапа С. Ю.
(підпис)

Керівник роботи  Коваль А. О.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 101 с., 38 рис., 5 табл., 1 додаток, 16 джерел.

ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС, ІНДЕКС ПРИДАТНОСТІ ПРОЦЕСУ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, КОНТРОЛЬНІ КАРТИ, СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ, ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

Об'єкт дослідження — якість продукції і виробничий процес.

Мета роботи — підвищення якості продукції машинобудівного підприємства шляхом впровадження методу контрольних карт.

Метод дослідження — статистичні методи контрольних карт.

Предмет дослідження — статистичні методи підвищення якості виробництва.

В магістерській проведені дослідження статистичних методів з метою підвищення якості продукції машинобудівних підприємств на прикладі Харківського тракторного заводу та 1 Шарикопідшипникового заводу. За результатами експериментальних досліджень якості виробництва та статистичних методів контролю виробничих процесів на Харківському тракторному заводі та 1 Шарикопідшипниковому заводі було проведено коректування меж допусків та вдосконалений виробничий процес рами трактора.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів..... | 7 |
| Вступ..... | 8 |
| 1 Статистичні методи підвищення якості продукції | 9 |
| 1.1 Середні величини..... | 10 |
| 1.2 Мода і медіана | 11 |
| 1.3 Варіація ознак якості та її вимір | 12 |
| 1.4 Вибіркове спостереження..... | 15 |
| 1.5 Графічні методи статистичного управління якістю..... | 18 |
| 1.6 Висновки до розділу..... | 21 |
| 2 Методика досліджень статистичного методу контрольних карт для підвищення якості продукції..... | 22 |
| 2.1 Методика застосування контрольних карт для підвищення якості продукції | 22 |
| 2.1.1 Контрольні карти..... | 23 |
| 2.2 Результати досліджень використання контрольних карт на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі..... | 31 |
| 2.2.1. Створення р-карти і пр-карти, коли стандартні значення не задані..... | 31 |
| 2.2.2 Створення р-карти часток браку на ХТЗ для вибірок неоднакового об'єму, коли стандартні значення задані..... | 35 |
| 2.2.3 Створення контрольної карти середньої кількості дефектів на одиницю продукції (u-карта)..... | 37 |
| 2.2.4 Створення стандартизованої р-карти..... | 39 |
| 2.3 Висновки до розділу..... | 40 |
| 3 Методика досліджень статистичних методів для аналізу виробничих процесів..... | 41 |

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Методика досліджень статистичних методів для аналізу придатності виробничого процесу..... | 46 |
| 3.2 | Дослідження якості і придатності процесу виробництва..... | 50 |
| 3.3 | Дослідження статистичних методів аналізу виробничих процесів при не гаусівському розподілі..... | 57 |
| 3.4 | Висновки до розділу | 61 |
| 4 | Результати експериментальних досліджень статистичного контролю виробничого процесу на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі..... | 62 |
| 4.1 | Висновки до розділу | 75 |
| 5 | Охорона праці і навколишнього середовища..... | 76 |
| 5.1 | Техніка безпеки..... | 80 |
| 5.2 | Висновки до розділу..... | 81 |
| | Висновки..... | 82 |
| | Перелік посилань..... | 84 |
| | Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи | 86 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ВМР — верхня межа регулювання

НМР — нижня межа регулювання

ЦЛ — центральна лінія

ОХ — операційна характеристика

Кафедра МБЖД

ВСТУП

Якість продукції є одним з найважливіших показників роботи будь-якого виробничого підприємства чи об'єднання, а високий рівень якості продукції - основний гарант його ефективної діяльності та рентабельності.

Згідно з національними стандартами якістю продукції називають сукупність характеристик продукції (процесу, послуг), які стосуються її здатності задовольняти визначені потреби.

Але досягнення високої якості продукту машинобудівного підприємства – товарів і послуг, неможливе без ефективних і обґрунтованих управлінських дій. Прийняття та впровадження управлінських рішень, має ґрунтуватись на певній інформації та її аналізі. Наукою, яка дає можливість для правильного збору, кількісного аналізу інформації та тлумачення отриманих результатів є статистика. Статистичне управління якістю – це галузь статистичної науки, яка дає кількісну оцінку якості товарів і послуг, і є основою для прийняття науково – обґрунтованих рішень з управління якістю.

Сьогодні на машинобудівних підприємствах мають місце окремі елементи статистичного приймального контролю. В своїй роботі я дослідив ефективність впровадження комп'ютеризованих статистичних методів управління якістю ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі. Знання та вміння використовувати різноманітні статистичні методи є необхідною умовою підготовки сучасного фахівця з якості. Впровадження статистичних методів на підприємствах і в організаціях дає можливість забезпечити і вдосконалити якість товарів і послуг, підвищити ефективність діяльності та конкурентоспроможність організації, отримати додаткові прибутки без значних матеріальних затрат. Тому виходячи з цього дослідження статистичних методів з підвищення якості продукції машинобудівних підприємств є актуальними і мають велику практичну цінність для підтримання рентабельності підприємства на заданому рівні.

1 СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Діяльність будь-якого підприємства можливо представити як сукупність певних операцій - процесів. Процес можливо розглядати як дію, під час якої зростає цінність створюваного продукту. Якість продукту, який виробляє фірма залежить від якості її процесів. Тому, якщо організація зацікавлена у створенні якісного продукту (товару чи послуги), вона повинна управляти якістю своїх процесів. Ефективне управління процесами можливе лише на основі рішень, прийнятих із врахуванням дійсних фактів, і враховуючи їх кількісну оцінку. Для того, щоб здійснити кількісну оцінку будь-якого процесу, потрібно провести вимірювання за однією чи кількома певними ознаками кожної одиниці результату процесу. Кожна одиниця результату процесу - виріб чи надана послуга, може бути охарактеризована за значною кількістю ознак, що відображають різні властивості якості. Тому для виміру доцільно обирати ті ознаки, які є найбільш важливими для споживачів результатів процесу. Останні можуть бути як кінцевими споживачами продукту, створеного організацією, так і іншими підрозділами цієї ж фірми. На практиці вимір кожної одиниці результату процесу часто є неможливим, тому кількісна характеристика процесу здійснюється на основі вибіркової оцінки кількох спостережених одиниць, що є виходом процесу, після чого отримані результати розповсюджуються на параметри всіх одиниць створених продуктів.

Оскільки управління процесами має здійснюватися на основі їх кількісної характеристики на основі вибірових оцінок, для цього є необхідним використання відповідних статистичних методів.

1.1. Середні величини

Одним з найпростіших статистичних методів, який дає можливість кількісно охарактеризувати якість товарів чи послуг є метод середніх величин.

Середня величина є значенням, яке дає узагальнюючу характеристику певному явищу, процесу. Середня величина дає можливість представити однією цифрою певну ознаку якості, відбиваючи при цьому її основні властивості. Залежно від взаємовідношень між індивідуальними значеннями розрізняють різні види середніх величин. До найбільш уживаних відносяться:

- середня арифметична проста та зважена;
- середня геометрична;
- середня хронологічна.

Середня арифметична проста для певної сукупності визначається за формулою:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1.1)$$

де $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — значення ознаки, яка досліджується;

n — кількість спостережень.

Значення, які може набувати певна ознака, називаються її варіантами.

Якщо певні значення ознаки зустрічаються не один раз, то їх можливо згрупувати і розраховувати середнє значення ознаки як середню арифметичну зважену, надаючи кожній варіантній ознаки вагу відповідно до частоти її появи:

$$\bar{x} = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + x_3 f_3 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, \quad (1.2)$$

де $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ — частота з якою зустрічається в сукупності відповідне значення ознаки.

Представлені у певному порядку варіанти досліджуваної ознаки та відповідні їм частоти називаються рядом розподілу ознаки. Якщо узагальнююча величина формується як добуток індивідуальних значень, тоді середнє значення ознаки визначається за формулою середньої геометричної ознаки:

$$\bar{x} = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n} \quad (1.3)$$

В тому випадку, якщо значення ознаки наводяться через рівні проміжки часу, користуються середньою хронологічною ознакою:

$$\bar{x} = \frac{\frac{x_1}{2} + x_2 + x_3 + \dots + \frac{x_n}{2}}{n-1}, \quad (1.4)$$

де n — кількість моментів спостережень.

1.2. Мода і медіана

Крім власне середніх величин, узагальнюючу характеристику певній ознаці якості можна надати ще за допомогою двох величин. Вони називаються мода і медіана.

Мода (M_0) — це найпоширеніше значення ознаки, тобто варіанта, яка в ряду розподілу має найбільшу частоту. В інтервальному ряду за найбільшою частотою визначається модальний інтервал. Значення моди обчислюється за формулою:

$$M_0 = x_0 + h - fm_0 \frac{fm_{0-1}}{fm_{0-1} + fm_{0+1}}, \quad (1.5)$$

де x_0 — нижня межа модального інтервалу;

h — ширина модального інтервалу;

fm_0 , fm_{0-1} , fm_{0+1} — частоти модального інтервалу, інтервалу перед модальним та інтервалу наступного після модального, відповідно.

Медіана (M_e) — це варіанта, яка припадає на середину впорядкованого ряду розподілу і ділить його на дві рівні за обсягом частини. В інтервальному ряду медіанний інтервал визначається з умови:

$$S_1 > \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n f_i, \quad (1.6)$$

де S_1 — кумулятивна частота.

Значення медіани визначається за формулою:

$$M_e = x_0 + h - \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n f_i S_{fm_0-1_i}}{fm_e}, \quad (1.7)$$

де x_0 — нижня межа медіанного інтервалу;

h — ширина медіанного інтервалу;

fm_e — частота медіанного інтервалу;

S_{fm_0-1} — кумулятивна частота попереднього до медіанного інтервалу.

1.3 Варіація ознак якості та її вимір

Надзвичайно важливою характеристикою будь-якого явища чи процесу є його варіація. Варіація це природне розсіювання індивідуальних значень ознаки. Варіація існує в усіх явищах і процесах. Вона виникає внаслідок дії

численних причин, які або підсилюють, або зменшують варіацію. Її неможливо позбутися, оскільки варіабельність є внутрішньо притаманною складовою всього існуючого. Але її можна оцінювати і контролювати шляхом здійснення певних дій. Варіація знаходить свій прояв лише у масових явищах, і тому вивчається статистикою, як наукою про масові явища та процеси. Варіація ознак, які вивчаються, є одним з основних статистичних понять і відіграє надзвичайно велику роль в характеристиці об'єкта дослідження. В статистиці існує ряд показників, за допомогою яких можливо надати кількісного виразу мірі варіації певної ознаки. Ці показники узагальнюють відхилення індивідуальних значень від середнього значення досліджуваної ознаки, тобто є середніми з індивідуальних відхилень.

Найпростішим показником, який характеризує варіацію ознак є розмах варіації (R), який являє собою різницю між максимальним (x_{\max}) і мінімальним (x_{\min}) значенням ознаки.

$$R = x_{\max} - x_{\min}. \quad (1.8)$$

Він показує, в яких межах варіює ознака. Але як міра варіації цей показник не завжди надійний, оскільки залежить від випадкових коливань крайніх значень ознаки. Більш точну характеристику міри варіації може давати показник, який враховує всі індивідуальні відхилення $(x - \bar{x})$.

Оскільки $\sum (x - \bar{x}) = 0$, при розрахунку середнього відхилення необхідно позбавитись від знаків відхилення. Для цього необхідно взяти або абсолютні (без урахування знаків) відхилення, або піднести відхилення в квадрат.

Середня із абсолютних відхилень є середнім лінійним відхиленням (d), яке, аналогічно середнім величинам і буває простим і зваженим. Просте середнє лінійне відхилення використовується в тих випадках, коли розрахунок ведеться за незгрупованими даними:

$$d = \frac{\sum |x_1 - \bar{x}|}{n} . \quad (1.9)$$

Зважене середнє лінійне відхилення використовується в тих випадках, коли дані, за якими ведуться розрахунки, згруповані:

$$d = \frac{\sum |x_1 - \bar{x}| f}{\sum f} , \quad (1.10)$$

де f — частота повторюваності ознаки.

Середнє значення з квадратів відхилень є не що інше як дисперсія і розраховується за наступною формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} . \quad (1.11)$$

Для того, щоб дати характеристику варіації в тих же одиницях виміру, що і досліджувана ознака, потрібно з дисперсії добути квадратний корінь. Отриманий в результаті показник характеризує середнє квадратичне відхилення і розраховується як:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} . \quad (1.12)$$

Середнє квадратичне відхилення показує на скільки одиниць в середньому індивідуальні значення ознаки відхиляються від середнього значення.

Якщо потрібно визначити міру варіації не в одиницях виміру ознаки якості, а у відсотках до середнього значення, тоді використовуємо показник, який має назву коефіцієнт варіації, і який визначається за формулою:

$$V = \frac{d}{x} 100 = \frac{\sigma}{x} 100 \quad (1.13)$$

Коефіцієнт варіації показує, на скільки відсотків в середньому індивідуальні значення ознаки відрізняються від середнього значення ознаки.

Для альтернативної ознаки, коли в наявності P -частка елементів з певною ознакою, дисперсія визначається як:

$$\sigma^2 = p(1-p) \quad (1.14)$$

1.4 Вибіркове спостереження

На практиці проведення спостереження, яке б охоплювало всі елементи сукупності, часто є неможливим. Причини цьому можуть бути різними: труднощі із отриманням потрібної інформації за всіма одиницями сукупності; властивості об'єкта дослідження; витрати, пов'язані із дослідженням кожної одиниці сукупності, тощо. Тому для збору необхідної інформації застосовують вибіркове спостереження. Вибіркове спостереження — вид несутільного спостереження. В ньому за характеристиками відібраної частини одиниць приймають рішення про всю досліджувану сукупність. Сукупність, з якої відбираються елементи для обстеження, називають ще генеральною, а сукупність, яку безпосередньо обстежують, вибірковою. Оскільки вибіркова сукупність не точно відтворює структуру генеральної, то вибіркові характеристики не збігаються з характеристиками генеральної сукупності. Розбіжності між ними називають похибками репрезентативності. За причинами виникнення ці похибки поділяються на систематичні (тенденційні) та випадкові. Систематичні похибки виникають за умови, що під час

формування вибіркової сукупності порушується принцип випадковості вибору (упереджений вибір елементів, недосконала основа вибірки тощо). Випадкові похибки це такі, які неминуче виникають і при дотриманні принципу випадковості відбору. Вони не носять тенденційний характер і не ведуть до зміщення узагальнюючих показників генеральної сукупності.

Головне завдання при організації вибіркового обстеження полягає в запобіганні виникнення систематичних похибок. Що стосується випадкових похибок, то їх уникнути неможливо, проте на основі теорії вибіркового методу можна визначити їхній розмір і по можливості регулювати.

У практиці вибірових спостережень використовують два типи вибірових оцінок: точкові та інтервальні. Точкова оцінка – це значення параметра за даними вибірки: вибіркова середня \bar{x} , або вибіркова частка P . Інтервальна оцінка – це інтервал значень параметра, розрахований за даними вибірки для певної ймовірності, тобто довірчий інтервал. На основі точкового параметра вибіркової сукупності можна визначити інтервальний параметр генеральної сукупності.

Для генеральної середньої сукупності довірчий інтервал для певного рівня ймовірності визначається за наступною формулою:

$$x - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \geq \mu < \bar{x} + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.15)$$

для генеральної частки:

$$p - t \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \leq W \leq p + t \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}, \quad (1.16)$$

де \bar{x} – вибіркова середня певної ознаки;

P – вибіркова частка певної ознаки;

μ – генеральна середня;

W – генеральна частка;

t – коефіцієнт кратності помилки або коефіцієнт довіри;

$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ – середня помилка вибірки для оцінки генеральної середньої;

$\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ – середня помилка вибірки для частки.

Дисперсія вибірових середніх у n разів менша від дисперсії ознаки у генеральній сукупності, тому між вибіровим і середньоквадратичним відхиленням генеральної сукупності існує співвідношення:

$$\sigma_{\lambda} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.17)$$

де σ_{λ} – вибірове середнє квадратичне відхилення;

σ – середнє квадратичне відхилення для генеральної сукупності;

n – обсяг вибірки.

Коефіцієнт кратності помилки залежить від ймовірності того, з якою надійністю потрібно визначити межі генеральної сукупності. Він визначається на основі характеристики функції щільності нормального розподілу. Добуток середньої помилки вибірки на коефіцієнт довіри є не що інше як гранична помилка вибірки і визначається:

$$\Delta - t \sqrt{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad \text{– для середньої,} \quad (1.18)$$

$$\Delta - t \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad \text{– для частки} \quad (1.19)$$

В практичній діяльності важливе значення має встановлення обсягу вибірки, достатнього для представлення вибірковими оцінками властивостей генеральної сукупності. Обсяг вибірки визначається за формулою:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2} \quad (1.20)$$

Дисперсія визначається або за результатами попередніх досліджень, або, коли відомі межі варіації ознаки, враховуючи, що приблизно 99,7 % всієї сукупності потрапляють в інтервал $x \pm 3\sigma$. В останньому випадку користуються формулою:

$$\sigma = \frac{1}{6}(x_{\max} - x_{\min}) \quad (1.21)$$

Для альтернативної ознаки, коли відсутня інформація про структуру сукупності, умовно вважають, що частка $P = 0,5$, і дисперсія приймає максимально можливе значення $\sigma^2 = 0,5(1-0,5) = 0,25$.

1.5 Графічні методи статичного управління якістю

Графіки, створені на основі зібраних даних є корисним засобом подання інформації. Їх головною перевагою є наочність подання інформації та легкість сприйняття. Існує значна кількість видів та типів графіків, тому вірний вибір відповідного графіка для найкращого подання інформації є в певній мірі мистецтвом. За допомогою графіків можливо охарактеризувати структуру сукупності як співвідношення між її складовими, основні статистичні характеристики явища чи процесу центральну тенденцію та варіацію, як в статистиці, так і в динаміці. Графік дає можливість виявити головні особливості об'єкта дослідження, а також виявити індивідуальні особливості певних

елементів, таким чином діалектично поєднуючи в собі загальне та індивідуальне. Використання графіків, як показує світовий досвід, є надзвичайно корисним в сфері управління якістю. До найбільш використовуваних в управлінні якістю графіків належать наступні:

- гістограма;
- діаграма Парето;
- графік часових рядів.

Гістограма є графіком, призначеним для характеристики явища чи процесу за певний період часу. Гістограма являє собою стовпчиковий графік, побудований за певний період (наприклад, за тиждень чи місяць) по даних, які розподіляються на кілька інтервалів; висота стовпчика кожного інтервалу даних визначається числом спостережень, які попадають до кожного інтервалу (частотою). Дані для побудови гістограми збирають протягом тривалого періоду часу – тижня, місяця, року.

Якими б ідентичними не були умови виробництва, показники якості завжди мають певне розсіювання. Автоматизація виробництва зменшує розсіювання, але не позбавляє від нього. При ретельному дослідженні можна побачити, що розсіювання відповідає певним залежностям. Звичайно, частота розсіювання є максимальною в центрі зони розсіювання, а чим далі від центра, тим частота менше, тобто найчастіше розсіювання відповідає так званому нормальному закону розподілу. Отже, систематизуючи показники якості і аналізуючи побудовану для них гістограму, можна легко з'ясувати вид розподілу, а визначивши середнє значення \bar{x} та стандартне відхилення σ , можливо провести порівняння показників якості із контрольними нормативами і таким чином отримати інформацію високої точності.

Гістограма створюється головним чином для аналізу значень вимірних параметрів, але може використовуватись і для розрахункових значень. Завдяки простоті побудови і наочності гістограми знайшли використання в різних галузях:

— для аналізу значень показників якості, таких як розміри, маса, хімічний склад, вихід продукції, при приймальному контролі, при контролі процесу в різних сферах діяльності, при контролі готової продукції;

— для аналізу чистого часу операцій, часу використання і т. д.;

— для аналізу числа бракованих виробів, дефектів, поломок і т. ін.;

Діаграма Парето названа на честь відомого економіста В. Парето. Це графік, який дає можливість визначити головні причини виникнення дефектів і зосередити на них увагу. Принцип побудови діаграми Парето ґрунтується на так званому "правилі Парето", яке застосовується до якості продуктів – більшість усіх дефектів викликана кількома причинами. Досвід показує, що найбільша абсолютна і відносна кількість дефектів викликана дією незначної по відношенню до загальної кількості причин. Звичайно це від 1 до 3 причин, через які виникає від 60% до 80 % усіх невідповідностей. Діаграма Парето дає можливість визначити ці причини і привернути до них увагу. Діаграма Парето може мати вигляд або стовпчикового графіка, або кругової структурної діаграми. Вона створюється наступним чином:

1. Збираються дані про дефекти та їх кількість.
2. Визначається загальна кількість дефектів кожного виду, які виникли за певний період часу.
3. Створюється, наприклад, стовпчиковий графік, в якому висота кожного стовпчика відповідає кількості дефектів цього виду.

При цьому стовпчики розташовуються в порядку зменшення кількості дефектів зліва направо. Всі дефекти, кількість яких порівняно з іншими є не значною, об'єднуються в групу "Інші", якій відповідає останній стовпчик графіка. Цей стовпчик може бути більшим, ніж кілька попередніх, але він має найменшу значимість з точки зору вдосконалення якості, оскільки усунення причин виникнення дефектів, які входять до цієї групи, дасть найменший ефект. Головним завданням створення графіку є визначення тих кількох видів дефектів, які мають абсолютну та відносну більшість. Це будуть ті дефекти, стовпчики яких розташовані зліва на графіку. Саме усунення причин

виникнення цих дефектів дасть в кінцевому рахунку найбільше зменшення загальної кількості дефектів та найкращий економічний ефект.

В практиці управління якістю користуються графіками, які дають можливість охарактеризувати розвиток певного процесу у часі. При створенні такого графіку на осі x відкладаються періоди часу, в які було отримано дані, а на осі y – значення показників, які відповідають цим періодам часу. З певного виробничого процесу кожної години збирають результати виміру окремої частини деталей (у мм), що виготовляються, і наносять їх на графік.

1.6 Висновки до розділу

Таким чином, використання статистичних методів без впровадження ПЕОМ є трудомісткими і затратними. Для усунення цього недоліку необхідно автоматизувати систему управління якістю підприємства за рахунок використання спеціалізованого статичного пакету «СТАТИСТИКА» на ПЕОМ.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

З метою підвищення якості продукції мною була вивчена система управління якістю на двох машинобудівних підприємствах: Харківський тракторний завод і 1 Шарикопідшипниковий завод. Дані підприємства були вибрані тому, що в силу особливостей організації технологічного процесу на сьогоднішній день процент бракованої продукції становить:

- Харківський тракторний завод – 32 %;
- 1 Шарикопідшипниковий завод – 44%.

Кількість рекламаций в квартал становить:

- Харківський тракторний завод – 24;
- 1 Шарикопідшипниковий завод – 29.

2.1 Методика застосування контрольних карт для підвищення якості продукції

При організації будь-якого виробничого процесу виникає завдання установки меж характеристик виробу, в рамках яких проведена продукція задовольняє своєму призначенню. Взагалі кажучи, існує два «вороги» якості продукції: відхилення від планових специфікацій і дуже великий розкид реальних характеристик виробів (щодо планових специфікацій). На ранніх стадіях відладки виробничого процесу для оптимізації цих двох показників якості часто використовуються методи планування експерименту. Розглянута в роботі методика з використанням пакету статистичної обробки «СТАТИСТИКА» призначена для побудови процедур контролю якості продукції в процесі її виробництва, тобто поточного контролю якості.

Загальний підхід до поточного контролю якості достатньо простий. В процесі виробництва проводяться вибірки виробів заданого об'єму. Після цього в пакеті «СТАТИСТИКА» будуються діаграми мінливості вибіркового

значень планових специфікацій в цих вибірках і розглядається ступінь їх близькості до заданих значень. Якщо діаграми виявляють наявність тренду вибірових значень або виявляється, що вибіркові значення знаходяться поза заданими межами, то вважається, що процес вийшов з-під контролю, і робляться необхідні дії для того, щоб знайти причину його розладнання. Не дивлячись на те, що можна достатньо довільно визначити момент розладнання виробничого процесу (наприклад, при виході відповідних значень за межі верхніх і нижніх контрольних меж), звичайною практикою є застосування статистичних методів для визначення цього моменту. Після вибору контрольованої характеристики (наприклад, стандартного відхилення) оцінюється її очікувана мінливість у вибірках того розміру, який використовуватиметься в контрольованій процедурі. Потім за допомогою отриманих оцінок мінливості встановлюють контрольні межі карти.

2.1.1 Контрольні карти

Методом, який би дозволив визначити моменти прояву причин розладнання виробничого процесу і сприяв встановленню цих причин, стали запропоновані В. Шугартом контрольні карти. Методологія контрольних карт, яка розвивається з 30-х років ХХ століття, стала основним засобом статистичного управління процесами. Завдяки можливості високого ступеня формалізації контрольні карти стали популярним засобом управління якістю у всьому світі. Так, в Японії разом із діаграмою процесів, діаграмою «причин і наслідків», Парето – діаграмою, контрольним листком, гістограмою і діаграмою розсіювання вони становлять «7 простих інструментів вдосконалення якості». Як зазначає відомий японський науковець Х. Куме: "...із застосуванням контрольних карт починається і ними ж завершується цикл з вдосконалення якості». Це означає, що контрольні карти виступають як засіб, через використання якого, розпочинається вдосконалення якості і як засіб підтвердження досягнутих результатів.

Контрольна карта представляє собою графічний засіб оцінки певної ознаки якості, виміряні значення якої наносяться на графік відповідно до порядку отримання у часі (рис. 2.1).

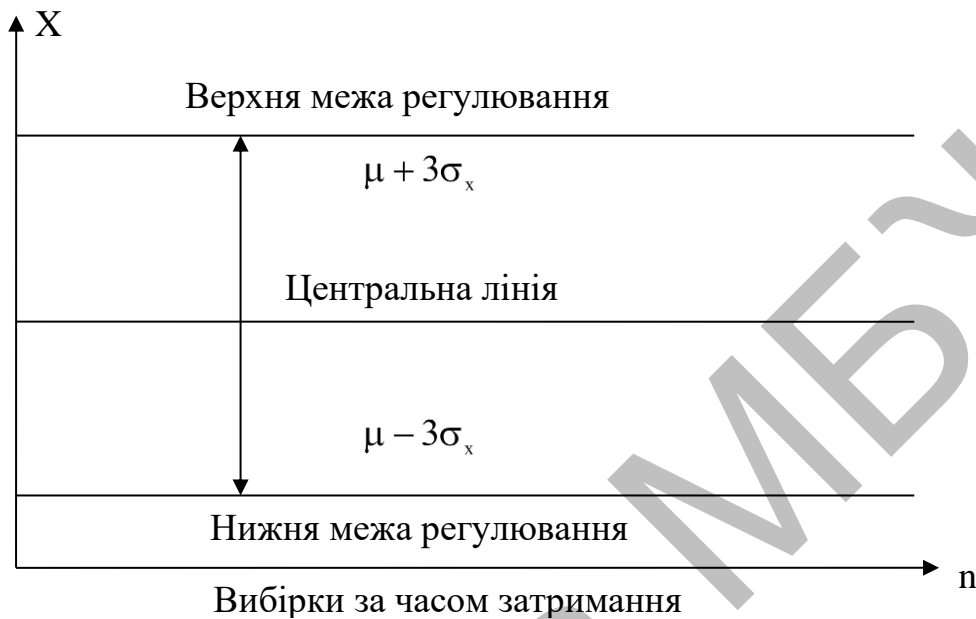


Рисунок 2.1 — Схема контрольної карти Шугарта

Графік контрольної карти складається з вертикальної осі, на яку наносять масштаб ознаки якості, що досліджується, та горизонтальної осі, яка характеризує послідовність отриманих даних. На графіку знаходиться центральна лінія, яка відповідає середньому значенню ознаки якості і двох ліній, які мають назви меж регулювання, верхньої (ВМР) та нижньої (НМР). Термін «межа регулювання», як сучасний підхід розглядає управління процесами з точки зору використання контрольних карт як засобу діагностики стану процесу та моніторингу стосовно появи можливих змін, тобто ширшому розумінні, ніж просто критерій прийняття рішення про необхідність регулювання процесу. Галузь застосування контрольних карт також стосується всіх можливих процесів організації.

Потрібно особливо відзначити, що межі регулювання ні в якій мірі не співвідносяться із межами допуску, які встановлюються при проектуванні виробу чи розробці послуги. Останні характеризують відповідність вимогам

споживачів окремих одиниць створеного продукту. Це зовсім інші характеристики, і недоцільно наносити їх на один графік. В найгіршому випадку така помилка приведе до руйнування системи статистичного управління процесами, в кращому – ускладнить інтерпретацію контрольних карт. Процес може бути під впливом особливих причин, тобто розподіл значень його ознак є непередбачуваним, але останні можуть знаходитись в межах допуску.

Через деякий час такий процес приведе до створення невідповідної продукції, якщо дію особливих причин варіації не буде вилучено. Коли ж процес є стабільним, можливо очікувати, що він матиме такі саме параметри варіації і в майбутньому, і навіть якщо в поточний час створюється продукція, яка не відповідає вимогам допусків, завдяки певним коригувальним діям можливо зробити так, щоб виготовлена продукція відповідала вимогам.

Межі регулювання обираються таким чином, що поки на процес впливають лише випадкові причини варіації, майже всі значення вибірових статистичних показників ознаки якості, які наносять на карту, знаходитимуться між ними. Поки точки вибірових спостережень розташовані в межах регулювання, вважається, що процес знаходиться в стані статистичного управління або є стабільним. В тому випадку, якщо точка, яка відповідає певному вибіровому спостереженню, буде знаходитися поза межами регулювання, існує підстава вважати, що процес вийшов із стану стабільності.

В цьому випадку слід вжити коригувальних дій і провести поглиблений аналіз ситуації з метою визначення причин та їх наступного усунення.

Деякі вчені розглядають контрольну карту як послідовність статистичних перевірок гіпотез. При цьому послідовно (кожним наступним значенням ознаки якості) перевіряється гіпотеза про рівність вибірової статистики певному гіпотетичному значенню, тобто:

$$H_0: \mu_1 = \mu_0, \quad H_0: \mu_1 \neq \mu_0. \quad (2.1)$$

Тоді точка, яка знаходиться в межах регулювання, не дає підстав відкинути гіпотезу про стабільність процесу, в той час як точка за межами регулювання, дає такі підстави, на користь альтернативної гіпотези про вихід процесу із стану керованості. Але між методологією контрольних карт і перевіркою гіпотез існують певні відмінності. Головна полягає в тому, що перевірка гіпотез добре відповідає лише випадку одноразової зміни середньої, яка після такої зміни залишиться стабільною на новому рівні, в той час, як в реальних випадках можливі більш складні ситуації.

При створенні карти, збираються дані і разом із відповідною статистикою на графік наносять межі регулювання. Дані можуть бути історичними і зібраними попередньо для інших цілей, або збиратись спеціально із метою створення контрольної карти. Основною характеристикою цього етапу є те, що межі регулювання обчислюються після того, як дані було зібрано. В більшості випадків набір даних не дає можливості зробити позитивний висновок про стан статистичної стабільності, і обчислені межі регулювання можна охарактеризувати як «випробувальні межі регулювання». Якщо на карті є сигнали про вихід процесу із стану стабільності і дані є відносно застарілими (наприклад, для виробництва це може бути минулий тиждень), то може бути доволі складно дослідити виникнення надзвичайних причин. Якщо є такі сигнали, розглядається можливість переобчислення меж шляхом вилучення із сукупності даних тих, з якими пов'язані сигнали, і для яких визначені причини їх виникнення. Іноді потрібно переглянути схему вибіркового отримання даних, якщо вона є неінформативною. В будь-якому разі, коли цей етап завершується, слід мати межі регулювання, з якими вже можна здійснювати ведення контрольної карти в реальному масштабі часу.

При удосконаленні процесу, використовуючи межі регулювання, оцінені на етапі створення карти, наноситься інформація по мірі її надходження. Здійснюється пошук сигналів, і якщо вони трапляються, визначаються причини, які призвели до їхньої появи. В разі вдалого визначення джерела цих причин, його необхідно усунути, щоб в певній мірі вдосконалити процес. Коли обсяг даних, враховуючи дані з етапу створення карти, стає великим, скажімо, перевищує 100 спостережень, межі регулювання переобчислюють. Те ж саме здійснюється і у випадку значних позитивних змін у процесі. Якщо робота з вдосконалення здійснюється на постійній основі, то з певного часу частота появи сигналів зменшується. Тоді можна вважати, що процес знаходиться в стані так званого економічного управління. З цього моменту переходять до останнього етапу.

Моніторинг процесу проводиться навіть якщо проведена на етапі удосконалення процесу, діяльність була ефективною, тобто вдалося позбутися певних особливих причин варіації, можливо у майбутньому з'являться нові надзвичайні причини. У деяких випадках на процес можуть впливати відомі причини, усунення яких неможливе через економічні чи технологічні фактори. Тому ведення контрольної карти продовжується, щоб визначати нові надзвичайні причини. При цьому можна змінити або частоту збору даних, або навіть тип контрольної карти.

Межі регулювання використовуються як критерій для встановлення сигналів про необхідність дії або для висновку про те, виявляє чи ні набір даних стан статистичної керованості. Іноді також застосовується інший набір меж, які називаються попереджувальними, і в такому випадку контрольна карта подає сигнали про можливі зміни в процесі. У ситуації, коли існують сигнали контрольної карти, персонал може вживати певні дії по регулюванню процесу. Така дія регулювання може бути у формі:

- обстеження джерел походження установленної причини;
- налагодження процесу на бажаному рівні;
- зупинки процесу для проведення поглибленого аналізу.

Критерії ефективності контрольних карт. Призначенням контрольних карт є подання сигналів про невідповідності, до яких можна віднести зсуви у рівні процесу. Існують два типи помилок, властивих будь-якій статистичній процедурі для підтримки прийняття рішення. Для застосувань контрольних карт це:

а) помилки першого роду (тип I або альфа-ризик), коли робиться висновок, що мав місце зсув параметрів процесу, коли насправді його не було. Ці помилки призводять до витрат, які зумовлені переконтролюванням (надмірним налагодженням) або дослідженням неіснуючих проблем;

б) помилки другого роду (тип II або бета-ризик), коли зсув у рівні процесу не виявляється, тоді як він насправді відбувся. Ці помилки призводять до витрат, пов'язаних з незадовільним ходом процесу (результатом якого є істотна кількість одиниць товарної продукції чи послуг, що не відповідають вимогам), який своєчасно не був зупинений внаслідок відсутності можливостей розпізнати причини відхилень у процесі.

Для заданої конфігурації контрольної карти, включаючи обсяг вибірки і використовувані межі, може бути побудована так звана крива операційної характеристики (ОХ). Вона зображує ймовірність розпізнавання зміни рівня процесу за певний час як функцію його рівня. Цей підхід може бути застосований тільки для контрольних карт Шугарта і приймальних контрольних карт, які є критерієм рішення про хід процесу, що базується на поточній оцінці даних кожного спостереження.

У цьому контексті довжина серії вибірок визначається як кількість підгруп, перевірених за час відтоді, як трапилась зміна у процесі до того моменту, як контрольна карта подасть сигнал, що відбувся зсув. З метою розробки контрольних карт зручно використовувати середнє значення розподілу, середню довжину серії. Середню довжину серії можна застосовувати з метою визначення тривалості часу, протягом якого контрольна карта зреагує на вихід процесу з стану статистичного контролю. При цьому слід пам'ятати, що в кожному окремому випадку справжня довжина

серії вибірок буде довше або коротше, ніж розраховане для даної карти значення середньої довжини серії.

Економічні особливості застосування контрольних карт полягають в наступному. Проведення вибірових спостережень за станом процесу вимагає використання певних ресурсів. Визначення частоти здійснення вибірок є важливим елементом при оцінюванні економічного впливу альфа і бета-ризиків. Це важливіше для цілей приймального процесу, ніж для визначення того, чи існує стан статистичного контролю. Праці, розроблені з цих питань, дають різні спеціальні рекомендації щодо вибору економічно ефективних контрольних карт. Спеціальні рекомендації щодо обсягу і частоти вибірок наведені в окремих стандартах по застосуванню контрольних карт. Загальною настановою є те, що на початкових стадіях застосування контрольної карти бажано якнайшвидше дійти висновку про стан стабільності процесу за рахунок більш частого здійснення вибірок. По мірі того, як процес стабілізується і стає зрозумілою його історія, частота вибірок може зменшуватися. Більші вибірки можуть бути корисними для визначення малих змін у рівні процесу, проте більш часті менші вибірки можуть бути корисними для швидкого визначення значних за розміром змін.

Рекомендації щодо застосування контрольних карт. Майже всі процеси можуть отримати позитивні наслідки з використання статистичних методів управління процесами, насамперед контрольних карт. Для того, щоб така діяльність була успішною, доцільно розглянути наступні пункти:

1. Визначити, яку ознаку процесу слід досліджувати.
2. Визначити, де контрольна карта може бути застосована до процесу.
3. Обрати потрібний вид контрольної карти.
4. Приймати рішення по результатах статистичного аналізу. Статистичні методи є не метою, вони засіб досягнення головної мети організації - якості її продукту.
5. Визначитися із системою збору даних та програмним забезпеченням для комп'ютерів.

На початку впровадження програми із застосування контрольних карт звичайно є дуже складним завданням з'ясувати, до якого продукту або ознаки процесу їх слід використовувати. Також виникають питання стосовно місця застосування контрольних карт у процесах. В зв'язку з цим доцільно користуватися такими рекомендаціями:

1. Спочатку контрольні карти має сенс застосувати до будь-якої ознаки чи виробничої операції, яка вважається важливою. Відразу буде отримано інформацію, яка покаже, потрібні карти чи ні.

2. В тих місцях і процесах, де карти є непотрібними, їх варто позбутися, а в тих місцях, де на думку фахівців вони є корисними, їх слід впровадити.

3. Інформацію стосовно місця застосування, кількості і типу контрольних карт варто постійно оновлювати. Вона є складовою частиною системи якості підприємства.

Як показує світовий досвід застосування контрольних карт після їх впровадження, їх кількість спочатку збільшується, а згодом починає зменшуватись. Коли досягнута відносна стабільність процесів, кількість контрольних карт залишається майже постійною, проте це не завжди ті ж самі типи карт, які були при їх впровадженні.

4. Із ефективним використанням контрольних карт і набуття досвіду, кількість карт для варіаційних ознак збільшується, в той час, як частка карт атрибутивних ознак в загальній кількості буде зменшуватися.

5. На початку впровадження програми застосування контрольних карт використовують атрибутивні контрольні карти на етапах напівзавершеного чи завершеного виробництва, що відповідає перевірці на відповідність вимогам вже створеного виробу. Чим більшими стають обсяги інформації стосовно процесів, тим частіше доцільно замінити такі карти картами кількісних ознак на ранніх етапах процесів. Взагалі, виходячи з концепції попередження дефектів, ніж їх виправлення, на чим більш ранніх етапах виробництва процеси знаходяться в статистично керованому стані, тим краще. На рівні складних виробництв це означає впровадження статистичного управління

процесами для постачальників і виробників комплектуючих. Прикладом і політика корпорації «Даймлер-Крайслер» та інших корпорацій світової автомобільної індустрії стосовно постачальників комплектуючих для автомобілів. Всі вони зобов'язані впровадити статистичні методи і здійснювати відповідне документальне підтвердження досягнутих результатів.

Контрольні карти є засобом безпосереднього спостереження і вдосконалення процесів. Їх слід впроваджувати і використовувати безпосередньо на робочих місцях, тоді зворотній зв'язок буде якнайшвидшим. Оператори виробничих процесів та інженери-фахівці безпосередньо відповідають за збір даних, підтримку карт і тлумачення результатів. Оператори і інженери мають детальні знання стосовно процесів і спроможні виправити розлагодження, знайти шляхи та вдосконалити результативність процесів.

6. Застосування контрольних карт є особливо ефективним, коли вони використовуються в системі з іншими методами управління якістю, такими як Парето-діаграма, діаграма причин і наслідків, іншими методами. Контрольна карта дає можливість визначити головні чинники виникнення особливих причин. Узагальнюючи ці дані за допомогою Парето-діаграми та її стратифікації (розшарування), можливо визначити ті, які зустрічаються найбільш часто. Знайшовши способи усунення цих причин, здійснюється вдосконалення як самого процесу, так і створюваного ним продукту.

2.2 Результати досліджень використання контрольних карт на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі

2.2.1. Створення p-карти і np-карти, коли стандартні значення не задані

Підшипники виготовляються на автоматичній лінії збірки. Оскільки невідповідності є серйозними, для розпізнавання того, чи є процес

виробництва на лінії зборки статистично керованим, використовується частка невідповідностей. Р-карта створюється шляхом збору даних із 25 вибірових груп як попередніх даних (табл.2.1). Дані в табл. 2.1 характеризують кількість невідповідних одиниць на годину, виявлених 100 % контролем у об'єктах підшипників

Таблиця 2.1 – Попередні дані про невідповідність підшипників

| № підгрупи | Кількість перевірених підшипників n | Кількість невідповідних підшипників np | Процент невідповідностей p |
|------------|---------------------------------------|--|------------------------------|
| 1 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 2 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 3 | 4000 | 10 | 0,250 |
| 4 | 4000 | 4 | 0,100 |
| 5 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 6 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 7 | 4000 | 7 | 0,175 |
| 8 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 9 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 10 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 11 | 4000 | 5 | 0,125 |
| 12 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 13 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 14 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 15 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 16 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 17 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 18 | 4000 | 18 | 0,450 |
| 19 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 20 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 21 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 22 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 23 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 24 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 25 | 4000 | 14 | 0,350 |

Нижче обчислені центральна лінія і межі регулювання. Центральна лінія визначається як загальна середня частка дефектів з усіх вибірок

$$ЦЛ = \frac{8+14+\dots+14}{4000 \cdot 25} = \frac{269}{100000} = 0,0027 = 0,27\%;$$

$$ВМР = p + 3\sqrt{p(1-p)/n} = 0,0027 + 3\sqrt{0,0027(1-0,0027)/4000} = 0,0052 = 0,52\%$$

$$НМР = p - 3\sqrt{p(1-p)/n} = 0,0027 - 3\sqrt{0,0027(1-0,0027)/4000} = 0,0002 = 0,02\%$$

Контрольна карта побудована за даними зображена на рис 2.2

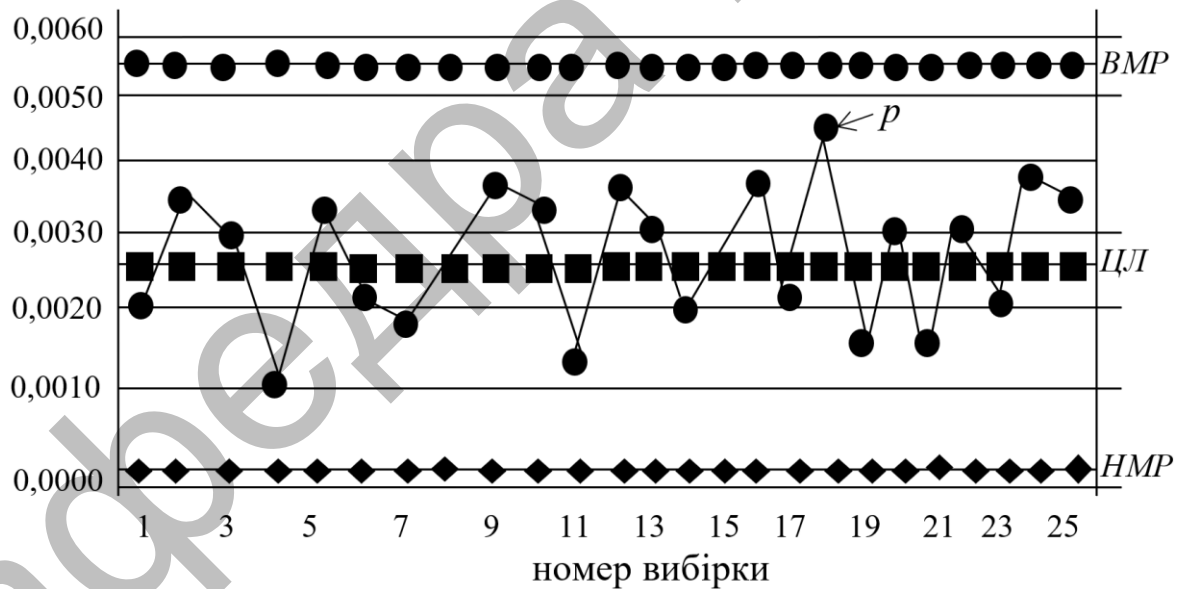


Рисунок 2.2 — P-карта часток невідповідностей

Карта вказує, що процес виготовлення підшипників знаходиться у стані статистичної керованості, хоча процент невідповідностей, можливо, занадто великий. Тепер ці межі регулювання можна використовувати для майбутніх підгруп до того часу, поки процес не зміниться або ж не вийде із стану статистичної керованості. Необхідно звернути увагу на те, що оскільки процес

статистично керований, не схоже на те, що будь-яке поліпшення можна вчинити без зміни процесу.

Якщо виконується поліпшення, треба, щоб були обчислені різні межі регулювання для майбутніх підгруп, які б відображали зміну виконання процесу. Якщо процес було поліпшено (зменшене значення P), використовуються нові межі, але якщо процес погіршився (підвищене значення P), необхідно шукати додаткові установлювані причини.

Слід зазначити, що np -карта також була б доцільною для цих даних, оскільки обсяги всіх вибірок рівні. Обчислення для np -карт наведені далі, а карта зображена на рис. 2.3. Параметри np -карти:

$$ЦЛ = n\bar{p} = \frac{8+14+\dots+14}{25} = 10,76;$$

$$ВМР = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 10,76 + 3\sqrt{10,76(1-0,0027)} = 20,59;$$

$$НМР = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 10,76 - 3\sqrt{10,76(1-0,0027)} = 0,885.$$

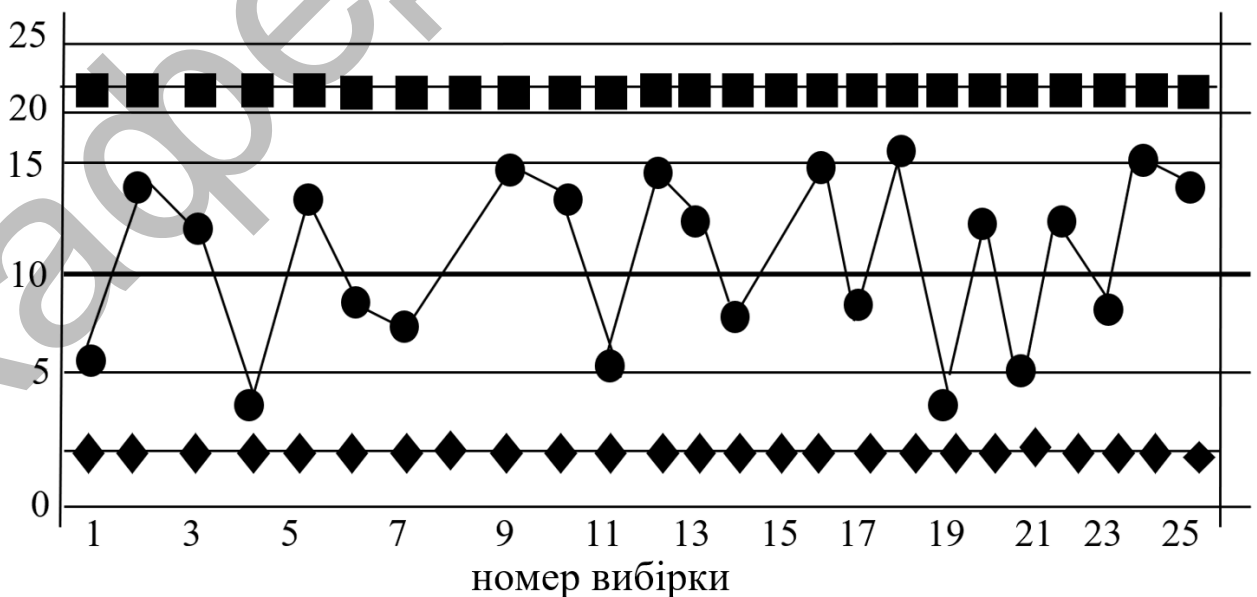


Рисунок 2.3 — Контрольна карта числа дефектів

2.2.2 Створення р-карти часток браку на ХТЗ для вибірок неоднакового об'єму, коли стандартні значення задані

Контролю підлягали форсунок двигуна за двома показниками якості. Якщо виріб має дефекти принаймні по одній ознаці, він визначається як невідповідний. Допустима частка браку встановлена на рівні $P_0 = 0,002$ (на тисячу виробів два дефектних). Число виробів у вибірках сильно коливається, тому границі регулювання потрібно вираховувати для кожної вибірки окремо.

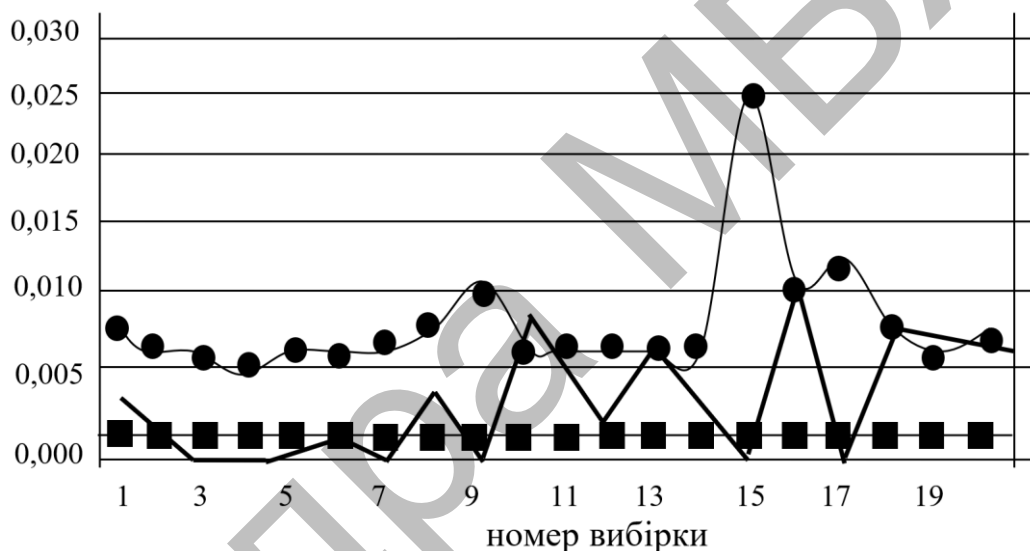


Рисунок 2.4 — Р-карта для процесу виготовлення форсунок

Межі регулювання для числа дефектних виробів np наведені в п'ятому стовпці табл. 2.2. Число дефектних виробів можна порівняти з границями регулювання для np безпосередньо за табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розлади форсунок

| Номер партії | Об'єм вибірки n | Число дефектів на виріб np | Частка браку p | Верхня границя регулювання для np | Верхня границя регулювання для p |
|--------------|-------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 600 | 2 | 0,0033 | 4,5 | 0,0075 |
| 2 | 1300 | 2 | 0,0015 | 7,4 | 0,0057 |
| 3 | 2000 | 1 | 0,0005 | 10,0 | 0,0050 |

Продовження таблиці 2.2

| | | | | | |
|----|------|----|--------|------|--------|
| 4 | 2500 | 1 | 0,0004 | 11,7 | 0,0047 |
| 5 | 1550 | 5 | 0,0032 | 8,4 | 0,0054 |
| 6 | 2000 | 2 | 0,0010 | 10,0 | 0,0050 |
| 7 | 1550 | 0 | 0,0 | 8,4 | 0,0054 |
| 8 | 780 | 3 | 0,0038 | 5,3 | 0,0068 |
| 9 | 260 | 0 | 0,0 | 2,7 | 0,0103 |
| 10 | 2000 | 15 | 0,0075 | 10,0 | 0,0050 |
| 11 | 1550 | 7 | 0,0045 | 8,4 | 0,0054 |
| 12 | 950 | 2 | 0,0021 | 6,0 | 0,0063 |
| 13 | 950 | 5 | 0,0053 | 6,0 | 0,0063 |
| 14 | 950 | 2 | 0,0021 | 6,0 | 0,0063 |
| 15 | 35 | 0 | 0,0 | 0,9 | 0,0247 |
| 16 | 330 | 3 | 0,0091 | 3,1 | 0,0094 |
| 17 | 200 | 0 | 0,0 | 2,3 | 0,0115 |
| 18 | 600 | 4 | 0,0067 | 4,5 | 0,0075 |
| 19 | 1300 | 8 | 0,0062 | 7,4 | 0,0057 |
| 20 | 780 | 4 | 0,0051 | 5,3 | 0,0068 |

Центральна лінія для р-карти визначається на основі стандартного значення: $P_0=0,0020$. Межі регулювання для р-карти при $n=600$:

$$BMP = p_0 + 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} = 0,0075; \quad HMP = p_0 - 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} = 0. \quad (2.2)$$

Межі регулювання для np-карти при $n=600$:

$$np_0 \pm \sqrt{np_0} = 1,2 \pm 3 \cdot 1,095 = \left\langle \begin{matrix} 4,5 \\ 0 \end{matrix} \right\rangle. \quad (2.3)$$

Для інших значень n розрахунки аналогічні. Таким чином при виготовленні 10 та 19 партій процес порушився, в силу чого необхідні заходи для визначення причин та їх усунення.

2.2.3 Створення контрольної карти середньої кількості дефектів на одиницю продукції (u-карта).

На заводі по виготовленню підшипників кожних півзміни перевіряють 150 підшипників і протоколюється загальна кількість дефектів на один виріб – u . Щоб вивчити стан наявності статистичного контролю процесу було вирішено встановити u-карту для кількості дефектів на один виріб. Дані спостережень наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати спостережень кількості дефектів при виготовленні підшипників

| Підгрупа № | Кількість дефектів, c | Кількість дефектів на одиницю продукції, u |
|------------|-------------------------|--|
| 1 | 4 | 0,027 |
| 2 | 5 | 0,033 |
| 3 | 3 | 0,020 |
| 4 | 6 | 0,040 |
| 5 | 2 | 0,013 |
| 6 | 1 | 0,007 |
| 7 | 5 | 0,033 |
| 8 | 6 | 0,040 |
| 9 | 2 | 0,013 |
| 10 | 4 | 0,027 |
| 11 | 7 | 0,047 |
| 12 | 5 | 0,033 |
| 13 | 2 | 0,013 |
| 14 | 3 | 0,020 |
| Всього | 35 | 0,026 |

Середнє значення обчислюється із табл. 2.3 наступним чином. Загальна кількість дефектів (з рядку значень c) ділиться на загальну кількість перевірених виробів (тобто 14x150):

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{55}{14 \cdot 150} = 0,26. \quad (2.4)$$

Характеристики u-карти:

$$ЦЛ = \bar{u} = 0,26; \quad (2.5)$$

$$ВМР = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,26 + 3\sqrt{\frac{0,26}{150}} = 0,65; \quad (2.6)$$

$$ВМР = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,26 - 3\sqrt{\frac{0,26}{150}} = 0. \quad (2.7)$$

Дані і межі регулювання приведені на рис. 2.5. Оскільки від'ємні значення неможливі, нижня межа на рис. 2.5 не зображена. Карта вказує, що процес знаходиться у стані статистичного контролю.

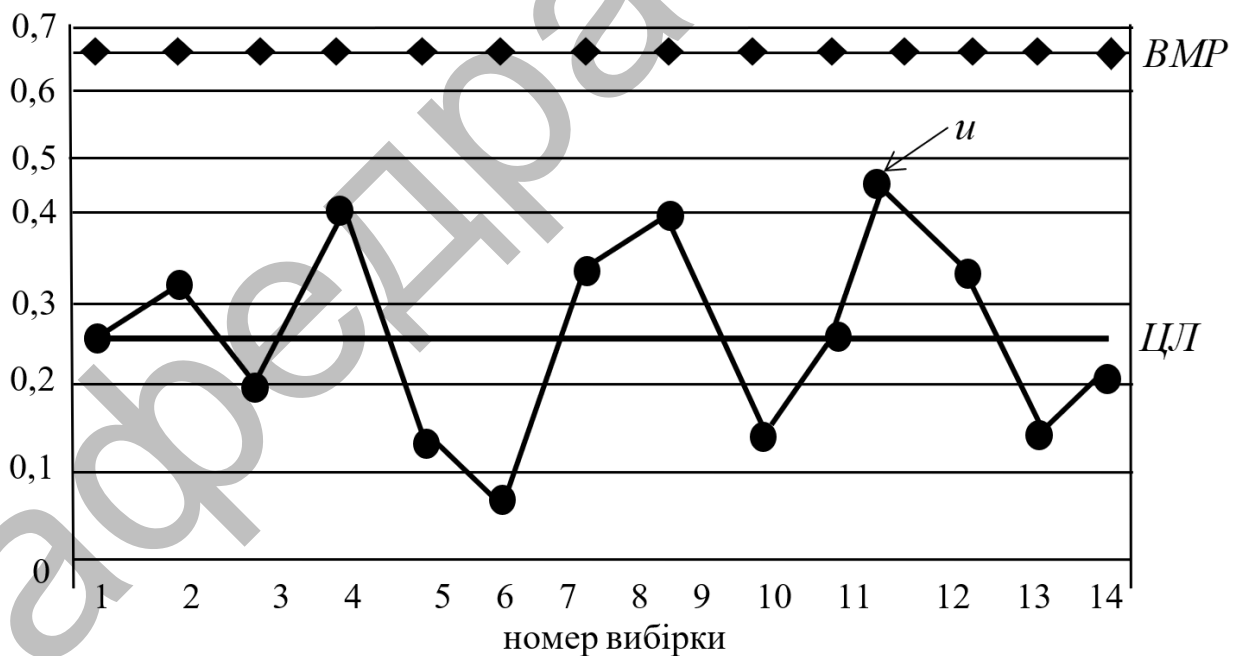


Рисунок 2.5 — Контрольна u-карта для контролю виробництва підшипників

2.2.4 Створення стандартизованої p-карти.

Визначимо стабільність процесу за допомогою стандартизованої контрольної карти для частки дефектів. На графік контрольної карти наносять стандартизовані значення:

$$Z = \frac{p_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \quad (2.8)$$

Верхня межа регулювання дорівнює 3, нижня межа регулювання дорівнює -3, а центральна лінія - 0. Дані для розрахунків і стандартизовані значення наведені в табл. 2.4.

Таблиця – 2.4 Розрахунки для створення стандартизованої p-карти

| № підгрупи | Перевірена кількість | Кількість дефектів np | Частка дефектів p | $p - \bar{p}$ | Z |
|------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------|
| 1 | 158 | 11 | 0,07 | 0,0189 | 0,5378 |
| 2 | 140 | 11 | 0,079 | 0,0207 | 0,9261 |
| 3 | 140 | 8 | 0,057 | 0,0207 | 0,1379 |
| 4 | 155 | 6 | 0,039 | 0,0197 | 1,0611 |
| 5 | 160 | 4 | 0,025 | 0,0193 | 1,8019 |
| 6 | 144 | 7 | 0,049 | 0,0204 | 0,5323 |
| 7 | 139 | 10 | 0,072 | 0,0208 | 0,5855 |
| 8 | 151 | 11 | 0,073 | 0,0199 | 0,6605 |
| 9 | 163 | 9 | 0,055 | 0,0192 | 0,2532 |
| 10 | 148 | 5 | 0,034 | 0,0201 | 1,2855 |
| 11 | 150 | 2 | 0,013 | 0,0200 | 2,3455 |
| 12 | 153 | 7 | 0,046 | 0,0198 | 0,7003 |
| 13 | 149 | 7 | 0,047 | 0,0200 | 0,6412 |
| 14 | 145 | 8 | 0,055 | 0,0203 | 0,2388 |
| 15 | 160 | 6 | 0,038 | 0,0193 | 1,1298 |
| 16 | 165 | 15 | 0,091 | 0,0190 | 1,6355 |
| 17 | 136 | 18 | 0,132 | 0,0210 | 3,4393 |
| 18 | 153 | 10 | 0,065 | 0,0198 | 0,2603 |

Продовження таблиці 2.4

| | | | | | |
|----|-----|----|-------|--------|---------|
| 19 | 150 | 9 | 0,06 | 0,0200 | 0,0075 |
| 20 | 148 | 5 | 0,034 | 0,0201 | 1,2855 |
| 21 | 135 | 0 | 0 | 0,0211 | 2,8425 |
| 22 | 165 | 12 | 0,073 | 0,0190 | 0,6904 |
| 23 | 143 | 10 | 0,07 | 0,0205 | 0,4961 |
| 24 | 138 | 8 | 0,058 | 0,0208 | -0,0889 |
| 25 | 144 | 14 | 0,097 | 0,0204 | 1,8222 |
| 26 | 161 | 20 | 0,124 | 0,0193 | 3,3271 |

Стандартизована контрольна карта часток дефектів побудована за даними табл.2.4 приведена на рис. 2.6.

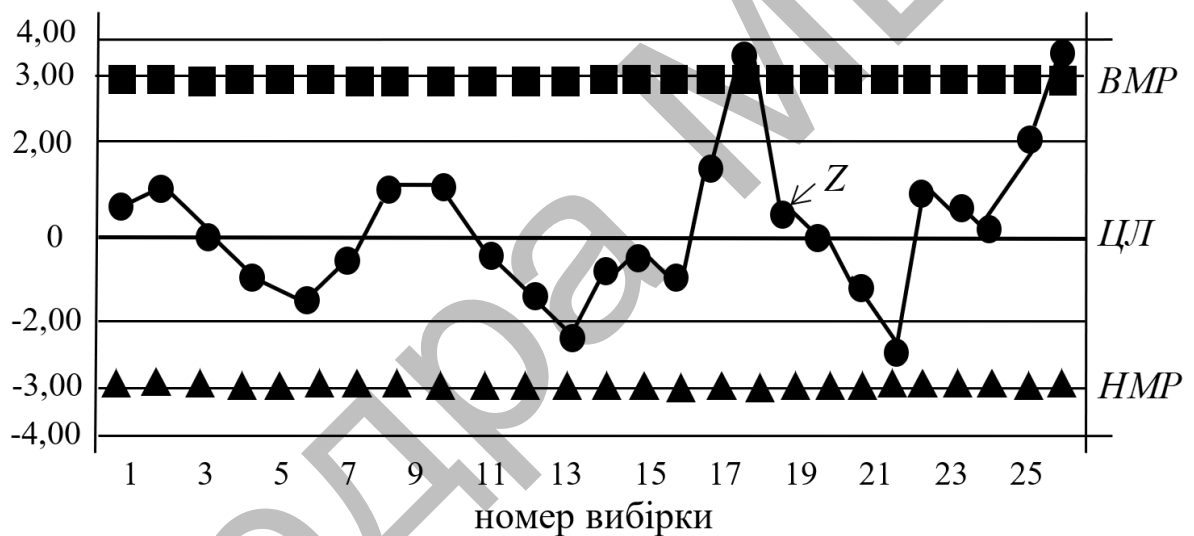


Рисунок 2.6 — Стандартизована контрольна карта часток дефектів

2.3 Висновки до розділу

Аналіз стандартизованої контрольної карти часток дефектів показав що процес є статистично не стабільним, оскільки є 2 значення вище верхньої межі регулювання. В разі з'ясування причин для появи точок за межами регулювання, ці точки можливо буде вилучити з розрахунків. Межі регулювання при цьому, на відміну від традиційної карти часток, не змінюватимуться. Тому стандартизовані контрольні карти є більш зручними при візуальній оцінці процесу, але, в певній мірі, складнішими для тлумачення отриманих числових значень.

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Загальна проблема, з якою стикаються інженери з контролю якості, полягає в тому, аби визначити, скільки виробів з партії (наприклад, отриманої від постачальника) необхідно досліджувати, аби бути упевненими в тому, що вироби цієї партії володіють прийнятною якістю. Так в ХТЗ є постачальник поршневих кілець для невеликих двигунів, і наша мета – розробити процедуру вибіркового контролю поршневих кілець в партіях, що присилаються, для забезпечення необхідної якості. В принципі це завдання схоже з завданням, розглянутим раніше в попередньому розділі, де досліджувався статистичний контроль якості промислової продукції.

Процедури вибіркового контролю застосовуються у тому випадку, коли потрібно вирішити, чи задовольняє певним специфікаціям партія виробів, не вивчаючи при цьому всі вироби. Через природу задачі – приймати або не приймати партію виробів – ці методи інколи називають статистичним приймальним контролем.

Очевидна перевага вибіркового контролю над повним (суцільним) контролем партії полягає в тому, що вивчення лише вибірки (а не всієї партії) вимагає меншого часу і фінансових витрат. В деяких випадках дослідження виробу є руйнівним (наприклад, випробування сталі на граничну міцність), і суцільний контроль знищив би всю партію. Нарешті, з точки зору управління виробництвом, відбракування всієї партії або постачання від даного постачальника (на підставі вибіркового контролю) замість бракування лише певного відсотка дефектних виробів (на підставі суцільного контролю) часто заставляє постачальників строго дотримуватися стандартів якості.

Розглянемо методи обчислень. В принципі обчислювальний підхід до питання про те, наскільки велику вибірку слід узяти, нескладний. Якщо взяти повторні вибірки певного об'єму з сукупності, скажімо, поршневих кілець, і обчислити їх середні діаметри, то розподіл цих середніх значень

наближатиметься до нормального розподілу з певним середнім значенням і стандартним відхиленням (або стандартною помилкою; для вибірових розподілів термін «стандартна помилка» є більш прийнятним, аби відрізнити мінливість середніх значень від мінливості виробів в генеральній сукупності). На щастя, немає необхідності брати повторні вибірки з сукупності, аби оцінити m значення і мінливість (стандартну помилку) вибірового розподілу. Маючи достатнє уявлення (оцінкою) того, яка мінливість (стандартне відхилення, або σ) в даній сукупності, можна вивести вибіровий розподіл середнього значення. В принципі цієї інформації вистачає, аби оцінити об'єм вибірки, необхідний для виявлення деякої зміни якості (в порівнянні з заданими специфікаціями). Опускаючи деталі відповідних обчислювальних процедур розглянемо питання про те, які параметри повинен мати в своєму розпорядженні інженер, аби провести відповідні обчислення.

Щоб формалізувати процес перевірки партії поршневих кілець потрібно сформулювати дві альтернативні гіпотези. По-перше, можна передбачити, що середні діаметри поршневих кілець задовольняють технічним умовам. Ця гіпотеза називається нульовою гіпотезою (H_0). Альтернативна гіпотеза (H_1), полягає в тому, що діаметри поршневих кілець відхиляються від технічних умов більше, ніж на певну величину. Відмітимо, що можна сформулювати такого роду гіпотези не лише для вимірів, типу діаметрів поршневих кілець, але і для якісних характеристик (ознак). Наприклад, можна передбачити (H_1), що доля дефектних виробів в партії перевищує певний відсоток (нульова гіпотеза). Природно, що чим більше відмінність між H_0 і H_1 , тим меншого об'єму вибірка необхідна для виявлення цієї відмінності.

Повертаючись до ситуації з поршневими кільцями, відмітимо, що існує два роди помилок, які можна зробити при перевірці партії поршневих кілець. По-перше, можна помилково відкинути H_0 , тобто забракувати партію, вирішивши, що діаметри поршневих кілець відхиляються від заданих специфікацій. Вірогідність зробити таку помилку зазвичай називається

вірогідністю помилки першого роду (типу альфа). Друга помилка, яку можна зробити, помилково не відкинути H_0 (прийняти партію поршневих кілець), коли насправді середній діаметр поршневих кілець відхиляється від потрібного на певну величину. Вірогідність цієї помилки зазвичай називається вірогідністю помилки другого роду (типу бета). Ясно, що ніж більша упевненість в правильному рішенні вам потрібна, тобто чим нижче буде задана вірогідність помилок першого і другого роду, тим більшого об'єму вибірки буде потрібно; фактично, щоб бути упевненим на 100%, доведеться виміряти кожне поставлене вашій компанії поршневе кільце.

Далі побудуємо план вибіркового контролю. Аби побудувати простий план вибіркового контролю, спочатку приймається рішення про об'єм вибірки, засноване на середніх значеннях в припущенні справедливості гіпотез H_0 або H_1 і конкретних значеннях вірогідності помилок типу альфа і бета. Потім береться одна вибірка цього фіксованого об'єму і на підставі значення цього вибіркового середнього приймається рішення прийняти або відкинути дану партію. Така процедура називається контролем з фіксованим об'ємом вибірки.

Потужність плану вибіркового контролю з фіксованим об'ємом вибірки можна представити за допомогою кривої операційних характеристик. На рис. 3.1 вірогідність відкинути H_0 (і прийняти H_1) відкладається по осі ординат як функція відхилення фактичних значень, відкладених по осі абсцис, від заданого (номінального) значення. Ця вірогідність, зрозуміло, дорівнює одиниці мінус вірогідність помилки другого роду (помилково відкинути H_1 і прийняти H_0) і називається потужністю виявлення відхилень для плану вибіркового контролю з фіксованим об'ємом вибірки. На рис. 3.1 показані функції потужності для вибірок різного об'єму. Як альтернатива контролю з фіксованим об'ємом вибірки можна випадковим чином вибирати окремі поршневі кільця і записувати їх відхилення від номіналу. Продовжуючи вимірювати кожне наступне вибране поршневе кільце, обчислюють поточну загальну суму відхилень від номіналу (сумарне відхилення).

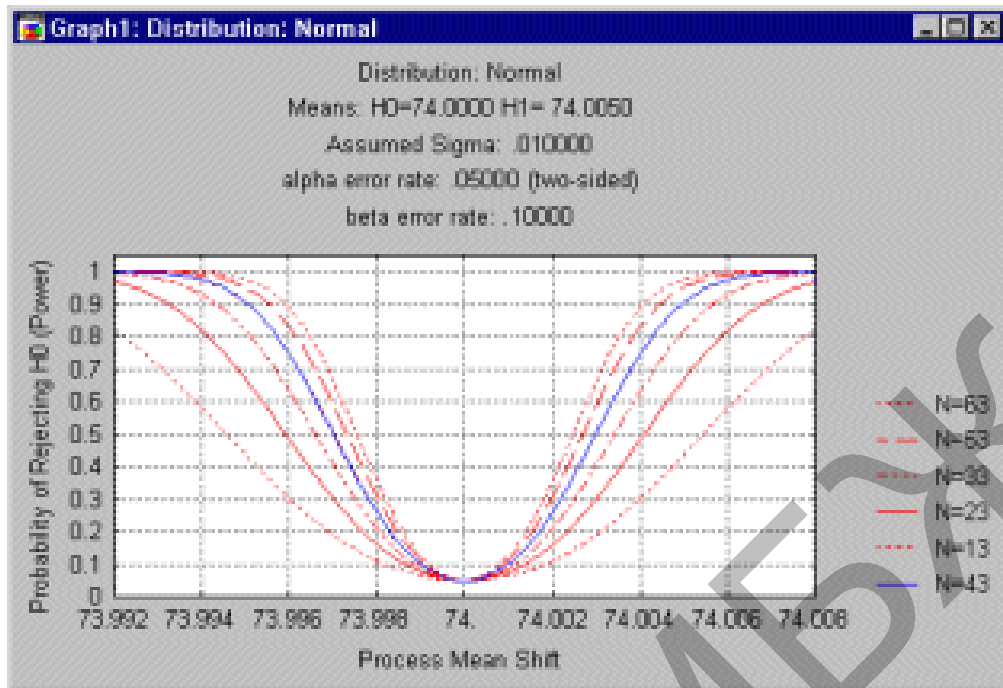


Рисунок 3.1 — Функції потужності для вибірок різного об'єму

Ясно, якщо гіпотеза H_1 вірна, іншими словами, якщо середній діаметр поршневих кілець в даній партії відрізняється від номінального, то слід чекати поступового збільшення або зменшення сукупного (накопиченого) відхилення залежно від того, більше або менше середній діаметр кілець в партії, чим номінал. Такого роду послідовний вибірковий контроль чутливіший, ніж контроль, заснований на вибірці фіксованого об'єму. На практиці відбір виробів продовжується до тих пір, поки партія не буде прийнята або забракована.

Спочатку зазвичай будується графік, на якому показується накопичене відхилення від номіналу (що відкладається на осі ординат) для послідовно відібраних виробів (наприклад, поршневих кілець, номер яких у вибірці відкладається по осі абсцис). Потім на графіці проводяться два набори прямих, що позначають «коридор» (рис. 3.2). Відбір виробів продовжується до тих пір, поки сукупне відхилення залишається усередині даного коридору. Відбір припиняється, якщо накопичене відхилення виходить з коридору. Якщо це

значення піднімається вище за верхню лінію або опускається нижче за нижню лінію, партія забраковується.

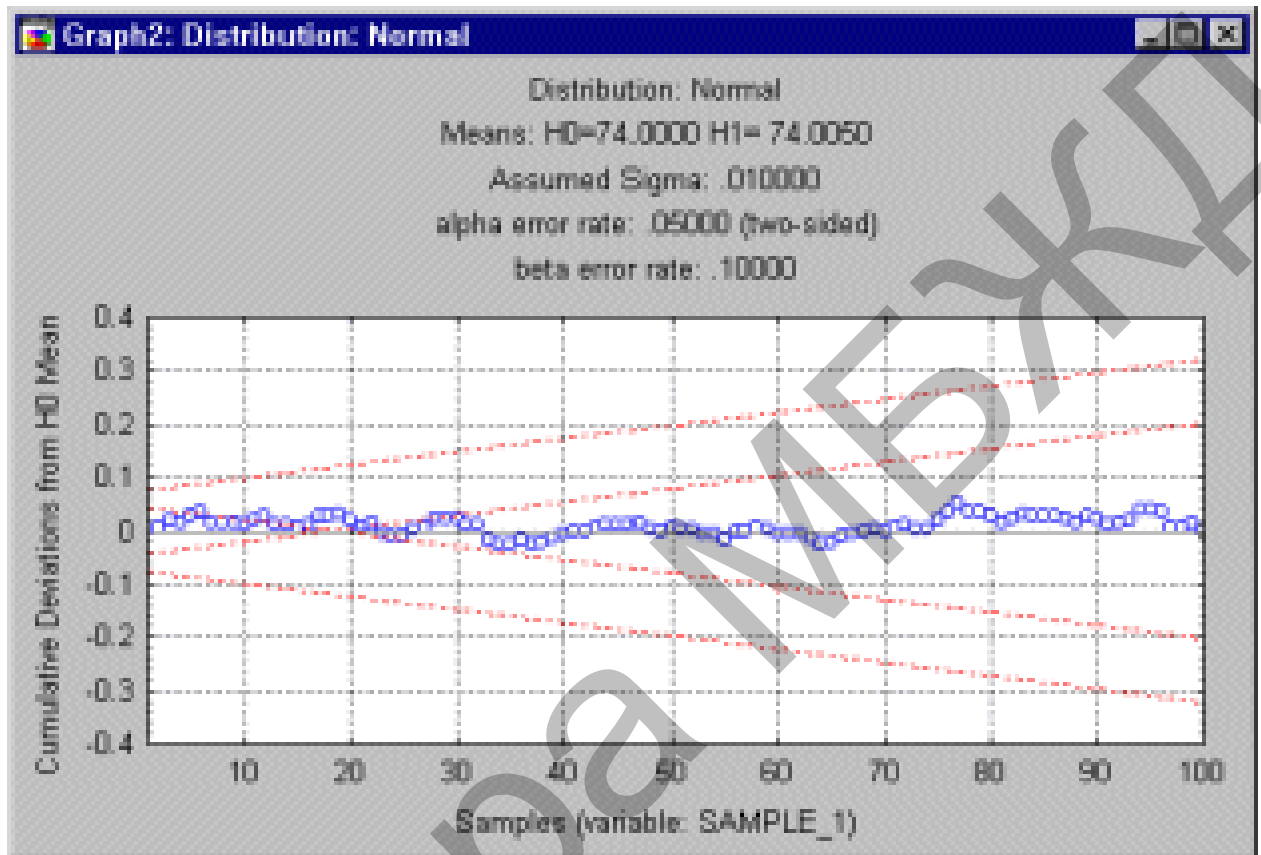


Рисунок 3.2 — Послідовний вибірковий контроль.

Якщо накопичене відхилення виходить з коридору всередину, тобто наближається до середньої лінії, партія приймається (це вказує на практично нульове відхилення від номіналу). Зверніть увагу, що внутрішня область починається з деякого певного номера, який відповідає мінімальній величині об'єму вибірки, необхідної для ухвалення рішення про приймання партії виробів (при заданій вірогідності помилки).

Отже, мета статистичного контролю – використання статистичного «висновку» для приймання або відбракування всієї партії виробів на підставі вивчення лише порівняно невеликого числа виробів з цієї партії. Перевага вживання статистичних міркувань при ухваленні такого рішення полягає в можливості обчислення або завдання в явному вигляді вірогідності прийняти

помилкове рішення. Завжди, коли можливо, послідовний вибірковий контроль слід віддати перевазі над контролем з фіксованим об'ємом вибірки, оскільки він володіє більшою потужністю. В більшості випадків для ухвалення рішення з тією ж мірою упевненості послідовний вибірковий контроль в середньому вимагає аналізу меншого числа вибірок, чим контроль із заздалегідь фіксованим об'ємом вибірки.

3.1 Методика досліджень статистичних методів для аналізу придатності виробничого процесу

У попередньому розділі ми розглянули декілька методів оцінки якості виробничого процесу. Проте як тільки процес стає керованим, виникає наступне питання: «у якій мірі довготривала поведінка процесу задовольняє технічним умовам і цілям, поставленим керівництвом?». Повертаючись до завдання з поршневыми кільцями, можна запитати: яка кількість використаних поршневих кілець потрапляє в границі конструктивного допуску? У загальніших термінах питання ставиться так: "наскільки даний процес (або постачальник) здатний виробляти вироби, що задовольняють технічним умовам?" Більшість описаних тут процедур і характеристик виробництва порівняно недавно упроваджені на ХТЗ. Вони дозволяють оцінити придатність процесу за допомогою осмислених показників.

Спочатку ми обговоримо обчислення і інтерпретацію показників придатності процесу для випадку нормального розподілу. Якщо розподіл параметрів якості не підкоряється нормальному закону, то можливі модифіковані показники, обчислені на основі квантилів відповідного апроксимуючого розподілу з числа розподілів (наприклад, Вейбулла, логарифмічно нормального, бета, гамма і ін.) не гаусівський або з сімейства розподілів загального вигляду за допомогою методу моментів.

Відмітимо, що немає сенсу вивчати придатність виробничого процесу, якщо він не керований. Іншими словами, якщо середні значення послідовних

вибірок сильно флюктують або явно знаходяться поза заданим допуском, то спочатку потрібно вирішити проблеми якості. Отже, перший крок до організації високоякісного процесу виробництва полягає в тому, аби зробити процес керованим за допомогою методів контролю якості.

Якщо процес керований, то можна ставити питання про його придатність. Відповідь на це питання ґрунтується на «статистичних» міркуваннях і близький до проблеми вибіркового контролю, що обговорювалася раніше. Повертаючись до ситуації з поршневими кільцями, відмітимо, що якщо дана вибірка певного об'єму, то можна оцінити стандартне відхилення процесу виробництва поршневих кілець. Потім можна побудувати гістограму розподілу діаметрів поршневих кілець. Якщо розподіл діаметрів нормальний, то можна зробити висновки про долю поршневих кілець, що потрапляють в границі допуску.

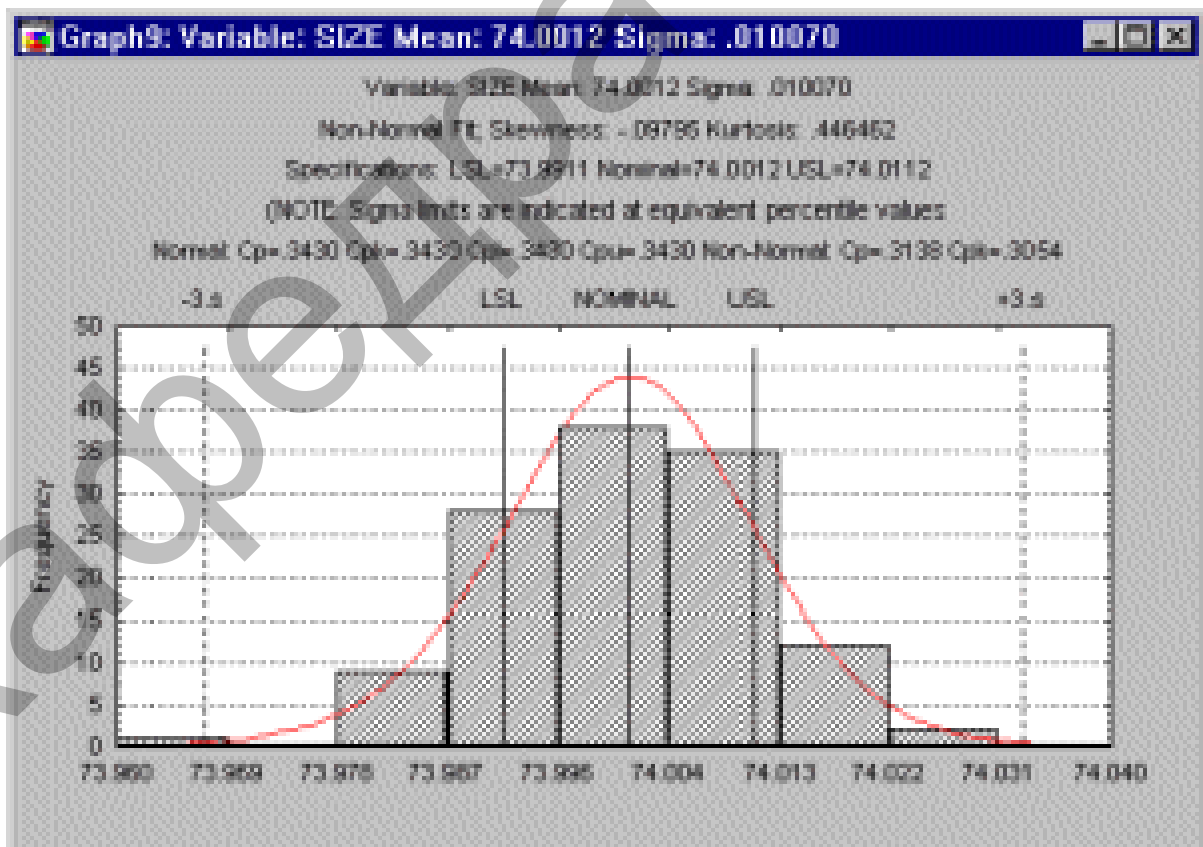


Рисунок 3.3 — Гістограми розподілу діаметрів поршневих кілець.

Для негаусівських розподілів використовується метод процентилів. Розглянемо основні показники придатності, найчастіше використовувані для аналізу виробничих процесів.

1. Розмах процесу. Як правило, спочатку знаходять границі $\pm 3\sigma$ по обидві сторони від номіналу. Насправді границі σ мають бути ті ж самі, що застосовуються для забезпечення керованості процесу за допомогою контрольних карт. Ці границі позначають розмах процесу. Якщо використовується інтервал $\pm 3\sigma$, то в припущенні нормальності розподілу можна зробити вивід про те, що приблизно 99% всіх поршневих кілець знаходяться в цих границях.

2. Зазвичай технічні умови задають деякий діапазон допустимих значень. У даному прикладі вважається прийнятним, якщо значення діаметрів поршневих кілець лежать в межах $74,0 \text{ мм} \pm 0,02 \text{ мм}$. Таким чином, нижня границя допуску (НГД) для даного процесу дорівнює $74,0 - 0,02 = 73,98$ (мм), верхня границя допуску (ВГД) дорівнює $74,0 + 0,02 = 74,02$ (мм). Різниця між НГД і ВГД називається розмахом допуску.

3. Потенційна придатність (C_p). Це простий і найприродніший показник придатності виробничого процесу. Він визначається як відношення розмаху допуску до розмаху процесу; при використанні границь $\pm 3\sigma$ даний показник можна виразити у вигляді:

$$C_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma}. \quad (3.1)$$

Дане відношення виражає долю розмаху кривої нормального розподілу, що потрапляє в границі допуску (за умови, що m значення розподілу є номінальним, тобто процес центрований). В ідеалі, звичайно, було б добре, якби цей показник перевищував 1, тобто хотілося б досягти такого рівня придатності процесу, аби жоден (або майже кожний) виріб не виходив за границі допуску. Цікаво, що на початку 80-х років японська промисловість

прийняла за стандарт $C_p=1,33$. Придатність процесу, потрібна для виготовлення високотехнологічних виробів, ще вище: компанія Minolta встановила показник $C_p=2,0$ як мінімальний стандарт для себе і як загальний стандарт для своїх постачальників.

Відмітимо, що висока придатність процесу зазвичай наводить до нижчої, а не до вищої собівартості, якщо врахувати витрати на рекламацію, пов'язану з низькою якістю продукції.

4. Відношення придатності (C_r). Цей індекс є зворотним до показника C_p і обчислюється як відношення $1/C_p$.

5. Нижня C_{pl} (верхня C_{pu}) потенційна придатність. Недолік показника C_p (і C_r) полягає в тому, що він може дати невірну інформацію про виробничий процес в тому випадку, якщо m процесу відрізняється від номінального. Іншими словами, якщо процес не центрований. Нецентрованість, або зміщення процесу виробництва можна виразити таким чином. Спочатку можна обчислити верхній і нижній показники придатності, аби відобразити відхилення спостережуваного середнього процесу від НГД і ВГД. Приймавши як розмах процесу границі $\pm 3\sigma$, обчислимо наступні показники:

$$C_{pl} = \frac{(m - НГД)}{3\sigma}, \quad (3.2)$$

$$C_{pu} = \frac{(ВГД - m)}{3\sigma}. \quad (3.3)$$

Ясно, що якщо ці значення не збігаються, то процес не центрований.

6. Поправка на нецентрованість (k). Можна скоректувати індекс C_p , аби врахувати зсув. А саме, обчислимо:

$$k = \frac{|Номінал - m|}{0,5(ВГД - НГД)}. \quad (3.4)$$

Цей поправочний множник виражає відношення нецентрованості (номінал мінус m) до допуску.

7. Підтверджена якість (C_{pk}). Нарешті, C_p можна скоректувати, за рахунок поправки на нецентрованість за допомогою обчислення:

$$C_{pk} = (1 - k)C_p. \quad (3.5)$$

Якщо процес ідеально центрований, то $k=0$ і $C_{pk}=C_p$. Проте коли процес зміщується від номінального значення, k збільшується, і $C_{pk} < C_p$.

3.2 Дослідження якості і придатності процесу виробництва

При контролі процесу за допомогою карт контролю якості часто буває корисно обчислювати показники придатності процесу. Коли набір даних складається з декількох вибірок, то можна обчислити два різні показники мінливості. Один з них – звичайне стандартне відхилення для всіх спостережень, воно не враховує те що дані складаються з декількох вибірок. Інший показник оцінює власний розкид процесу по мінливості всередині вибірки. Відмітимо, проте, що ця оцінка застосовна лише тоді, коли процес статистично стійкий.

Коли при стандартних обчисленнях придатності використовується загальна мінливість процесу, отримані показники зазвичай називають показниками якості процесу (оскільки вони описують фактичну поведінку процесу), тоді як показники, обчислені виходячи з власного розкиду (σ вибірки), називаються показниками придатності (оскільки вони описують власну придатність процесу).

Як вже наголошувалося, чим вище показник C_p , тим краще процес – і це співвідношення не знає верхньої межі. Питання ціни якості, тобто збитків, пов'язаних з поганою якістю, детально обговорюються у зв'язку з методами робасних експериментів Тагучі. Як правило, вища якість зазвичай призводить до зниження загальної собівартості. Хоча витрати виробництва при цьому збільшуються, але збитки, викликані поганою якістю, наприклад, із-за реклаमाцій споживачів, втрати частки ринку і тому подібне, зазвичай набагато перевищують витрати на контроль якості. На практиці два або три добре спланованих експерименти, проведених протягом декількох тижнів, часто дозволяють досягти значення показника C_p , рівного 5 або вище.

Розглянуті вище показники мають сенс лише тоді, коли вимірювані параметри якості дійсно підкоряються нормальному розподілу (показники придатності для розподілів, відмінних від нормального, будуть введені нижче). Існують спеціальні критерії для перевірки припущення про нормальність (наприклад, критерій Колмогорова-Смирнова або критерій хі-квадрат). Візуальна перевірка на нормальність проводиться за допомогою графіків вірогідність-вірогідність ($B - B$) і квантиль-квантиль ($K - K$) для нормального розподілу.

До введення на початку 80-тих років показників придатності загальним методом опису характеристик виробничого процесу був розрахунок і вивчення границь довірчого інтервалу цього процесу. Сенс цієї процедури такий. Спочатку передбачимо, що відповідний параметр якості нормально розподілений на сукупності виробів, що випускаються. Тоді можна підрахувати верхню і нижню границі інтервалу, що гарантують з певним довірчим рівнем (вірогідністю), що певний відсоток сукупності знаходиться в цих межах. Іншими словами, якщо задані:

- конкретний об'єм вибірки (n);
- m процесу;
- стандартне відхилення (σ);

- довірчий рівень;
- відсоток сукупності, який повинен попасти в інтервал,

то можна обчислити відповідні границі довірчого інтервалу, що задовольняють всім заданим параметрам. Крім того, існує можливість розрахунку непараметричних границь довірчого інтервалу, не заснованих на припущенні нормальності розподілу.

Аналіз повторюваності і відтворюваності пов'язаний з вивченням питання про точність вимірів. Мета аналізу повторюваності і відтворюваності – визначити, яка частина мінливості результатів вимірів викликана відмінністю вимірюваних виробів або деталей (мінливість деталей), відмінністю операторів або приладів, що здійснюють виміри, (відтворюваність) і помилками (похибками) вимірів, здійснюваних тими ж операторами при декількох вимірах однаковими приладами одних і тих же деталей (повторюваність). У ідеальному випадку всі коливання результатів вимірів викликані мінливістю самих деталей, і лише мала частина залежить від відтворюваності (приладів і операторів) і повторюваності (повторних вимірів).

Якщо повернутися до ситуації з поршневыми кільцями на ХТЗ, то для виявлення відхилення діаметрів від номінального на 0,01 мм буде потрібно вимірювальні прилади (калібри) відповідної точності. Описувані далі процедури дозволяють інженерові обчислити необхідну точність інструментів і різних операторів, що використовують їх, порівняно з розкидом параметрів деталей усередині вибірки.

Стандартні показники повторюваності, відтворюваності і мінливості деталей можна обчислити на основі розмахів (як це все ще прийнято в таких експериментах) або за допомогою аналізу таблиці дисперсій (ДА). Крім того, таблиця дисперсійного аналізу містить F-тест (перевірку статистичної значущості) взаємодії оператор-деталь і видає оцінки дисперсій, стандартних відхилень і довірчих інтервалів для компонент моделі дисперсійного аналізу.

Нарешті, можна розрахувати відповідні відсотки повної мінливості і отримати так звану статистику допустимості. Кожний вимір можна вважати таким, що складається з компонент, зв'язаних:

- з характеристиками вимірюваної деталі або виробу;
- з надійністю вимірювального приладу;
- з особливостями оператора (людини, що застосовує вимірювальний прилад).

За визначенням, метод виміру (вимірювальна система) відтворюваний, якщо різні оператори, що використовують його, отримують ідентичні або дуже близькі результати. Метод виміру повторюваний, якщо повторні виміри однієї і тої же деталі дають ідентичні результати. Обидві ці характеристики – повторюваність і відтворюваність – впливають на точність вимірювальної системи. Можна спланувати експеримент для оцінювання величин кожної компоненти, тобто повторюваності, відтворюваності і мінливості деталей, і таким чином оцінити точність вимірювальної системи. По суті ця процедура зводиться до дисперсійного аналізу (ДА) плану багатofакторного експерименту, що включає як чинники різні деталі, операторів і повторні виміри (випробування). Тоді можна обчислити відповідні компоненти дисперсії, аби оцінити повторюваність (дисперсію, пов'язану з відмінностями результатів повторних випробувань), відтворюваність (дисперсію, пов'язану з відмінностями між операторами), і мінливість деталей (дисперсію, пов'язану з відмінностями між деталями).

Існує декілька способів графічно представити результати експериментального дослідження повторюваності і відтворюваності. У даному дослідженні 5 різних інженерів (операторів) тричі (три дослідження) виміряли одну і ту ж вибірку з 8 кілець (деталей). Можна побудувати графік середніх значень виміру кожній з 8 деталей кожним оператором. Якщо вимірювальна система відтворювана, то характер зміни середніх по трьох дослідах від деталі до деталі має бути схожим для всіх 5 інженерів, що взяли участь в дослідженні.

Можна застосувати концепції R (розмаху) і $S(\sigma)$ карт для контролю за мінливістю процесу в даній ситуації і побудувати графік розмахів (або сигм) для операторів і деталей (рис.3.4). Ці графіки дозволять виявити сильні відхилення (викиди) серед операторів і деталей. Якщо який-небудь оператор дає особливо великий розкид вимірів, вам захочеться з'ясувати, чому саме у нього виникли труднощі із здобуттям надійних результатів (наприклад, можливо, він неправильно зрозумів інструкції по використанню вимірювального приладу).

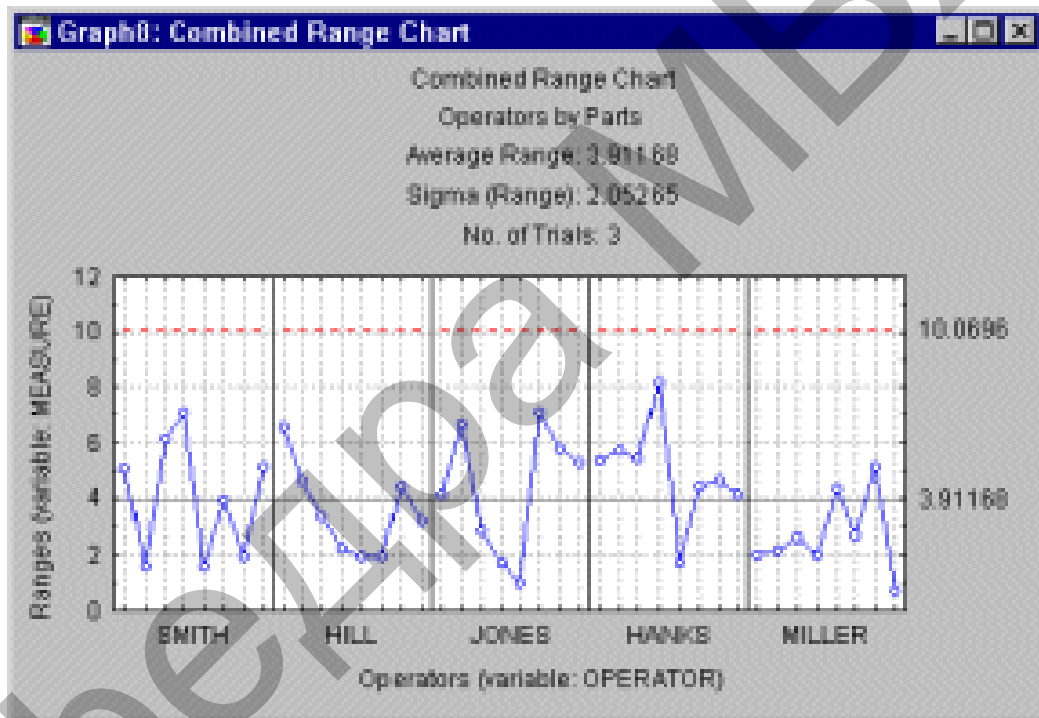


Рисунок 3.4 — Графік розмахів для операторів і деталей

Аналогічним чином, R -карта (рис.3.5) для деталей дозволяє виявити деталі, для яких особливо важко отримати надійні виміри; дослідження цієї конкретної деталі може допомогти зрозуміти недоліки вживаної вимірювальної системи.

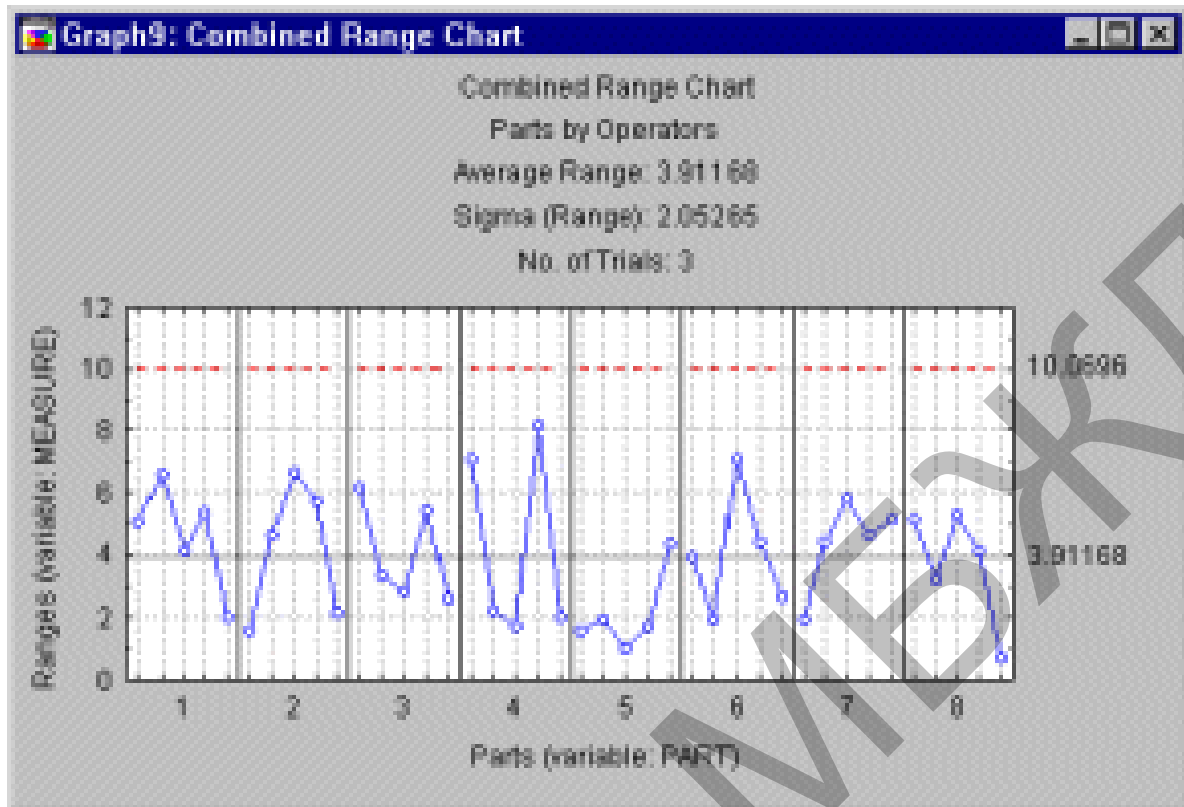


Рисунок 3.5 — *R*-карта для деталей.

На підсумковому графіку (рис.3.6) показані індивідуальні виміри, зроблені кожним інженером (оператором). Виміри представлені відхиленнями від відповідних середніх значень для відповідної деталі. Кожен вимір показаний на графіці у вигляді точки, а результати дослідів, проведених для кожної деталі конкретним оператором, сполучені вертикальними лініями. Точки, які поміщені в прямокутник («ящик») показують загальний розкид вимірів, зроблених відповідним оператором.

Доля мінливості і відсоток допуску. Величина відсотка допуску дозволяє оцінити якість вимірювальної системи по відношенню до загальної мінливості процесу і відповідного розмаху допуску. При цьому можна задати діапазон допуску і число σ -інтервалів. Параметр Число σ -інтервалів буде використаний для розрахунку відповідної величини мінливості, обумовленою повторюваністю, відтворюваністю, мінливістю деталей і тому подібне Як правило, число σ -інтервалів береться рівним 5,15. У цей діапазон потрапляє

99% площ під кривою нормального розподілу. Це означає, що такий інтервал включатиме 99% всіх значень з відповідними характеристиками мінливості.

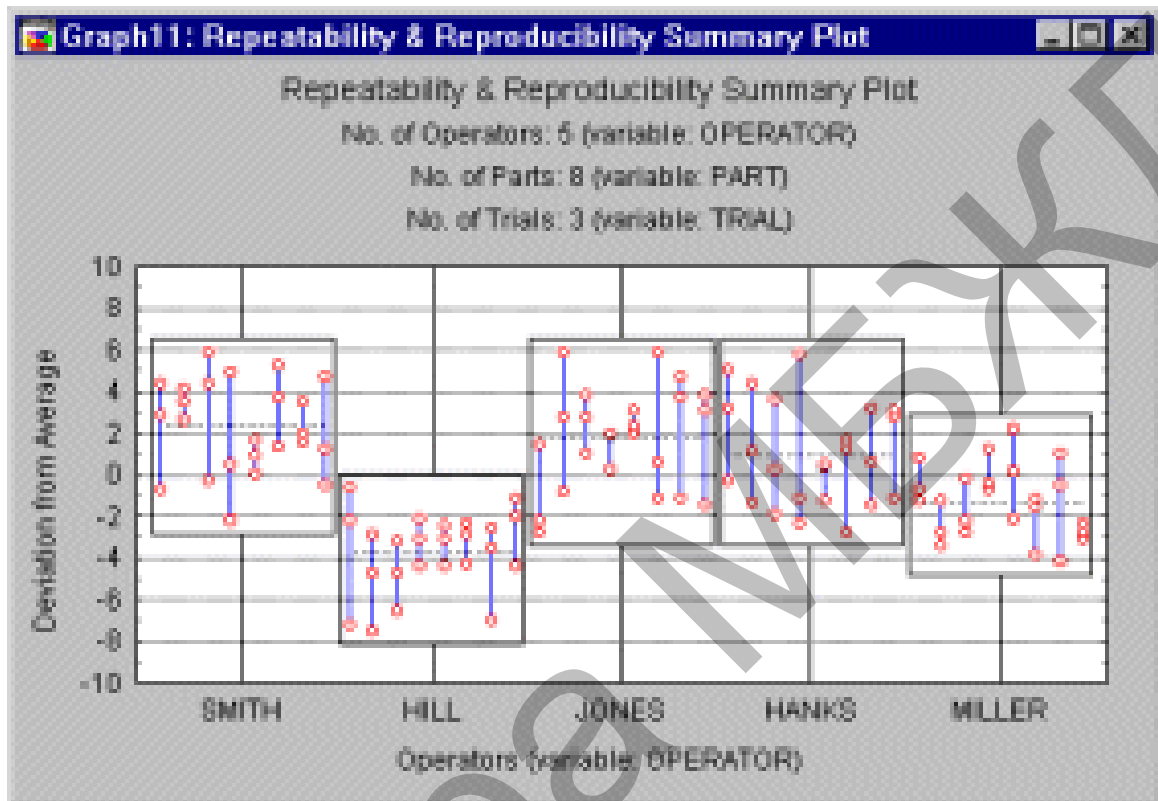


Рисунок 3.6 — Підсумковий графік повторюваності і відтворюваності.

Відсоток від загальної мінливості. Ця величина характеризує долю мінливості, обумовлену різними джерелами (компонентами), по відношенню до загальної мінливості (розмаху) вимірів. Можна розглядати три чинники *R&R* експерименту (оператори, деталі, досліди) як випадкові чинники в трьохфакторній моделі дисперсійного аналізу. Зазвичай взаємодії чинника випробувань (дослідів) зі всіма іншими чинниками вважають неістотними. Це прийнятно, оскільки важко уявити, як можуть виникати систематичні помилки вимірювань деяких деталей при повторних дослідях, особливо якщо порядок деталей і дослідів випадковий.

На відміну від цього взаємодія оператори-деталі може бути істотною. Так, можна очікувати, що деякі менш досвідчені оператори будуть схильні до

якихось специфічних помилок, що приведе до систематичних спотворень при вимірі певних деталей. Тому можна чекати, що ці чинники взаємодіють.

У тому випадку, коли парні взаємодії статистично значимі, можна окремо оцінити компоненти дисперсії, породжені відмінностями операторів і пов'язані з взаємодією операторів і деталей. За наявності значимої взаємодії сумарна мінливість, пов'язана з повторюваністю і відтворюваністю, визначається як сума трьох компонент: повторюваності (помилки виміру), помилок оператора і помилок оператора по даній деталі. Якщо взаємодія операторів і деталей не є статистично значимою, можна користуватися більш простою адитивною моделлю без взаємодій.

Отже, мета вивчення повторюваності і відтворюваності – дозволити інженерові, що відповідає за контроль якості, оцінити точність використаної в процесі вимірювальної системи. Очевидно, що вимірювальна система з поганою повторюваністю (великим розкидом між дослідами) або відтворюваністю (великим розкидом для різних операторів) в порівнянні з розкидом при вимірюванні різних деталей не придатна для контролю якості. Наприклад, отримані з її допомогою результати не можна використовувати при побудові карт контролю якості і в процедурах оцінки придатності і вибіркового контролю при аналізі виробничих процесів.

3.3 Дослідження статистичних методів аналізу виробничих процесів при негаусівському розподілі

Аналізуючи якість виробничого процесу корисно оцінити долю виробів, що виходять за границі заздалегідь заданого діапазону допустимих значень (допуску). Якщо розподіл відповідного параметра якості або змінної (наприклад, діаметрів поршневих кілець) нормальний і процес ідеально центрований (тобто m процесу дорівнює номіналу), то цей показник можна інтерпретувати як долю стандартної кривої нормального розподілу (ширина

процесу), що потрапляє в встановлені технічними умовами межі. Якщо процес не центрований, використовується скоректований показник C_{pk} .

Отриману гістограму можна апроксимувати відмінним від нормального розподілом і обчислити показники придатності за допомогою так званого методу процентилів. Окрім конкретних розподілів можна використовувати для розрахунку показників придатності два загальні сімейства розподілів – Джонсона і Пірсона, які дозволяють апроксимувати широкий спектр безперервних розподілів. Для всіх розподілів можна також обчислити таблиці очікуваних частот, очікуване число спостережень, що виходять за рамки технічних умов, і побудувати графіки вірогідність-вірогідність ($B-B$) і квантиль-квантиль ($K-K$).

Існують різні методи оцінки якості підгонки до спостережуваних даних. Окрім таблиці спостережуваних і очікуваних частот для різних інтервалів і критеріїв якості підгонки Колмогорова-Смирнова і хі-квадрат, можна побудувати графіки квантилів і вірогідності для всіх розподілів. Ці діаграми розсіювання будуються таким чином, що якщо розподіл спостережуваних значень відповідає теоретичному, то точки спостережень розміщуються на графіку на прямій лінії.

Окрім деяких конкретних типів розподілів можна використовувати для апроксимації розподіли із загальних «сімейств» – так звані криві Джонсона і Пірсона, що мають ті ж перші чотири моменти, що і отриманий розподіл.

Форму більшості безперервних розподілів у ряді випадків можна досить повно охарактеризувати першими чотирма моментами. Якщо апроксимувати гістограму спостережень розподілом, що має те ж m (перший момент), дисперсію (другий момент), асиметрію (третій момент) і ексцес (четвертий момент), то загальна форма отриманої кривої може досить добре відповідати спостережуваному розподілу. Далі по цій кривій можна обчислити проценти і оцінити долю виробів, які задовольняють технічним умовам.

У 1949 році Джонсон описав систему щільності вірогідності, що є перетвореннями стандартної кривої нормального розподілу. Застосуванням

цих перетворень до стандартної нормальної величини можна апроксимувати різні, відмінні від нормального розподілу, включаючи розподіли, зосереджені на інтервалах і напівінтервалах (наприклад, U-образні). Перевага цього підходу в тому, що після підгонки конкретної кривої Джонсона для обчислення очікуваних значень процентних точок цієї кривої можна використовувати нормальну функцію розподілу (рис. 3.7).

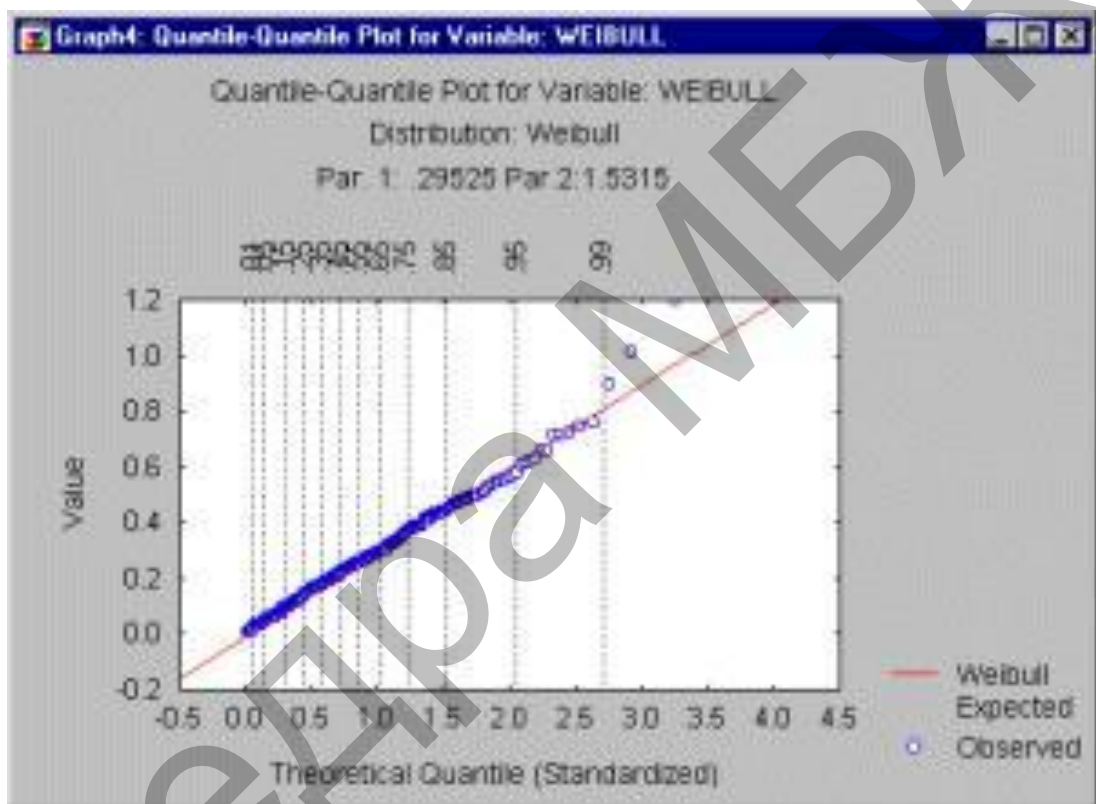


Рисунок 3.7 — Діаграма розсіяння спостережуваних значень відносно (нормованих) очікуваних значень при заданому розподілі

Достатня відповідність теоретичного розподілу спостережуваним значенням виявиться на цьому графіку, якщо нанесені на нього точки розташуються уздовж прямої лінії.

На графіках $B - B$ спостережувана функція розподілу відкладається на одній осі, а теоретична функція розподілу – на іншій. Як і для графіків $K - K$ значення відповідної змінної спочатку упорядковуються в порядку зростання. Спостереження з номером i відкладається по одній осі як i/n

(тобто спостережувана функція розподілу), а по іншій осі як $F(x(i))$ (величина теоретичної функції розподілу для відповідного спостереження $x(i)$). Якщо теоретична функція розподілу добре апроксимує спостережуваний розподіл, то всі точки на цьому графіку повинні попасти на діагональну лінію (рис. 3.8).

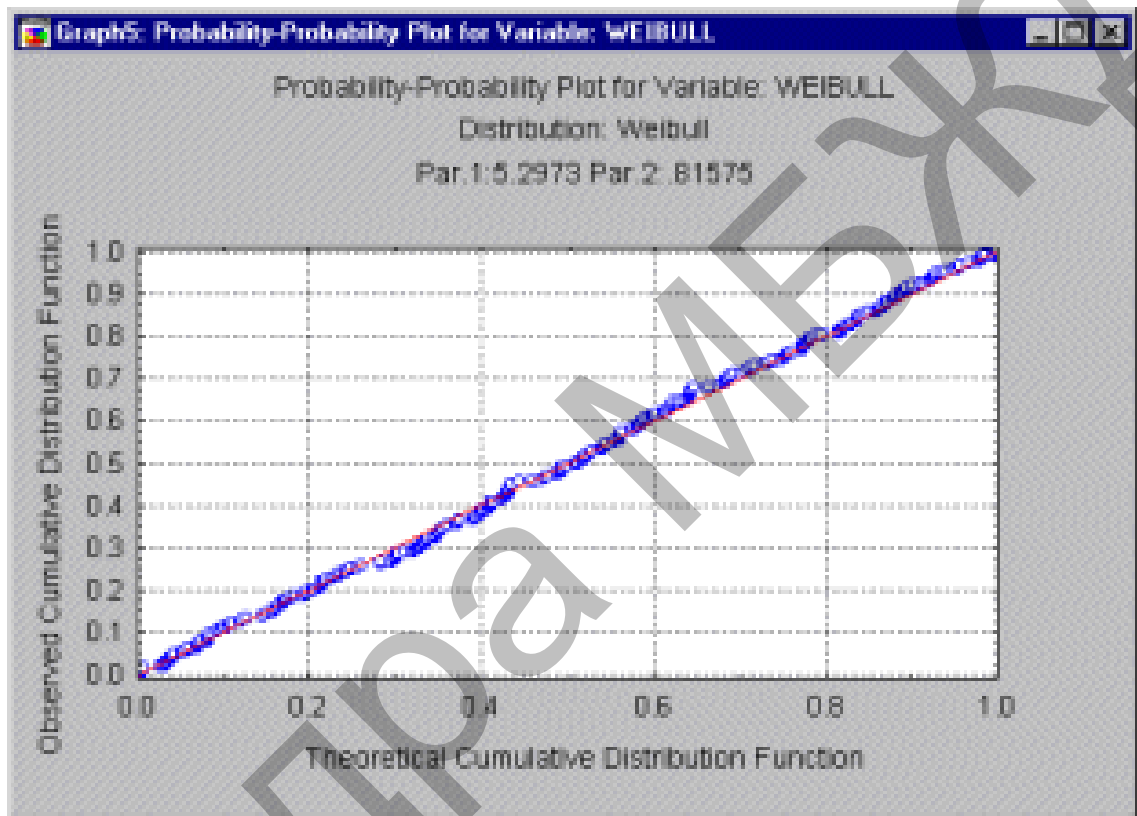


Рисунок 3.8 — Графік вірогідність-вірогідність.

Як вже наголошувалося раніше, показники придатності в загальному випадку обчислюються для того, щоб оцінити якість процесу, тобто аби отримати оцінки розкиду вироблюваних виробів (розмах процесу) по відношенню до розмаху допуску. Для стандартних показників придатності процесу, заснованих на нормальному розподілі, розмах процесу зазвичай визначається як 6σ , тобто як $\pm 3\sigma$ процесу. Для стандартної кривої нормального розподілу ці межі ($z_l = -3$ і $z_u = +3$) перераховуються в 0,135 і 99,865 процентилі відповідно. Для розподілів, відмінних від нормального, границі $\pm 3\sigma$, а також m ($z_m = 0$) можна замінити відповідними стандартними

значеннями, що дають ті ж величини процентилів під кривою негаусівського розподілу. Нижче приведені формули для обчислення показників негаусівської придатності:

$$C_p = \frac{(ВГД - НГД)}{U_p - L_p}, \quad (3.6)$$

$$C_{pl} = \frac{(M - НГД)}{M - L_p}, \quad (3.7)$$

$$C_{pu} = \frac{(ВГД - M)}{U_p - M}, \quad (3.8)$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (3.9)$$

де M – медіана (50 процентилів) відповідного розподілу;

$U_p=99,865$, а $L_p=0,135$ процентилів, у випадку якщо обчислення ґрунтуються на розмаху процесу, рівному $\pm 3\sigma$ (значення U_p і L_p можуть бути іншими, якщо розмах процесу заданий іншими границями (наприклад $\pm 2\sigma$)).

3.4 Висновки до розділу

Процедури вибіркового контролю застосовуються у тому випадку, коли потрібно вирішити, чи задовольняє певним специфікаціям партія виробів, не вивчаючи при цьому всі вироби. Аналізуючи якість виробничого процесу корисно оцінити долю виробів, що виходять за границі заздалегідь заданого діапазону допустимих значень (допуску).

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА ХТЗ ТА 1 ШАРИКОПІДШИПНИКОВОМУ ЗАВОДІ

Досліджуємо точність отворів, просвердлених в рамі трактора для кріплення двигуна. Це дуже важливе завдання, для вирішення якого необхідно взяти процес під статистичний контроль. Для цього використовуватимемо \bar{X} - і R контрольні карти. \bar{X} -карта або карта середніх застосовується для відображення кількісних характеристик процесу на основі вибірових середніх. На \bar{X} -картах також будуються контрольні границі, що дозволяють визначити, коли середні виходять за допустимий рівень. R -карта або карта розмахів призначена для контролю мінливості процесу. Мірою мінливості є вибіровий розмах, різниця між максимальним і мінімальним значенням вибірки.

Вихідні дані представляють результати 100 вимірів діаметру отворів, які приведені на рис. 4.1. Змінній, яка характеризує діаметр отворів в рамі трактора для кріплення двигуна, присвоюємо ім'я VANE.

Введемо вихідні дані у файл даних пакету «СТАТИСТИКА» з ім'ям VANE. Перед початком розглянемо описові статистики і візуалізуємо дані. Для цього у файлі даних виділимо змінну VANE і клацнемо на ній правою кнопкою миші. У списку опцій, що з'явився, виберемо "Быстрые основные статистики"/"Описательные "для VANE. Ще раз виділимо змінну VANE, виберемо в меню "Графика"/"Статистические 2М графики"/"Диаграммы рассеяния". Якщо змінна X виберемо "VANE, якщо Y – *num* і натиснемо кнопку "ОК". З'явиться вікно з діаграмою розсіяння (рис. 4.2).

| № | vane | № | vane | № | vane | № | vane | № | vane |
|----|------|----|------|----|------|----|------|-----|------|
| 1 | 33 | 21 | 33 | 41 | 28 | 61 | 27 | 81 | 35 |
| 2 | 29 | 22 | 34 | 42 | 33 | 62 | 32 | 82 | 34 |
| 3 | 31 | 23 | 35 | 43 | 35 | 63 | 34 | 83 | 34 |
| 4 | 32 | 24 | 33 | 44 | 36 | 64 | 35 | 84 | 30 |
| 5 | 33 | 25 | 34 | 45 | 43 | 65 | 37 | 85 | 32 |
| 6 | 33 | 26 | 38 | 46 | 38 | 66 | 33 | 86 | 32 |
| 7 | 31 | 27 | 37 | 47 | 33 | 67 | 33 | 87 | 33 |
| 8 | 35 | 28 | 39 | 48 | 32 | 68 | 35 | 88 | 30 |
| 9 | 37 | 29 | 40 | 49 | 35 | 69 | 37 | 89 | 30 |
| 10 | 31 | 30 | 38 | 50 | 32 | 70 | 36 | 90 | 33 |
| 11 | 35 | 31 | 30 | 51 | 28 | 71 | 35 | 91 | 25 |
| 12 | 37 | 32 | 31 | 52 | 30 | 72 | 37 | 92 | 27 |
| 13 | 33 | 33 | 32 | 53 | 28 | 73 | 32 | 93 | 34 |
| 14 | 34 | 34 | 34 | 54 | 32 | 74 | 35 | 94 | 27 |
| 15 | 36 | 35 | 31 | 55 | 31 | 75 | 39 | 95 | 28 |
| 16 | 30 | 36 | 29 | 56 | 31 | 76 | 33 | 96 | 35 |
| 17 | 31 | 37 | 39 | 57 | 35 | 77 | 33 | 97 | 35 |
| 18 | 33 | 38 | 38 | 58 | 35 | 78 | 27 | 98 | 36 |
| 19 | 34 | 39 | 39 | 59 | 35 | 79 | 31 | 99 | 33 |
| 20 | 33 | 40 | 39 | 60 | 34 | 80 | 30 | 100 | 30 |

Рисунок 4.1 — Результати вимірів діаметрів отворів

| ОСНОВНЫЕ СТАТИСТ. | N набл. | Среднее | Сумма | Минимум | Максимум | Дисперс. | Стд. откл. |
|-------------------|---------|---------|-------|---------|----------|----------|------------|
| VANE | 100 | 33.32 | 3332. | 25.00 | 43.00 | 10.89 | 3.299 |

Рисунок 4.2 — Описові статистики для змінної VANE.

Діаграми розсіяння буде мати вид приведений на рис. 4.3

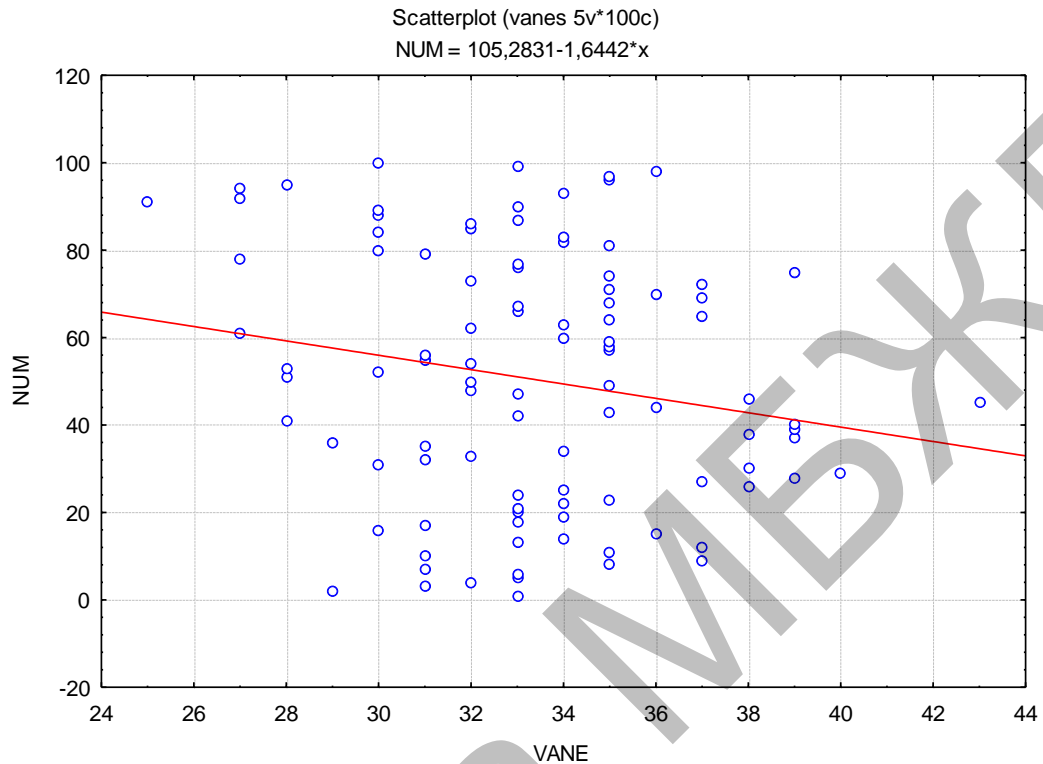


Рисунок 4.3 — Діаграми розсіяння для змінної VANE.

Запустимо модуль "Интерактивный контроль качества", (рис. 4.4):

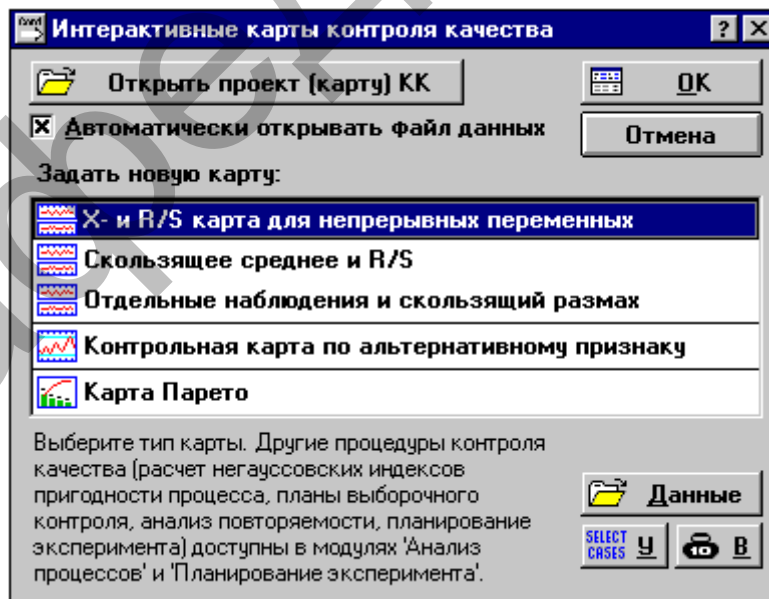


Рисунок 4.4 — Стартова панель модуля "Интерактивный контроль качества"

На стартовій панелі виберемо "X- и R/S карта для непрерывных переменных" і натиснемо кнопку "ОК". У діалоговому вікні, що з'явилося, виберемо "VANE" в якості змінної з вимірами. Проведемо групування спостережень по вибірках об'єму 5, для чого в полі "Объем выборки" введемо число 5 (рис. 4.5). Тепер натиснемо кнопку "ОК". З'явиться графік, що містить, X- і R карту (рис. 4.6).

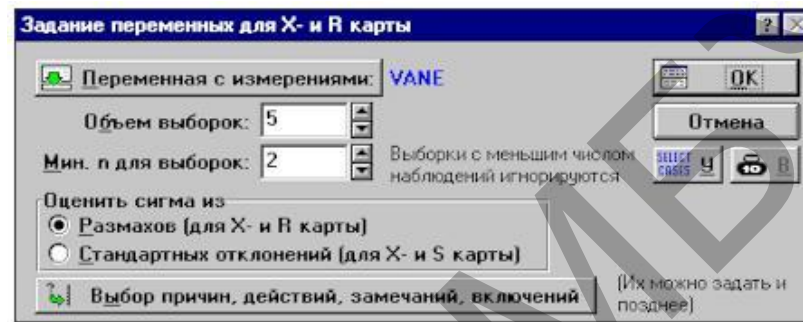


Рисунок 4.5 — Задання змінних для контрольних карт.

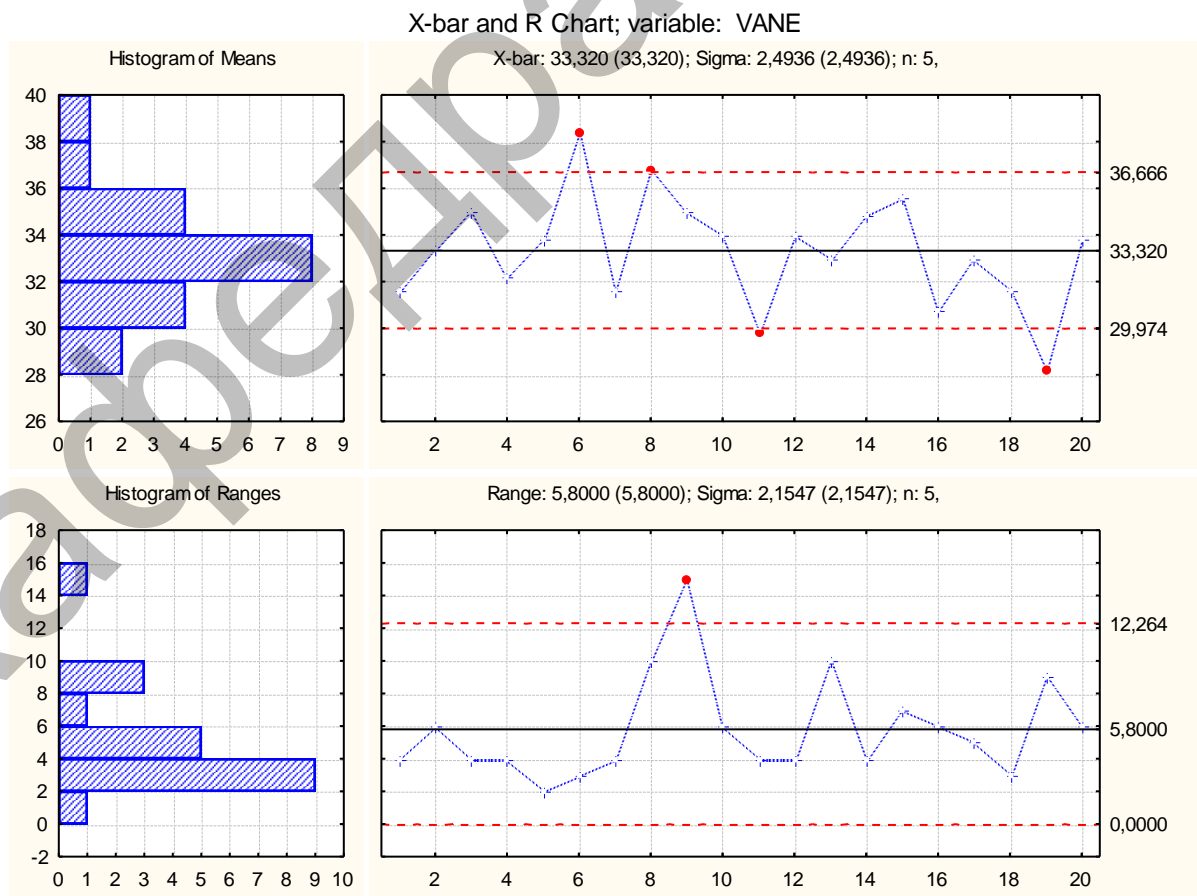


Рисунок 4.6 — X- і R-карти для змінної "VANE"

На графіку рис.4.6 приведені значення верхньої контрольної межі (ВКП), центральної лінії (ЦЛ) і нижньої контрольної межі (НКП) для кожної карти. Червоним кольором виділені підгрупи вимірів, які виходять за контрольні межі: 4 підгрупи для X-карти і одна підгрупа для R карти. Можна точно визначити ці підгрупи, для чого натиснемо на кнопку "Описательные статистики" в діалоговому вікні "VANE"; X- і R, яке з'являється поряд з графіком. З'являться дві таблиці, які приведені на рис. 4.7.

| Выборк | Центр Линия | Сред. | Размах | n | НКП -3.000 | ВКП 3.0000 |
|--------|----------------|-------|--------|---|---------------|---------------|
| 1 | 33.32 | 31.6 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 2 | 33.32 | 33.4 | 6.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 3 | 33.32 | 35.0 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 4 | 33.32 | 32.2 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 5 | 33.32 | 33.8 | 2.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 6 | 33.32 | 38.4 | 3.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 7 | 33.32 | 31.6 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 8 | 33.32 | 36.8 | 10.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 9 | 33.32 | 35.0 | 15.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 10 | 33.32 | 34.0 | 6.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 11 | 33.32 | 29.8 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 12 | 33.32 | 34.0 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 13 | 33.32 | 33.0 | 10.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 14 | 33.32 | 34.8 | 4.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 15 | 33.32 | 35.6 | 7.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 16 | 33.32 | 30.8 | 6.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 17 | 33.32 | 33.0 | 5.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 18 | 33.32 | 31.6 | 3.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 19 | 33.32 | 28.2 | 9.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |
| 20 | 33.32 | 33.8 | 6.0 | 5 | 29.974 | 36.666 |

| Выборк | Центр Линия | Размах | Сред. | n | НКП -3.000 | ВКП 3.0000 |
|--------|----------------|--------|-------|---|---------------|---------------|
| 1 | 5.8 | 4.0 | 31.6 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 2 | 5.8 | 6.0 | 33.4 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 3 | 5.8 | 4.0 | 35.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 4 | 5.8 | 4.0 | 32.2 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 5 | 5.8 | 2.0 | 33.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 6 | 5.8 | 3.0 | 38.4 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 7 | 5.8 | 4.0 | 31.6 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 8 | 5.8 | 10.0 | 36.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 9 | 5.8 | 15.0 | 35.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 10 | 5.8 | 6.0 | 34.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 11 | 5.8 | 4.0 | 29.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 12 | 5.8 | 4.0 | 34.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 13 | 5.8 | 10.0 | 33.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 14 | 5.8 | 4.0 | 34.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 15 | 5.8 | 7.0 | 35.6 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 16 | 5.8 | 6.0 | 30.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 17 | 5.8 | 5.0 | 33.0 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 18 | 5.8 | 3.0 | 31.6 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 19 | 5.8 | 9.0 | 28.2 | 5 | 0.0 | 12.264 |
| 20 | 5.8 | 6.0 | 33.8 | 5 | 0.0 | 12.264 |

а) X-карта

б) R-карта

Рисунок 4.7 — Звіт по підгрупах вимірів для змінної "VANE".

На рис. 4.7 X- і R-карти містять дані по підгрупах вимірів. На них червоним кольором виділені підгрупи, що не потрапили в інтервал між контрольними межами. Для X-карти це підгрупи 6, 8, 11 і 19, а для R карти – підгрупа 9. Далі причини втрати якості були виявлені і усунені. Після цього контрольні карти скоректовані, з них були видалені підгрупи незадовільної якості. Для цього скористаємося опцією "Кисть". Виберемо вкладку "Кисть" в діалоговому вікні "VANE"; X- і R. Створимо нову змінну у файлі даних, яка використовуватиметься для генерації кодів. Встановимо опцію

„Включить/исключить выборки” в положении "Все выборки с выбросами" і натиснемо кнопку "Исключить" (рис. 4.8).

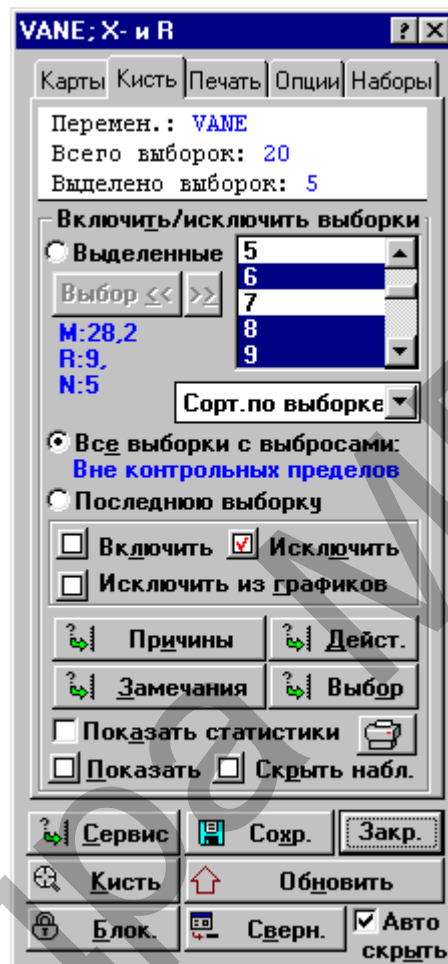


Рисунок 4.8 — Диалогове вікно для виключення підгруп вимірів

Система зробить перерахунок всіх параметрів контрольних карт і відповідним чином змінить їх. Після описаної процедури виключення всі виміри знаходяться всередині контрольних меж. Побудовані X- і R-карти з виключеними вимірами приведені на рис. 4.9.

Після усунення дефектів перевіримо процес на нових вибірках. Занесемо нові виміри у файл даних і дамо ім'я нової змінної "NEWVANE". Таблиця із значеннями контрольних вимірів та вид файлу даних з доданою змінною "NEWVANE" приведені на рис. 4.10.

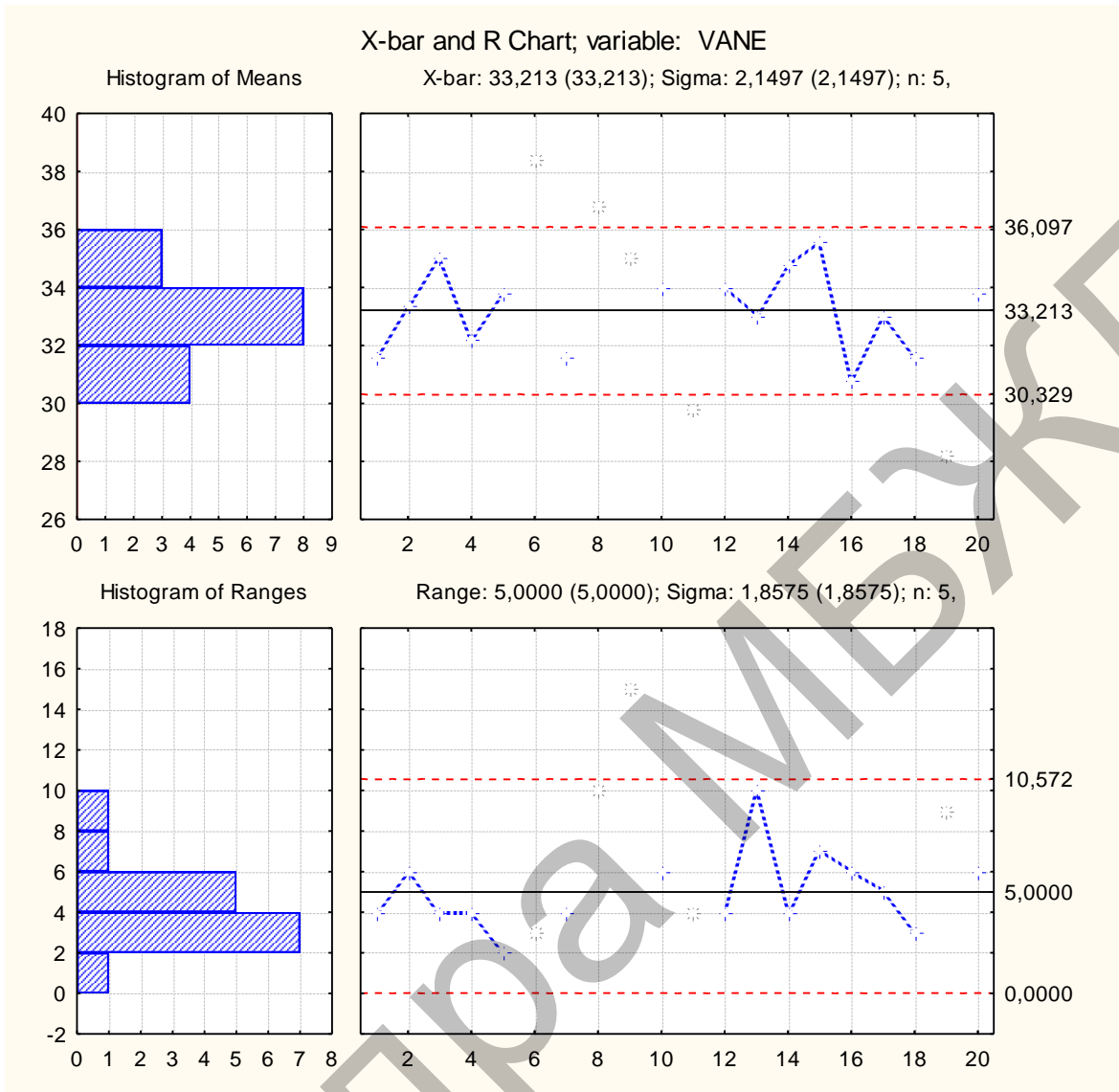


Рисунок 4.9 — X- і R-карти з виключеними вимірами.

| № | newvane | № | newvane | № | newvane | № | newvane | № | newvane |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|
| 1 | 33 | 21 | 33 | 41 | 38 | 61 | 27 | 81 | 35 |
| 2 | 29 | 22 | 34 | 42 | 33 | 62 | 32 | 82 | 34 |
| 3 | 31 | 23 | 35 | 43 | 32 | 63 | 34 | 83 | 34 |
| 4 | 32 | 24 | 33 | 44 | 35 | 64 | 35 | 84 | 30 |
| 5 | 33 | 25 | 34 | 45 | 32 | 65 | 37 | 85 | 32 |
| 6 | 33 | 26 | 30 | 46 | 38 | 66 | 33 | 86 | 32 |
| 7 | 31 | 27 | 31 | 47 | 33 | 67 | 33 | 87 | 33 |
| 8 | 35 | 28 | 33 | 48 | 32 | 68 | 35 | 88 | 30 |
| 9 | 37 | 29 | 34 | 49 | 35 | 69 | 37 | 89 | 30 |
| 10 | 31 | 30 | 33 | 50 | 32 | 70 | 36 | 90 | 33 |
| 11 | 35 | 31 | 33 | 51 | 31 | 71 | 35 | 91 | 35 |
| 12 | 37 | 32 | 34 | 52 | 35 | 72 | 37 | 92 | 35 |
| 13 | 33 | 33 | 35 | 53 | 35 | 73 | 32 | 93 | 36 |
| 14 | 34 | 34 | 33 | 54 | 35 | 74 | 35 | 94 | 33 |
| 15 | 36 | 35 | 34 | 55 | 34 | 75 | 39 | 95 | 30 |
| 16 | 30 | 36 | 38 | 56 | 27 | 76 | 27 | 96 | 35 |
| 17 | 31 | 37 | 33 | 57 | 35 | 77 | 30 | 97 | 35 |
| 18 | 33 | 38 | 32 | 58 | 35 | 78 | 27 | 98 | 36 |
| 19 | 34 | 39 | 35 | 59 | 35 | 79 | 31 | 99 | 33 |
| 20 | 33 | 40 | 32 | 60 | 34 | 80 | 30 | 100 | 30 |

| Число знач | 1 NUM | 2 VANE | 3 NEWVANE |
|------------|-------|--------|-----------|
| 1 | 1 | 33 | 33 |
| 2 | 2 | 29 | 29 |
| 3 | 3 | 31 | 31 |
| 4 | 4 | 32 | 32 |
| 5 | 5 | 33 | 33 |
| 6 | 6 | 33 | 33 |
| 7 | 7 | 31 | 31 |
| 8 | 8 | 35 | 35 |
| 9 | 9 | 37 | 37 |
| 10 | 10 | 31 | 31 |
| 11 | 11 | 35 | 35 |
| 12 | 12 | 37 | 37 |
| 13 | 13 | 33 | 33 |

Таблица 4.10 — Значення контрольних вимірів

Подальша обробка нової змінної полягатиме у визначенні тих же характеристик, що і у вихідному аналізі.

На стартовій панелі виберемо "X- і R/S карта для непрерывных переменных" і натиснемо кнопку "OK". У діалоговому вікні, що з'явилося, виберемо "NEWVANE" в якості змінної з вимірами. У полі "Объём выборок" введемо число 5 (рис. 4.11).

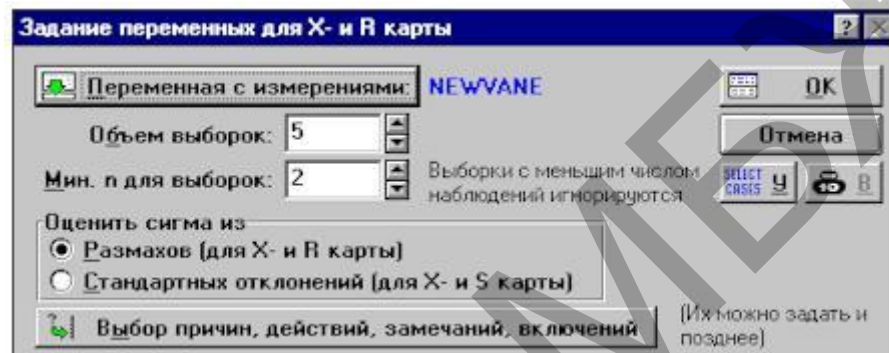


Рисунок 4.11 — Задання змінних для контрольних карт

Натиснемо кнопку "OK". З'явиться графік, що містить X- і R-карту. Виберемо вкладку "Опции" в діалоговому вікні "VANE"; X- і R. Для X-карти визначимо параметр "Центр" рівним 33,32 – середньому значенню, отриманому на попередньому, вихідному етапі аналізу (рис. 4.6), а параметр "Сигма" рівним 2,49363 – оцінці середньоквадратичного відхилення вихідного аналізу (рис. 4.6). Далі натиснемо кнопку "Обновить". Вікно задання параметрів X-карти приведено на рис. 4.12

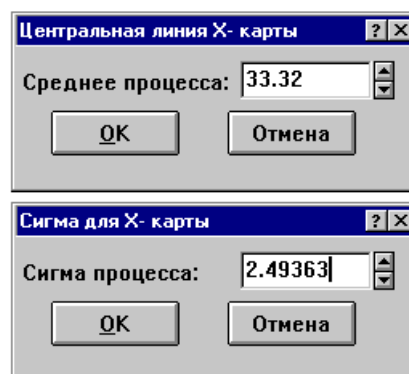


Рисунок 4.12 — Задання параметрів X-карти

Оновлений вид X- і R-карти приведено на рис. 4.13.

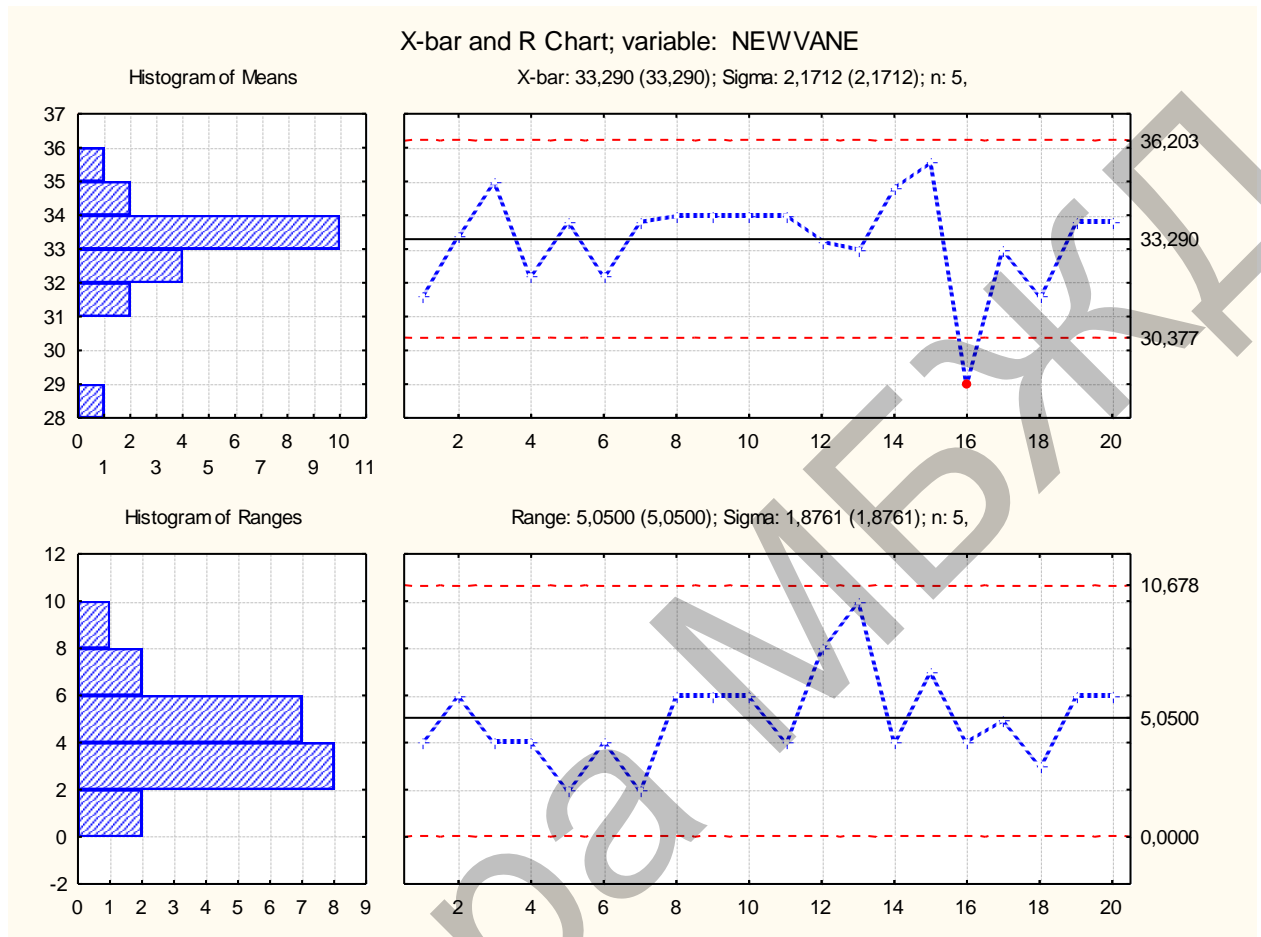


Рисунок 4.13 - X- і R карти для змінної "NEWVANE"

Відзначимо, що на контрольній R-карті всі крапки лежать усередині контрольних меж, а на X-карті одне значення виходить за контрольні межі. Як виявилось, причина була не в точності отвору, а в дефекті вимірювального пристрою. Тому можна виключити випавшу точку з аналізу. Це робиться таким чином.

Подвійним клацанням миші розгорнемо вікно з X-картою. На полі графіка натиснемо праву кнопку миші і виберемо опцію. Виділимо 16-й рядок, на ній виберемо правою кнопкою миші опцію "Редактировать данные графика". Виділимо 16-й рядок, на ній виберемо правою кнопкою миші опцію "Выключить блок" і натиснемо кнопку "Перерисовать" в панелі інструментів.

Система виключить 16-у групу з аналізу і внесе відповідні зміни до графічного зображення контрольної карти (рис. 4.14).

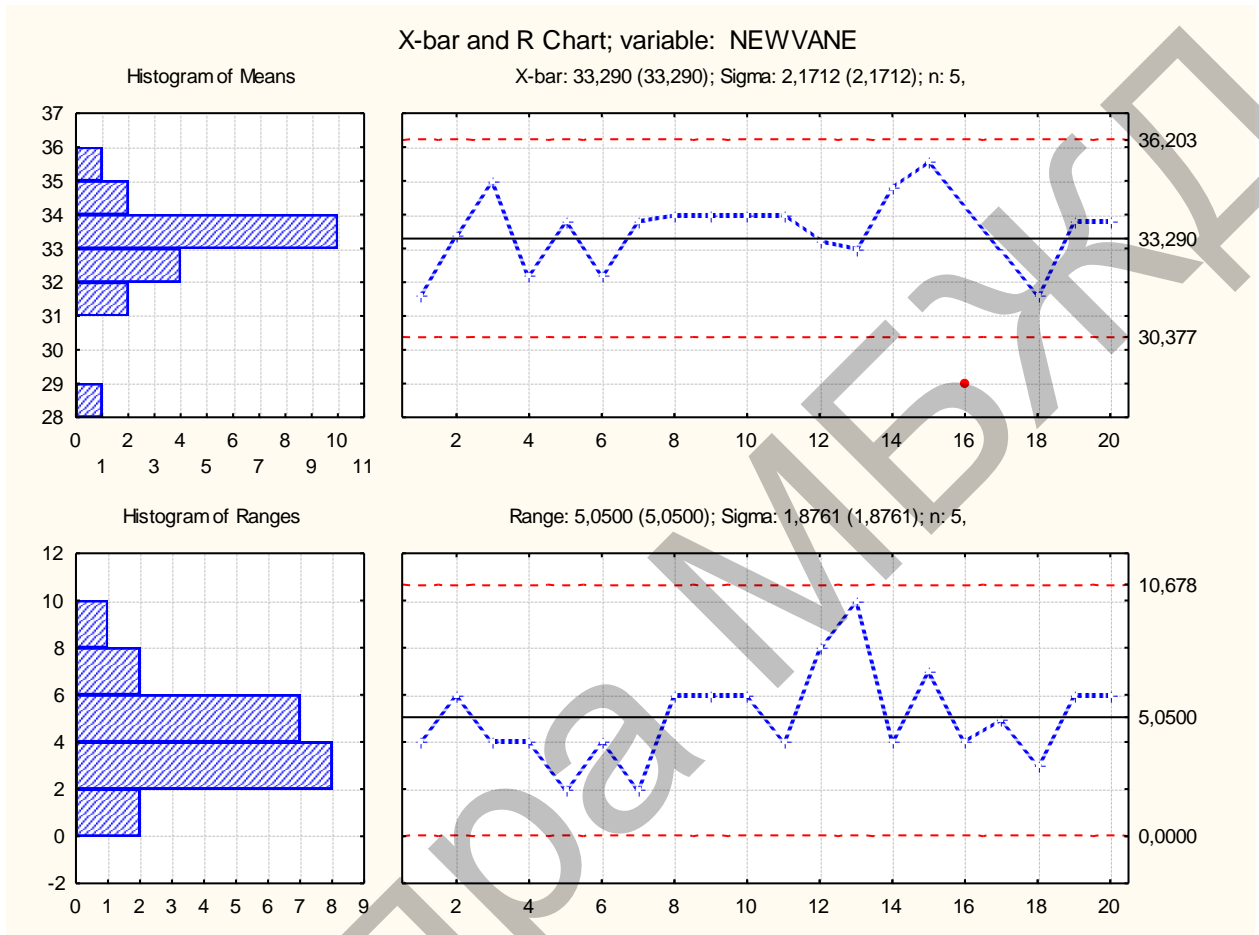


Рисунок 4.14 — X-карта для змінної "NEWVANE" з виключеною підгрупою

16

Очевидно, що навіть відлагоджений виробничий процес потребує періодичної перевірки. Покажемо, як це робиться. За результатами попередньої обробки ми переконалися, що процес, що вивчається, тепер задовольняє вимогам якості. Виникає питання, наскільки він відповідає заданим специфікаціям. Для проведення такого аналізу використовується спеціальна процедура "Анализ пригодности процесса". У нашому випадку номінальний діаметр отвору на рамі складає 30 мм. Допуски лежать в межах від 20 мм до 40 мм. Зробимо перевірку нашого процесу, що задовольняють цим вимогам. Для цього випадковим чином відберемо 100 виготовлених

отворів і зробимо на них виміри діаметрів отвору. Додамо серію нових вимірів у файл даних, назвавши нову змінну "сарване". Результати вимірів та вміст файлу даних з доданою змінною сарване приведені на рис. 4.15.

| № | сарване | № | сарване | № | сарване | № | сарване | № | сарване |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|
| 1 | 37 | 21 | 33 | 41 | 30 | 61 | 33 | 81 | 33 |
| 2 | 36 | 22 | 35 | 42 | 35 | 62 | 30 | 82 | 35 |
| 3 | 34 | 23 | 26 | 43 | 32 | 63 | 37 | 83 | 29 |
| 4 | 31 | 24 | 36 | 44 | 33 | 64 | 34 | 84 | 32 |
| 5 | 32 | 25 | 38 | 45 | 33 | 65 | 34 | 85 | 31 |
| 6 | 28 | 26 | 31 | 46 | 34 | 66 | 34 | 86 | 39 |
| 7 | 32 | 27 | 28 | 47 | 36 | 67 | 35 | 87 | 33 |
| 8 | 32 | 28 | 29 | 48 | 31 | 68 | 31 | 88 | 33 |
| 9 | 34 | 29 | 31 | 49 | 36 | 69 | 34 | 89 | 36 |
| 10 | 33 | 30 | 33 | 50 | 33 | 70 | 34 | 90 | 30 |
| 11 | 35 | 31 | 32 | 51 | 31 | 71 | 31 | 91 | 33 |
| 12 | 33 | 32 | 30 | 52 | 34 | 72 | 33 | 92 | 36 |
| 13 | 35 | 33 | 33 | 53 | 37 | 73 | 33 | 93 | 34 |
| 14 | 31 | 34 | 38 | 54 | 33 | 74 | 35 | 94 | 31 |
| 15 | 31 | 35 | 38 | 55 | 35 | 75 | 35 | 95 | 34 |
| 16 | 36 | 36 | 35 | 56 | 32 | 76 | 27 | 96 | 35 |
| 17 | 34 | 37 | 32 | 57 | 38 | 77 | 36 | 97 | 33 |
| 18 | 30 | 38 | 34 | 58 | 37 | 78 | 32 | 98 | 34 |
| 19 | 32 | 39 | 39 | 59 | 41 | 79 | 36 | 99 | 29 |
| 20 | 35 | 40 | 33 | 60 | 32 | 80 | 36 | 100 | 32 |

| Числ. знач. | 1 NUM | 2 VANE | 3 NEWVANE | 4 CAPVANE |
|-------------|-------|--------|-----------|-----------|
| 1 | 1 | 33 | 33 | 37 |
| 2 | 2 | 29 | 29 | 36 |
| 3 | 3 | 31 | 31 | 34 |
| 4 | 4 | 32 | 32 | 31 |
| 5 | 5 | 33 | 33 | 32 |
| 6 | 6 | 33 | 33 | 28 |
| 7 | 7 | 31 | 31 | 32 |
| 8 | 8 | 35 | 35 | 32 |
| 9 | 9 | 37 | 37 | 34 |
| 10 | 10 | 31 | 31 | 33 |
| 11 | 11 | 35 | 35 | 35 |
| 12 | 12 | 37 | 37 | 33 |
| 13 | 13 | 33 | 33 | 35 |

Рисунок 4.15 — Результаты дополнительных измерений

Запустимо модуль "Анализ производственных процессов" і відкриємо файл даних з доданою змінною "сарване". На стартовій панелі виберемо "Анализ пригодности процесса" і довірчі інтервали і натиснемо "ОК (рис. 4.16)".



Рисунок 4.16 — Стартова панель модуля "Анализ производственных процессов"

У діалоговому вікні, що з'явилося, виберемо "carvane" в якості змінної для аналізу. Натиснемо кнопку "ОК". З'явиться вікно "Анализ пригодности процесса." У полі "Тип" виберемо "НГД", "Номинал", "ВГД". Натиснемо кнопку "Спецификации" і задамо необхідні значення (рис. 4.17).

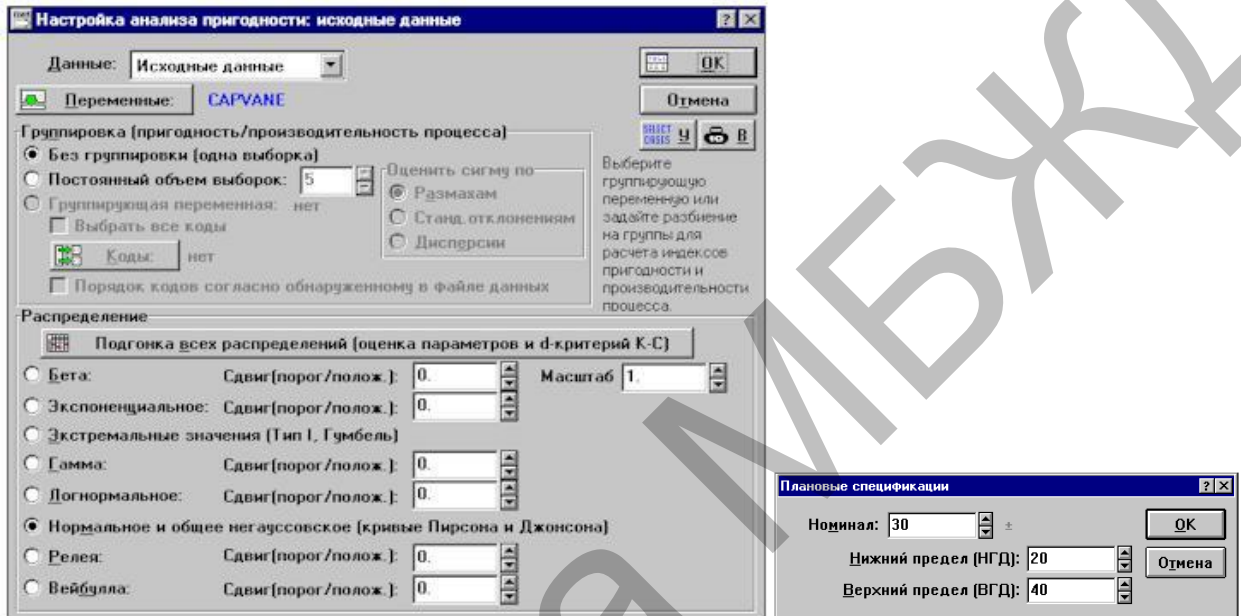


Рисунок 4.17 — Задання параметрів для аналізу придатності процесу

Тоді діалогове вікно "Анализ пригодности процесса" повинно виглядати таким чином (рис. 4.16)

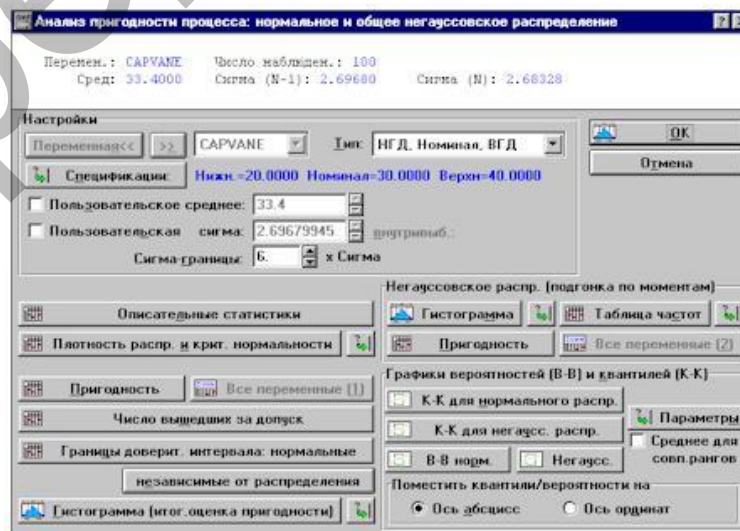


Рисунок 4.16 - Діалогове вікно результатів аналізу

Натиснемо кнопку "Пригодность". З'явиться таблиця з різними індексами, що характеризують відповідність розподілу вироблених вимірів вимогам специфікації (рис. 4.18).

| Индекс пригодности | Знач. |
|----------------------------------|----------|
| Нижняя граница допуска | 20.00000 |
| Номинал (план. специф.) | 30.00000 |
| Верхняя граница допуска | 40.00000 |
| CP (номенциальная пригодность) | 1.23603 |
| CR (отношение пригодности) | .80904 |
| CPK (подтвержденное качество) | .81578 |
| CPL (нижний индекс пригодности) | 1.65628 |
| CPU (верхний индекс пригодности) | .81578 |
| K (нецентрирующая поправка) | .34000 |
| CPM (номенциальная пригодность) | .76574 |

Рисунок 4.18 — Индексы пригодности процессу

Індекс CP є різницею між границями допуску, ділену на 6 стандартних відхилень. В даному випадку CP дорівнює 1,236, що є задовільним результатом. CPK – однобічний індекс. Він дорівнює відстані від середнього до найближчої границі допуску, що ділиться на 3 стандартних відхилення. Тут CPK складає 0,816. Досить велика відмінність приведених двох індексів один від одного говорить про те, що розподіл даних вимірів погано центрований відносно верхньої і нижньої границі допуску. Індекс K є різницею між номіналом і середнім значенням розподілу, ділену на половину відстані між границями допуску. Оскільки цей індекс в нашому випадку дорівнює 0,34, можна сказати, що середнє значення розподілу лежить на 34% відстані від центру до верхньої границі допуску.

Натиснемо кнопку "ОК" (для налаштувань гістограми вкажіть "Нижняя граница = 18", "Верхняя граница = 44", "Число категорий = 14" і відключити опцію "Округленные интервалы"). Результати обчислень приведені на рис. 4.19.

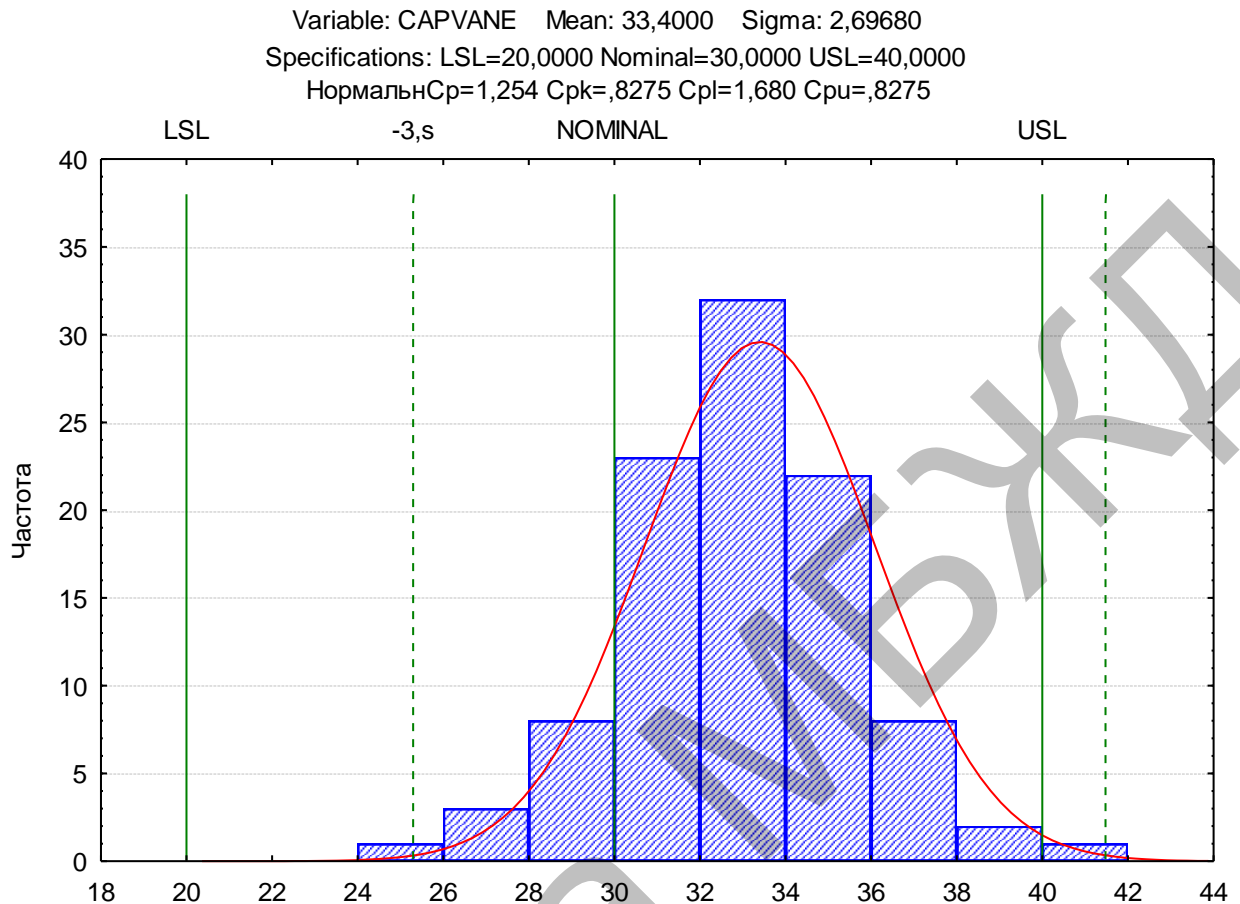


Рисунок 4.19 – Гістограма результатів аналізу

На графіці добре видно, що розподіл результатів вимірів приблизно потрапляє в інтервал між межами допуску. В той же час воно зміщене відносно центру, тобто відносно номінала. Тому можна зробити висновок про невиконання інженерних вимог.

4.1 Висновки до розділу

Проведені експериментальні дослідження статистичного контролю виробничого процесу на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі показали, що впровадження комп'ютеризованих методів оцінювання якості продукції з використанням пакету «СТАТИСТИКА» значно скорочує трудозатрати на оцінювання якості продукції і підвищує її достовірність оцінки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розглянемо охорону праці при дослідженні методів визначення часу реакції датчиків температури.

Правовою основою законодавства по охороні праці є:

- 1) Конституція України [16];
- 2) Закони України: «Про охорону праці» [17];
- 3) Кодекс Законів про працю України (КЗоП) [18] і ін.

У ст. 43 Конституції записано: «Кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, що він вільно обирає або на який вільно погоджується», «Кожний має право на належні безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату не нижче тієї, котра визначена законом», «Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється».

У статті 45 Конституції говориться про право на відпочинок. Це право забезпечується щотижневими вихідними й оплачуваною щорічною відпусткою, а також встановленням укороченого робочого дня для деяких професій, скороченого робітника час у нічний час доби.

У ст. 46 Конституції зазначене на те, що громадяни мають право на соціальний захист.

В Україні – першій серед країн СНД – 14 жовтня 1992 року був прийнятий Верховною Радою України Закон „Про охорону праці“, зі зміною від 4.02.2021 р. № 1213-ІХ.

Закон є основним законодавчим документом в області охорони праці, дія якого поширюється на всі підприємства, установи й організації незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності, на всіх громадян які працюють, а також притягнутих до роботи на цих підприємствах.

Кодекс законів про працю України (КЗоП) регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи росту продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва і підйомі на цій

основі матеріального і культурного рівня життя трудящих, зміцненню трудової дисципліни і поступовому перетворенню праці на благо суспільства в першу життєву потребу кожної працездатної людини. Законодавство про працю установлює високий рівень праці, всіляку охорону трудових прав працівників.

Мікрокліматичні умови - параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, установлені відповідними нормами. В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка цих величин у залежності від теплової характеристики виробничого приміщення, категорії робіт за ступенем важкості та періоду року.

Робота користувача ЕОМ відноситься до категорії робіт 1а, 1б категоріям. Оптимальні параметри мікроклімату приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні умови мікроклімату

| Період року | Категорія робіт | Температура повітря, °С | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Холодний | 1а | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
| | 1б | 21-23 | 40-60 | 0,1 |
| Теплий | 1а | 23-25 | 40-60 | 0,1 |
| | 1б | 22-24 | 40-60 | 0,2 |

Приміщення повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або вентиляцією.

Об'єм у повітрі робочої зони не повинне перевищувати:

- озону - 0.1 мг/ м³ ;
- оксидів азоту - 5 мг/ м²;
- пилу - 4 мг/ м².

Приміщення, де проводяться дослідження, повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло повинне проникати через вікна,

зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід. Вікна повинні мати регулюючі пристосування для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки і т.п. Повинен бути забезпечений коефіцієнт природної освітленості (КЕО) не нижче 1,5%.

При виробничій необхідності дозволяється експлуатувати ПК у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами державного нагляду за охороною праці, органами й установами санітарно-епідеміологічної служби.

Штучне освітлення приміщення повинне бути обладнане системою загального рівномірного освітлення. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розміщення документів повинний бути в межах від 300 лк до 500 лк. Загальне освітлення повинне бути виконане у виді суцільних або переривчастих ліній світильників, що розташовуються осторонь від робочих місць (переважно ліворуч) паралельно лінії зору працівників. Допускається застосовувати світильники прямого світла - П; переважно прямого світла – Н, переважно відбитого світла - В. При розташуванні відеотерміналів по периметрі приміщення лінії світильників штучного освітлення повинні розміщатися локально над робітниками місцями. Для загального освітлення необхідно застосовувати світильники з розсіювачами і дзеркальними екранними сітками або відбивачами.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. Яскравість світильників загального висвітлення в зоні кутів випромінювання від 50 град. до 90 град. відносної вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більш 200 кд/м², а захисний кут світильників повинний бути не більш 40 град.

Коефіцієнт запасу для освітлювальної установки загального освітлення варто приймати рівним 1,4. Коефіцієнт пульсації не повинний перевищувати 5%.

У випадку неможливості забезпечити необхідний рівень освітленості системою загального освітлення допускається застосування світильників

місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана і збільшення освітленості екрана більш ніж до 300 лк.

У виробничих і адміністративно-суспільних приміщеннях, де переважають роботи з документами, допускається застосовувати систему комбінованого освітлення (додатково застосовувати світильники місцевого освітлення).

Допускається у світильниках місцевого освітлення застосування ламп розжарення. Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла.

Загальні вимоги для природного і штучного освітлення:

1) необхідно передбачити обмеження прямих відблисків від джерела освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і знаходяться в полі зору, повинна бути не більш 200 кд/м^2 ;

2) необхідно обмежувати відбиті прямі відблиски шляхом вибору типів світильників і розміщенням робочих місць щодо джерел природного і штучного освітлення. Яскравість відблисків на екрані відеотерміналу не повинна перевищувати 40 кд/м^2 , яскравість стелі при застосуванні системи освітлення, що відбиває, не повинна перевищувати 200 кд/м^2 ;

3) необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з відеотерміналом, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинне перевищувати 3:1, а робітників поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування) – 5:1;

4) необхідно використовувати систему вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення в залежності від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки необхідні для роботи зони приміщення;

5) необхідно очищати шибку і світильники не рідше чим 2 рази в рік і вчасно проводити заміну перегорілих ламп.

Рівень шуму не повинен перевищувати:

- 40 дБ – при виконанні робіт, зв'язаних з виготовленням концепцій, розробкою нових програм, інших творчих робіт, а також при навчанні;
- 50 дБ – при виконанні робіт, зв'язаних з керівництвом людьми, що виконують розумові роботи (робота керівника);
- 55 дБ – при виконанні висококваліфікованої розумової роботи, що вимагає зосередженості;
- 65 дБ – при виконанні робіт з інструкцій (операторська і близькі до неї по діяльності), а також при виконанні точних зорових робіт.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях і на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, у якості яких повинні застосовуватися не згораючі або спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот від 31,5 Гц до 8000 Гц або інші матеріали аналогічного призначення. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями.

5.1 Техніка безпеки

У зв'язку з застосуванням електроустаткування вимоги техніки безпеки відносяться до електробезпечності. Приміщення, де виконуються роботи, повинне бути без підвищеної небезпеки. Якщо існують умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку, їх варто усунути.

Заземлені конструкції будинку, що знаходяться в приміщенні (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі з заземленим відкритим екраном і ін.), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження

виконується як окрема групова трьох провідна мережа, шляхом прокладки фазних, нульових робочих і нульового захисного провідників.

Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження до звичайного двох провідної електромережі, у тому числі з використанням перехідних пристосувань.

Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів і меблів. Нарощувати проводу можна тільки шляхом пайки з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Нульовий захисний провідник використовується для занулення електроприймачів. Використання нульового робочого провідника в якості нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затиску нульових робочих і нульового захисного провідників.

Електромережі штепсельних з'єднань і електророзеток для живлення ПК, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування ремонту і налагодження варто виконувати за магістральною схемою по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному ланцюзі.

Штепсельні з'єднання і електророзетки на напругу 12 В и 36 В по своїй конструкції повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань на напругу 127 В і 220 В.

5.3 Висновки до розділу

В результаті аналізу робочих місць оператора виявлені небезпечні, шкідливі фактори та приведені міри по їх усуненню, це дозволить покращити умови праці на робочому місці, покращити працездатність, попередити травмування на робочому місці.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі проведені дослідження статистичних методів з підвищення якості продукції машинобудівних підприємств шляхом впровадження методу контрольних карт. Контрольні карти розглядались як засіб безпосереднього спостереження і вдосконалення процесів. Основними перевагами контрольних карт є простота використання, можливість визначення головних чинників виникнення причин розлагодження процесу виробництва, не вимагає значних економічних затрат, оперативно дозволяє контролювати та оцінювати якість продукції на всіх етапах виробництва. Всі дослідження ґрунтуються на експериментальних даних отриманих в результаті проведення експериментів на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі.

Проведені дослідження статистичних методів з підвищення якості продукції на цих підприємствах показали що:

— проведений аналіз результатів досліджень статистичних методів оцінки якості показали, що при аналізі R- та X-карт ці методи дозволяють також виявити дефекти вимірювальних пристроїв;

— встановлено, що навіть відлагоджений виробничий процес потребує періодичної перевірки і оцінки відповідності вимірів вимогам специфікації на продукцію;

— застосування статистичних методів контролю технологічних процесів дозволяє своєчасно виявити невиконання інженерних вимог до технології виробничого процесу.

Як показав аналіз, контрольні карти слід впроваджувати і використовувати безпосередньо на робочих місцях, тоді зворотній зв'язок буде якнайшвидшим. Оператори виробничих процесів та інженери-фахівці безпосередньо повинні відповідати за збір даних, підтримку карт і інтерпретацію результатів. Оператори і інженери повинні мати фундаментальні знання стосовно виробничих процесів і бути спроможними

виправити розлагодження, знайти шляхи та вдосконалити результативність процесів. І лише тоді, коли всі процеси будуть відлагоджені, а комп'ютеризовані контрольні карти будуть впроваджені, досліджені мною підприємства ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковий завод будуть мати меншу частку браку і рекламаций, а отже і кращій збут свого товару.

Кафедра МБЖД

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч.посібник.-Львів: Світ, 2003.-328 с.; іл.
2. Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю: Навчальний посібник.- Київ: Центр навчальної літератури, 2005.-340 с.
3. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка. –Львів: видавництво „Бескид Біт”, 2003.-544 с.
4. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація: Навчальний посібник.- Львів: Афіша, 2006.- 324 с.
5. Христов О.В. Управление качеством: Учебник.-М.:ИНФРА-М, 2003.-240 с.
6. Статистические методы повышения качества/Пер. с англ. под ред.Хитоси Кумэ.- М.: Финансы и статистика, 1990.-304 с.
7. Бурчакова М.А., Мтзинцева М.Ф. Управление качеством: Учебн.пособие.- М.:Изд-во РУДН, 2004.-204 с.
8. Качество и сертификация промышленной продукции/ А.Г.Гребеников, А.К. Мяслица, В.М. Рябченко, К.Б. Трофимов и др.-Харьков:ХАИ, 1998.-396 с.
9. Федюкин В.К. Управление качеством процес сов.-СПб.:Питер, 2004.-204 с.
10. Федюкин В.К., Дурнев В.Д.,Лебедев В.Г. Методы оценки и управление качеством промышленной продукции: Учебник.- 2-е изд.,перераб. и доп.- М.:Филинь, Рилант, 2001.-328 с.
11. Никифиров А.Д. Управление качеством: Учебн.пособие.-М.: Дрофа, 2004.-720 с.
12. Саранча Г.А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю.- К.:Центр навч.літ.,2006.-672 с.
13. Мишин В.М. Управление качеством: Учебн.пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.-303 с.
14. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч.посібник. К.:КНЕУ, 2001.-170 с.

15. Огвоздин В.Ю. Управление качеством: Основы теории и практики: Учебн. пособие. -4-е изд., испр. и доп. - М.: Дело и сервис, 2002. -160 с.
16. ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

Кафедра МБЖД

ДОДАТОК А
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Кафедра МБЖД

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ
магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ
МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Завідувач кафедри канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.



А. О. Коваль

Студент гр. ММ-61-21



С. Ю. Шапа

м. Харків - 2022

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження — якість продукції і виробничий процес.

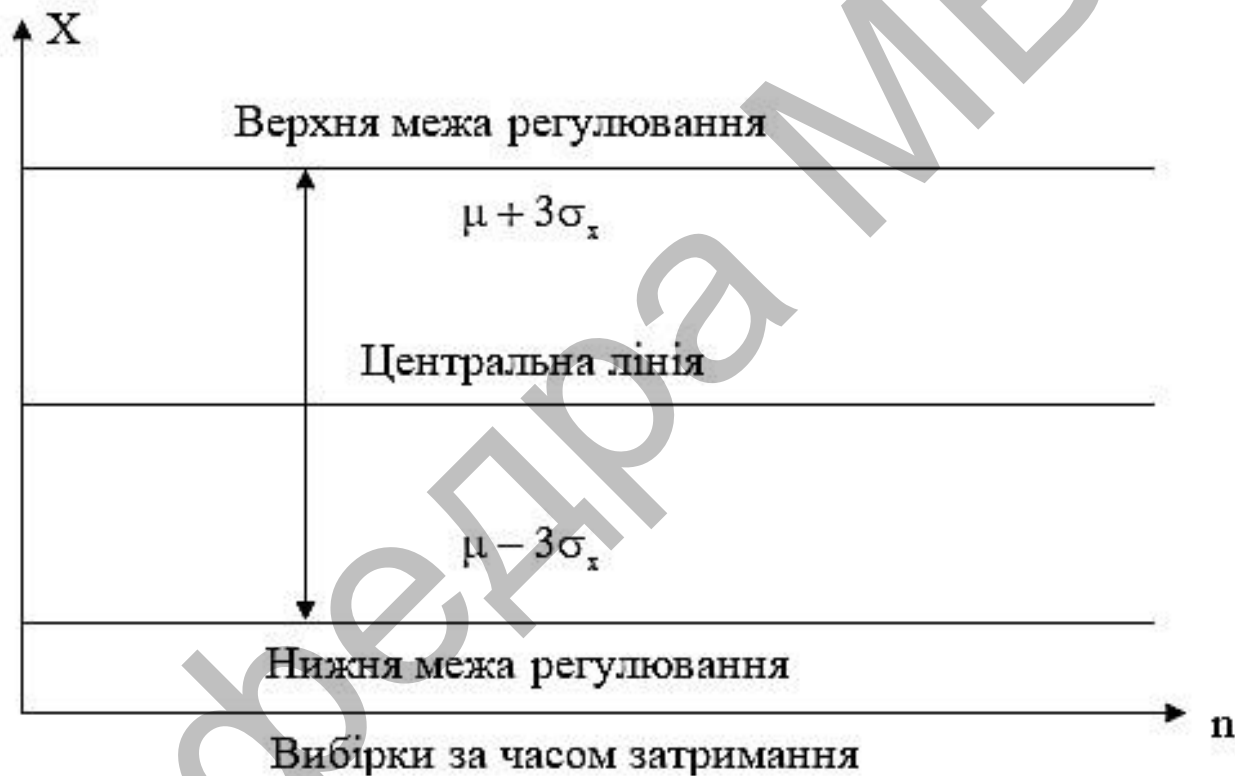
Мета роботи — підвищення якості продукції машинобудівного підприємства шляхом впровадження методу контрольних карт.

Метод дослідження — статистичні методи контрольних карт

Предмет дослідження — статистичні методи підвищення якості виробництва.

В магістерській проведені дослідження статистичних методів з метою підвищення якості продукції машинобудівних підприємств на прикладі Харківського тракторного заводу та 1 Шарикопідшипникового заводу. За результатами експериментальних досліджень якості виробництва та статистичних методів контролю виробничих процесів на Харківському тракторному заводі та 1 Шарикопідшипниковому заводі було проведено коректування меж допусків та вдосконалений виробничий процес рами трактора

СХЕМА КОНТРОЛЬНОЇ КАРТИ ШУГАРТА



МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА

ДІЇ З РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА

- а) обстеження джерел походження установлюваної причини;
- б) налагодження процесу виробництва на бажаному рівні;
- в) зупинка процесу виробництва для проведення поглибленого аналізу.

КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ

- а) помилки першого роду (тип I або альфа-ризик), коли робиться висновок, що мав місце зсув параметрів процесу, коли насправді його не було. Ці помилки призводять до витрат, які зумовлені переконтролюванням (надмірним налагодженням) або дослідженням неіснуючих проблем;
- б) помилки другого роду (тип II або бета-ризик), коли зсув у рівні процесу не виявляється, тоді як він насправді відбувся. Ці помилки призводять до витрат, пов'язаних з незадовільним ходом процесу (результатом якого є істотна кількість одиниць товарної продукції чи послуг, що не відповідають вимогам), який своєчасно не був зупинений внаслідок відсутності можливостей розпізнати причини відхилень у процесі.

ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ НА ВИРОБНИЦТВІ

ЕКОНОМІЧНА ОСОБЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ

Затрати для проведення міроприємств щодо підвищення якості продукції за рахунок статистичного аналізу з використанням контрольних карт на декілька порядків менші ніж отриманий прибуток за рахунок підвищення якості продукції та зменшення кількості рекламаций.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ

1. Визначити, яку ознаку процесу слід досліджувати.
2. Визначити, на якому етапі може бути застосована контрольна карта до процесу виробництва.
3. Обрати потрібний вид контрольної карти.
4. Приймати рішення по результатах статистичного аналізу.
5. Визначитися із системою збору даних та програмним забезпеченням для комп'ютерів

КОНТРОЛЬНА КАРТА ЧИСЛА ДЕФЕКТІВ У ОБОЙМАХ ПІДШИПНИКІВ

| № підгрупи | Кількість перевірених підшипників n | Кількість невідповідних підшипників np | Процент невідповідностей p |
|------------|-------------------------------------|--|----------------------------|
| 1 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 2 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 3 | 4000 | 10 | 0,250 |
| 4 | 4000 | 4 | 0,100 |
| 5 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 6 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 7 | 4000 | 7 | 0,175 |
| 8 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 9 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 10 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 11 | 4000 | 5 | 0,125 |
| 12 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 13 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 14 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 15 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 16 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 17 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 18 | 4000 | 18 | 0,450 |
| 19 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 20 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 21 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 22 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 23 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 24 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 25 | 4000 | 14 | 0,350 |

Рисунок 1 – Попередні дані про невідповідність підшипників

$$\text{ЦП} = \frac{8+14+\dots+14}{4000 \cdot 25} = \frac{269}{100000} = 0,0027 = 0,27\%; \quad (1)$$

$$\text{BMP} = p + 3\sqrt{p(1-p)/n} = 0,0027 + 3\sqrt{0,0027(1-0,0027)/4000} = 0,0052 = 0,52\% \quad (2)$$

$$\text{HMP} = p - 3\sqrt{p(1-p)/n} = 0,0027 - 3\sqrt{0,0027(1-0,0027)/4000} = 0,0002 = 0,02\% \quad (3)$$

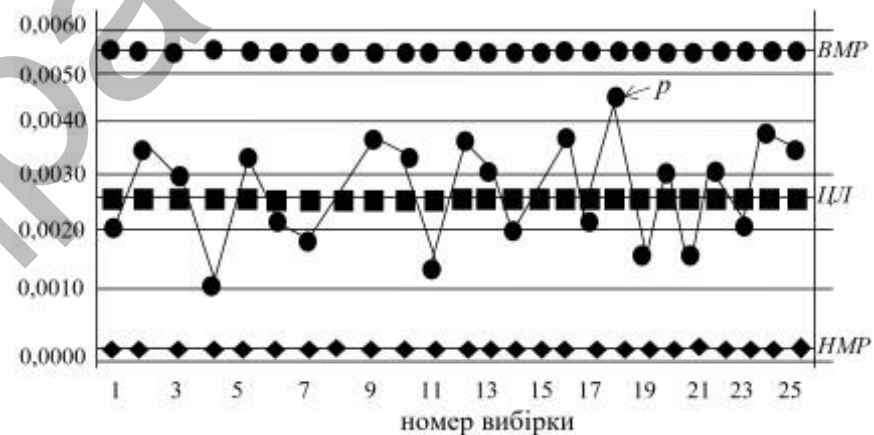


Рисунок 2 — P-карта часток невідповідностей

КОНТРОЛЬНА КАРТА ЧИСЛА ДЕФЕКТІВ У ОБОЙМАХ ПІДШИПНИКІВ

| № підгрупи | Кількість перевірених підшипників n | Кількість невідповідних підшипників np | Процент невідповідностей p |
|------------|-------------------------------------|--|----------------------------|
| 1 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 2 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 3 | 4000 | 10 | 0,250 |
| 4 | 4000 | 4 | 0,100 |
| 5 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 6 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 7 | 4000 | 7 | 0,175 |
| 8 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 9 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 10 | 4000 | 13 | 0,325 |
| 11 | 4000 | 5 | 0,125 |
| 12 | 4000 | 14 | 0,350 |
| 13 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 14 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 15 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 16 | 4000 | 11 | 0,275 |
| 17 | 4000 | 9 | 0,225 |
| 18 | 4000 | 18 | 0,450 |
| 19 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 20 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 21 | 4000 | 6 | 0,150 |
| 22 | 4000 | 12 | 0,300 |
| 23 | 4000 | 8 | 0,200 |
| 24 | 4000 | 15 | 0,375 |
| 25 | 4000 | 14 | 0,350 |

Рисунок 3 – Попередні дані про невідповідність підшипників

$$\bar{c} = n\bar{p} = \frac{8+14+\dots+14}{25} = 10,76; \quad (1)$$

$$BMP = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 10,76 + 3\sqrt{10,76(1-0,0027)} = 20,59; \quad (2)$$

$$HMP = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 10,76 - 3\sqrt{10,76(1-0,0027)} = 0,885. \quad (3)$$

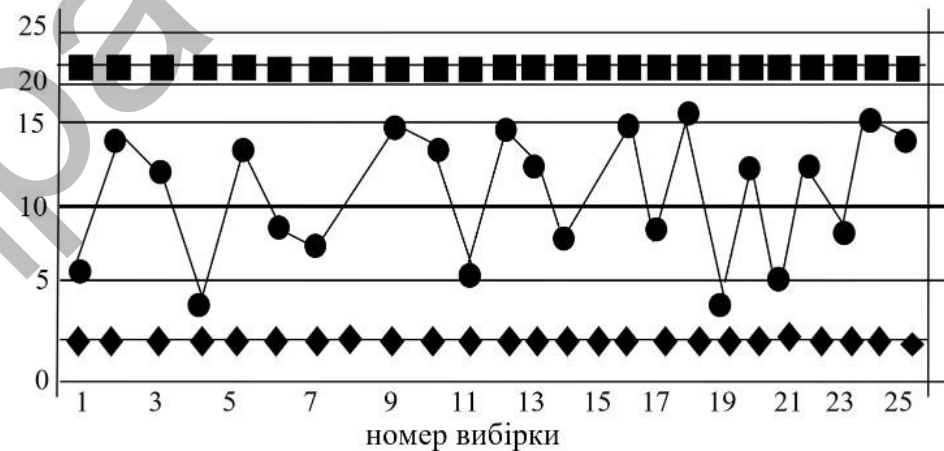
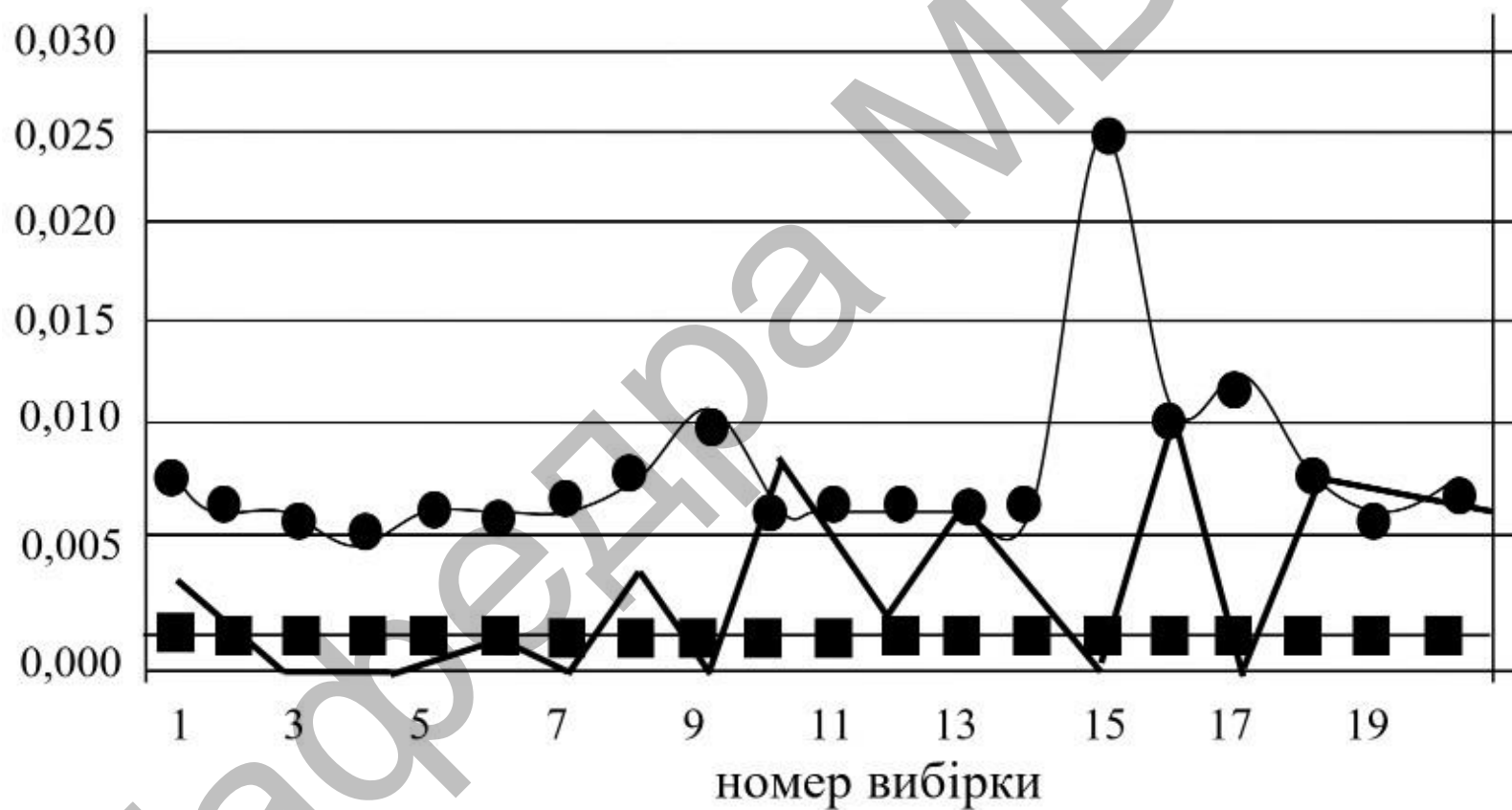
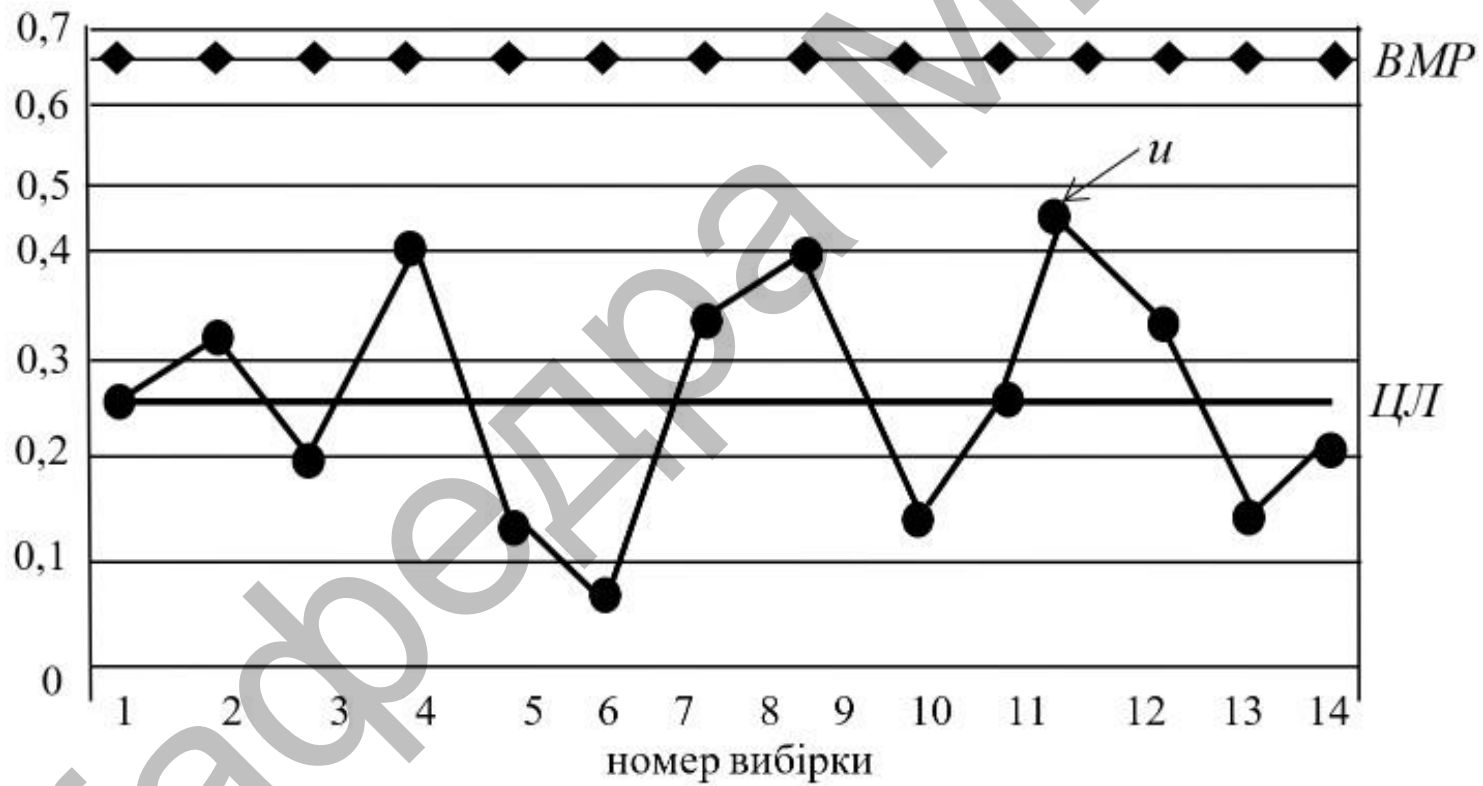


Рисунок 4 — Контрольна карта числа дефектів

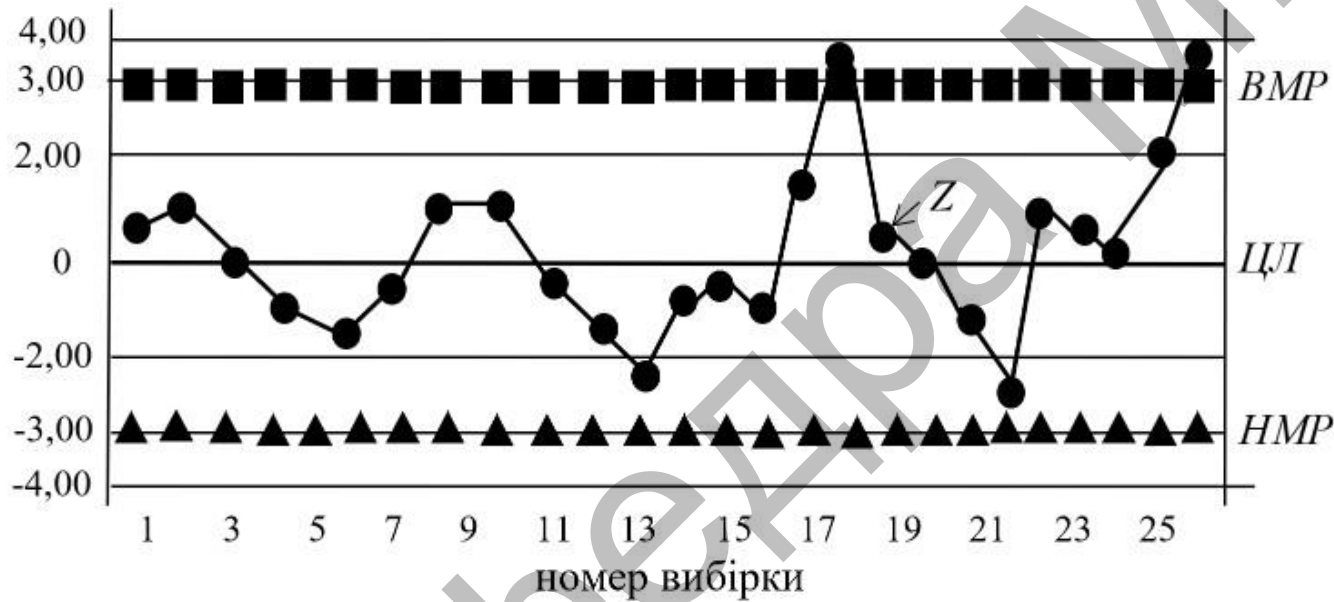
**P-КАРТА ДЛЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРСУНОК.
ВИБІРКИ НЕОДНАКОВОГО ОБ'ЄМУ, СТАНДАРТНЕ ЗНАЧЕННЯ ЗАДАНО**



КОНТРОЛЬНА КАРТА СЕРЕДНЬОЇ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ НА ОДИНИЦЮ ПРОДУКЦІЇ (U-КАРТА)

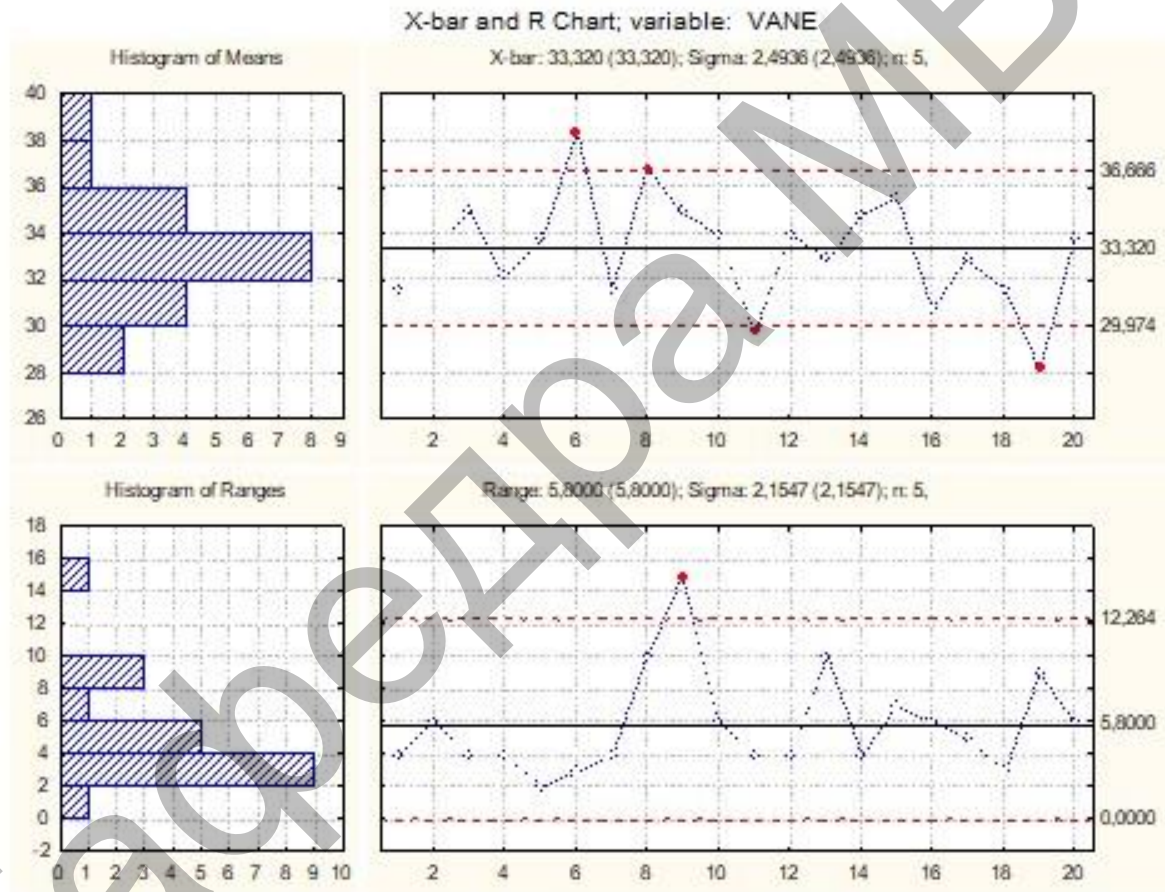


СТАНДАРТИЗОВАНА КОНТРОЛЬНА КАРТА ЧАСТОК ДЕФЕКТІВ

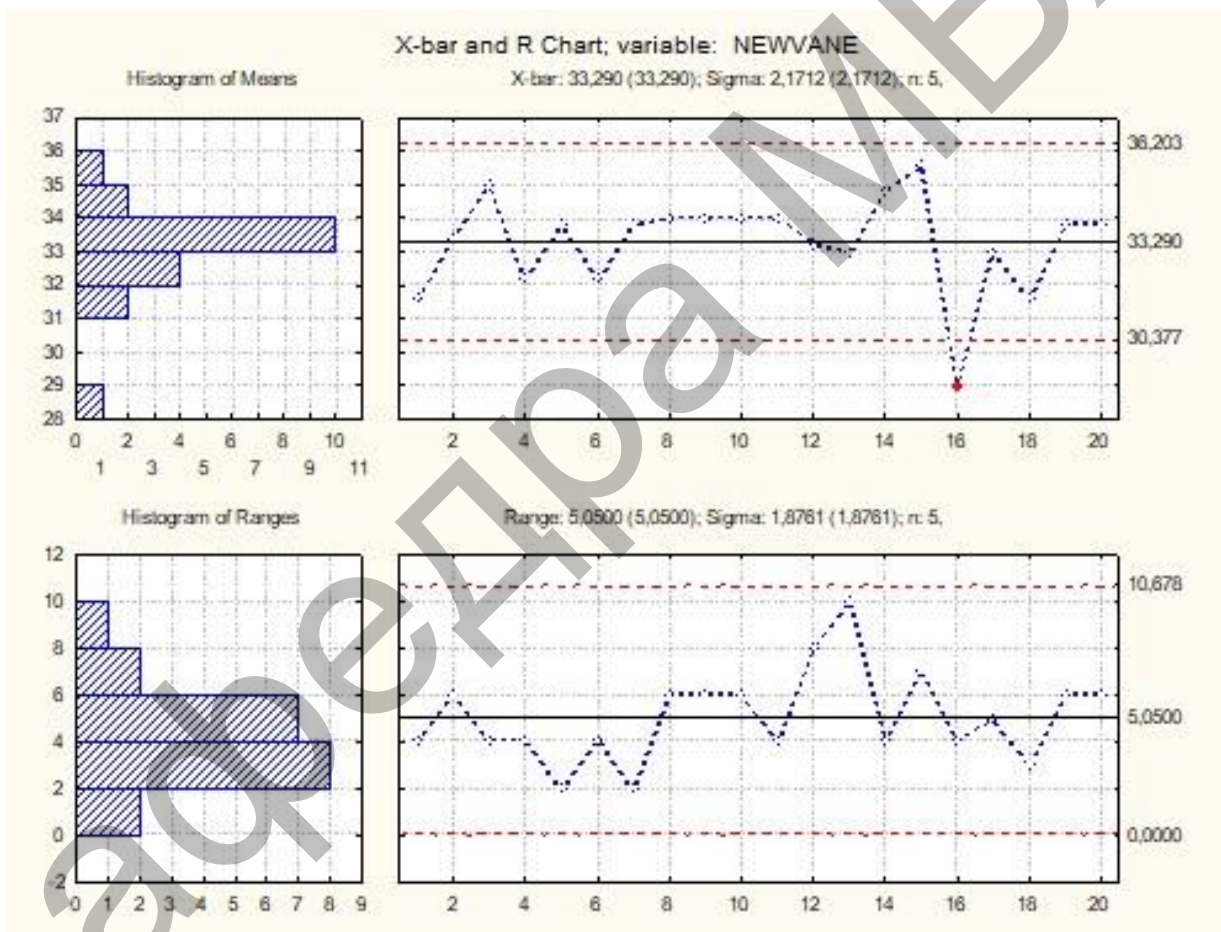


$$Z = \frac{p_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}}$$

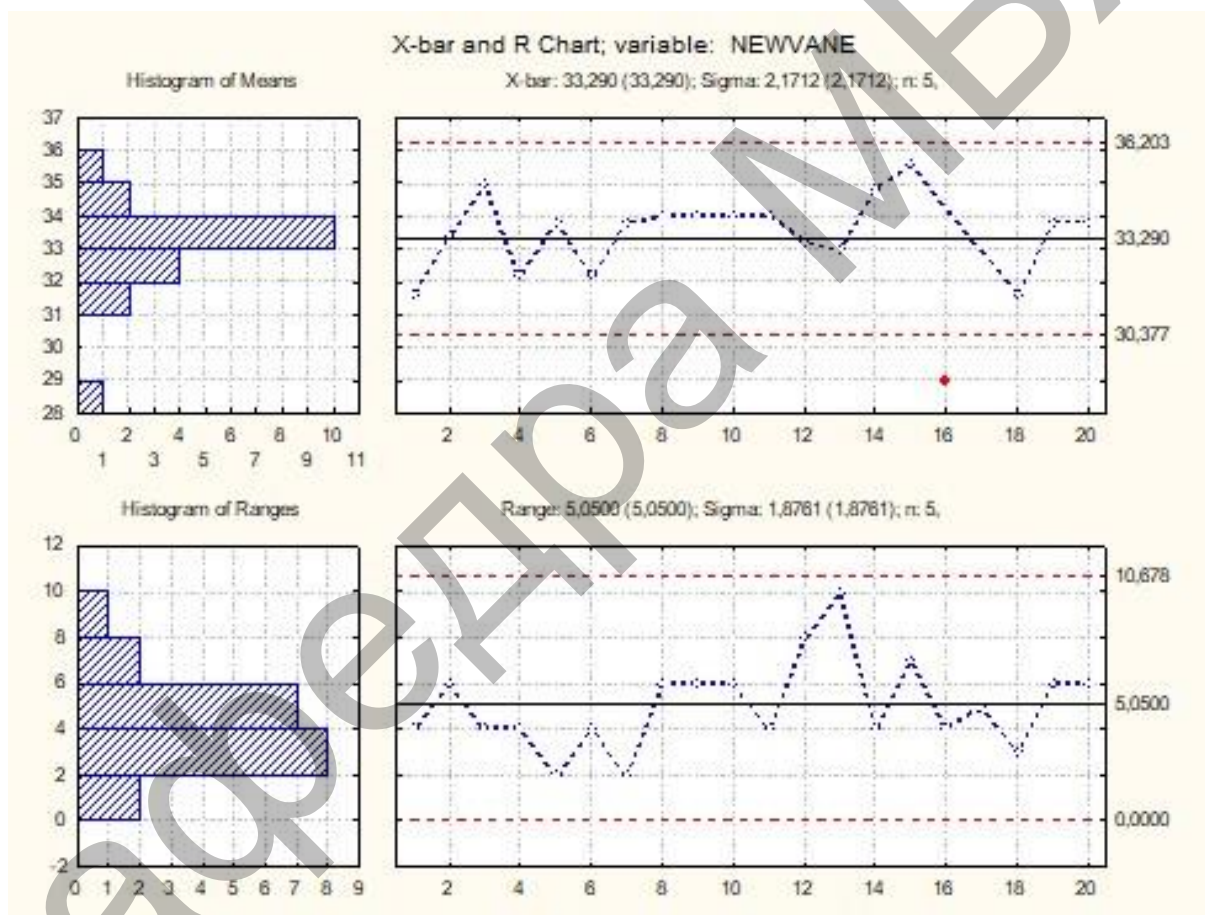
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА ХТЗ



РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА ХТЗ



РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА ХТЗ



РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ НА ХТЗ

| Перемен.: CAPVANE (vanes.sta) | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| АНАЛИЗ ПРОЦЕС. | -3*Сигма=25.3 +3*Сигма=41.5 |
| Индекс пригодности | Знач. |
| Нижняя граница допуска | 20.00000 |
| Номинал (план. специф.) | 30.00000 |
| Верхняя граница допуска | 40.00000 |
| CP (потенциальная пригодность) | 1.23603 |
| CR (отношение пригодности) | .80904 |
| CRK (подтвержденное качество) | .81578 |
| CPL (нижний индекс пригодности) | 1.65628 |
| CPU (верхний индекс пригодности) | .81578 |
| K (нецентрирующая поправка) | .34000 |
| CPM (потенциальная пригодность) | .76574 |

Рисунок 5 — Индексы пригодности процессу

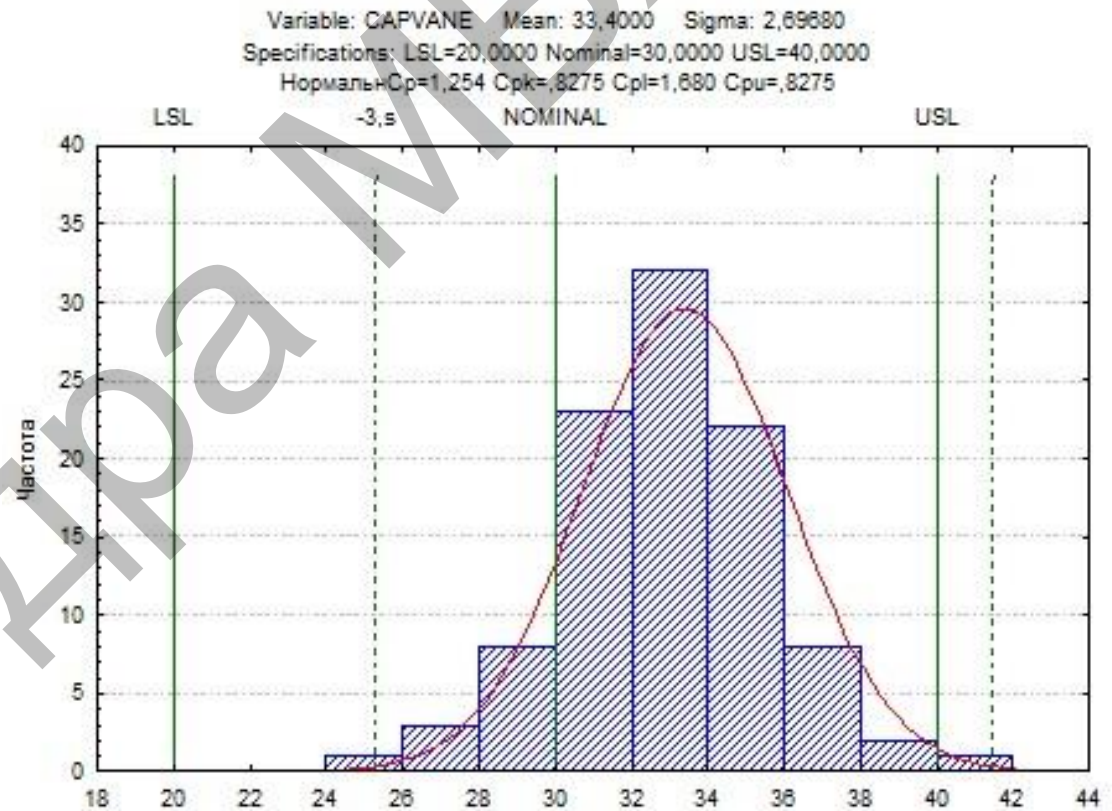


Рисунок 6 – Гістограма результатів аналізу

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі проведені дослідження статистичних методів з підвищення якості продукції машинобудівних підприємств шляхом впровадження методу контрольних карт. Контрольні карти розглядались як засіб безпосереднього спостереження і вдосконалення процесів. Всі дослідження ґрунтуються на експериментальних даних отриманих в результаті проведення експериментів на ХТЗ та 1 Шарикопідшипниковому заводі.

Проведені дослідження статистичних методів з підвищення якості продукції на цих підприємствах показали що:

- проведений аналіз результатів досліджень статистичних методів оцінки якості показали, що при аналізі R- та X-карт ці методи дозволяють також виявити дефекти вимірювальних пристроїв;
- встановлено, що навіть відлагоджений виробничий процес потребує періодичної перевірки і оцінки відповідності вимірів вимогам специфікації на продукцію;
- застосування статистичних методів контролю технологічних процесів дозволяє своєчасно виявити невиконання інженерних вимог до технології виробничого процесу.

Як показав аналіз, контрольні карти слід впроваджувати і використовувати безпосередньо на робочих місцях, тоді зворотній зв'язок буде якнайшвидшим. Оператори виробничих процесів та інженери-фахівці безпосередньо повинні відповідати за збір даних, підтримку карт і інтерпретацію результатів. Оператори і інженери повинні мати фундаментальні знання стосовно виробничих процесів і бути спроможними виправити розлагодження, знайти шляхи та вдосконалити результативність процесів.