# Лекція Тема 9. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

**ЯКОСТІ**

## 9.1. Сутність статистичного контролю якості. Статистичний контроль виробничого процесу

Сьогодні висока якість продукції розглядається як одна з важливих умов розвитку економіки, від якої залежать темпи промислового зростання країни, ефективність використання трудових ресурсів, успіхи зовнішньої торгівлі та її національний престиж. Необхідною умовою досягнення успіху підприємства щодо виробництва якісної, а відтак конкурентоспроможної продукції, є створення та налагодження виробничої системи на всіх його рівнях.

Матеріали, сировина, комплектуючі вироби (деталі) стають частиною продукції, що виробляється. Якість технологічного обладнання, приладів, засобів контролю тощо також безпосередньо впливає на якість виробленої продукції. Важливим завданням підприємства є забезпечення виробництва надходженням якісних матеріалів із зовнішніх джерел (від субпідрядників). Проте найважливішим завданням будь-якого підприємства є налагодження системи виробничих процесів, адже саме щодо цього сформовано цілу науку про найбільш економічні способи перероблення сировинних матеріалів та отримання якісної готової продукції.

Якщо **процес** – це сукупність взаємозв’язаних ресурсів і діяльності, який перетворює вхідні елементи на вихідні, то **виробничий процес** – систематична та цілеспрямована зміна в часі і просторі кількісних і якісних характеристик засобів виробництва і робочої сили для отримання готової продукції з вихідної сировини згідно із заданою програмою.

Ефективне управління якістю, виробничими процесами неможливе без використання статистичних методів, здатних своєчасно, оперативно та об’єктивно відображати зміни в процесі. Згідно даних оцінки фахівців, статистичні методи використовують як основний аналітичний інструмент у 70 % виробничих процесів з контролю якості та на всіх рівнях виробництва.

Метод статистичного контролю якості з’явився у 30-х роках минулого століття, що було пов’язано із розповсюдженням промислового застосування контрольних карт. Батьківщиною цього статистичного контролю вважають Великобританію, про що свідчить

прийняття у 1935 р. стандартів серії 600, які засновані на статистичному аналізі Е. Пірсона.

На той час у промисловості статистичні методи контролю якості застосовувалися вже не перший десяток років. Однак не можна сказати, що ці методи були невід'ємною, органічною частиною робіт із поліпшення якості продукції або повсякденним інструментом виявлення причин помилок при виготовленні продукції. Причиною цього був надто складний апарат контролю, який був орієнтований тільки на інженерно-технічних співробітників. Мова статистичних методів була тільки математичною та важкозрозумілою для простих людей, що створило уявлення про статистичні методи як про дещо дуже складне та навіть застаріле.

Кардинальні зміни наступили в 1950-х роках, коли японські вчені зрозуміли, що їм неефективно використовувати існуючі американські, британські чи інші поширені методи, їм необхідно розробити та використовувати власні. Відомий японський фахівець із дослідження якості К. Ішікава вважав, що вчені пропонували людям надто складні методи контролю тоді, коли б вистачило і простих [5, 21]. Саме тому японці адаптували існуючі прості методи статистичного контролю до реальних умов функціонування підприємств.

Так, у 1950-х роках в Японії були засновані дві премії Демінга: для підприємства та окремого його співробітника. Ці премії присуджувалися одній особі або групі осіб, які допомагали розповсюджувати статистичні методи контролю якості та розвивали їх. Ці премії є однією з найвищих нагород у країні, що відносяться до статистичних методів управління якістю.

Японська практика свідчить, що широке застосування автоматизованих виробничих процесів і використання робототехніки майже неможливе без застосування статистичних методів контролю. Ці методи є актуальними і нині, вони є вкрай необхідними на виробництві сьогодення.

Результат впровадження статистичних методів контролю якості був не миттєвим, але дуже помітним і важливим. Вже наприкінці 1970-х років Японія стала світовим лідером із масового виробництва таких товарів як кіно-, фото-, копі-техніка, автомобілі та телевізори. І сьогодні їх товари впевнено існують на американських та західноєвропейських ринках.

На даний час за ступенем складності статистичні методи контролю якості можна поділити на такі три категорії:

1. Елементарні статистичні методи (сім японських інструментів контролю якості).
2. Проміжні статистичні методи.
3. Передові статистичні методи.

Детально розглянемо першу категорію, оскільки саме 7 японських методів контролю якості є найбільш поширеними та зручними, а без їх знання використання складніших методів виявляється неможливим.

До цих методів належать:

* 1. контрольні листки;
  2. діаграма Парето *(Pareto Diagram);*
  3. метод розшарування *(Stratification);*
  4. гістограма *(Histogram);*
  5. діаграма розкиду *(Scatter Diagram);*
  6. причинно-наслідкова діаграма Ісікави *(Cause and Effect Diagram);*
  7. контрольна карта *(Control Chart).*

У своїй сукупності ці методи утворюють ефективну систему методів контролю та аналізу якості. Вони можуть застосовуватися у будь-якій послідовності, на будь-якому циклі виробництва, в будь- якому поєднанні, в різних аналітичних ситуаціях, їх можна розглядати і як цілісну систему, і як окремі інструменти аналізу. За їх допомогою аналізують кількісні критерії якості, використовуючи прийоми математичної статистики, які доступні всім учасникам виробничого процесу.

## 9.2. Контрольні листки

**Контрольні листки –** інструмент для збирання даних та їх автоматичного впорядковування для полегшення подальшого використання зібраної інформації. Тільки після збору вихідних даних можливе застосування будь-якого з інших шести інструментів контролю якості.

Контрольний листок являє собою паперовий бланк, на якому заздалегідь друкують параметри виробів, відповідно до яких можна заносити контрольовані дані за допомогою простих позначок чи символів. Під час складання контрольних листків необхідно звернути

увагу на те, щоб було зазначено, хто, на якому етапі процесу та протягом якого часу збирав дані, а також щоб форма листка була простою та зрозумілою без додаткових інструкцій.

У табл. 9.1 наведено приклад контрольного листка якості для умовних деталей підприємства «А» і «Б».

*Таблиця 9.1*

## Листок контролю якості для деталей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва документа | | Контрольний листок за видами дефектів |
| Підприємство  Цех  Ділянка | Виріб  Операція Контролер | Кількість оглянутих деталей |
| Відмічати I II III IIII | | |
| Деталь «А» | | |
| Тип дефекту | Дані контролю | Частота |
| Деформації | IIII IIIIIIII II | 14 |
| Подряпини | IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII | 22 |
| Тріщини | III | 3 |
| П’ятна | IIII IIII III | 11 |
| Розрив | IIII II | 6 |
| Інше | II | 2 |
| Деталь «Б» | | |
| Тип дефекту | Дані контролю | Усього |
| Деформації | IIII IIII III | 11 |
| Подряпини | IIII IIIIIIII III | 15 |
| Тріщини | IIII III | 7 |
| П’ятна | IIII IIIIIIII | 12 |
| Розрив | III | 3 |
| Інше | IIII IIII | 8 |

На базі зібраних за допомогою контрольного листка даних можна скласти зведену таблицю дефектів виробництва (табл. 9.2).

Дані таблиці свідчать, що частіше усього з усіх дефектів зустрічаються подряпини.

*Таблиця 9.2*

## Сумарна кількість дефектів деталей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип дефектів всіх деталей | Кількість дефектів | |
| одиниць | % до загальної кількості |
| Деформації | 25 | 21,9 |
| Подряпини | 37 | 32,5 |
| Тріщини | 10 | 8,8 |
| П’ятна | 23 | 20,2 |
| Розрив | 9 | 7,8 |
| Інше | 10 | 8,8 |
| Усього | 114 | 100,0 |

На виробництві застосовують такі ***види контрольних листків****:*

* контрольний листок для реєстрації розподілу вимірюваного параметра в ході виробничого процесу;
* контрольний листок для реєстрації видів невідповідностей;
* контрольний листок для оцінки відтворюваності та працездатності технологічного процесу.

Контрольні листки можна застосовувати під час дослідження як атрибутивних, так і кількісних ознак якості.

## 9.3. Діаграма Парето

Наступним методом оцінки якості продукції на підприємстві, який є найбільш розповсюдженим, є **діаграма Парето**. Цей метод контролю має довгу історію, яка розпочалась ще в 1897 р., коли економіст Ст. Парето запропонував формулу описання нерівномірності розподілу благ у суспільстві. Цю ідею підтримав і М. Лоренц, який відобразив цю ситуацію на графіку (**крива Лоренца**). Обидва вчених довели, що більшу частку доходів має найменша частка людей.

Дещо пізніше відомий американський фахівець з управління якістю Дж. Джуран запропонував застосовувати підхід Ст. Парето у галузі контролю якості. Це дозволило розділити фактори, які впливають на якість продукції, на нечисленні істотно важливі та численні несуттєві. Дослідження Дж. Джурана показали, що, зазвичай, переважна кількість дефектів і пов'язаних з ними втрат для підприємства виникає через відносно невелику кількість причин. Цей підхід аналізу якості був названий діаграмою Парето.

Діаграма Парето являє собою різновид стовпчикової діаграми, яка застосовується для наочного відображення розглянутих факторів у порядку зменшення їх значущості.

Можна виділити два види діаграми Парето (табл. 9.3).

Побудову діаграми Парето починають із класифікації виникаючих проблем за окремими факторами. Після цього статистичний матеріал по кожному фактору збирають і аналізують для того, щоб з'ясувати, які з цих факторів превалюють при вирішенні проблем [9].

У прямокутній системі координат на осі абсцис відкладають рівні відрізки, які відповідають обраним факторам, а на осі ординат – величину їх внеску в дану проблему. При цьому порядок розташування факторів має бути таким, щоб вплив кожного наступного з них, розташованого на осі абсцис, зменшувався в порівнянні з попереднім. У результаті побудови отримують діаграму, стовпчики якої відповідають окремим факторам, які є причинами виникнення проблеми з якістю.

У цілому побудова діаграми Парето складається з дванадцяти взаємопов’язаних етапів. Розглянемо це більш детально.

**Етап 1.** Вибір проблем виробництва, які необхідно досліджувати. Наприклад, це можуть бути проблеми безпосередньо з якістю, аварійні ситуації на виробництві, додаткові витрати підприємства.

**Етап 2.** Вибір типу даних та їх класифікаційних ознак. Наприклад, можна класифікувати дані згідно з типом дефектів, місцем виникнення, технологічними причинами, видом обладнання тощо.

**Етап 3.** Визначення методу збору даних. Це може бути безпосереднє спостереження, документальний спосіб, опитування.

**Етап 4.** Розробка контрольного листка для збирання даних (із переліком видів даних, які призначені для збору). Розробка форми реєстрації даних.

**Етап 5.** Заповнення реєстраційної форми і підведення підсумків. **Етап 6.** Розробка таблиці, яка дозволить перевіряти дані по кожному фактору окремо (з графами для підсумків). Розрахунок накопиченої суми числа дефектів, відсотків до загального підсумку і

накопичених відсотків.

*Таблиця 9.3*

## Характеристика видів діаграми Парето

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Діаграма Парето за результатами діяльності | | Діаграма Парето за причинами виникнення проблем з якістю | |
| Характе- ристика | Призначена для виявлення головної проблеми.  Відображає небажані результати  діяльності. | Характери- стика | Відображає причини проблем, що виникають у ході виробництва.  Використовується для виявлення головної з них. |
| Відображає негативні результати діяльності  підприємства, пов’язані з: | | Виявляє основні проблеми на виробництві, головною причиною яких є: | |
| *елемент* | *деталізація* | *елемент* | *деталізація* |
| якість | дефекти, відмови, помилки, рекламації, ремонти, повернення  продукції | виконавець роботи | зміна, бригада, вік робітників, їх досвід роботи, кваліфікація, індивідуальні характеристики |
| собівар- тість | витрати, обсяг втрат, собівартість одиниці продукції | обладнання | верстати, агрегати, інструменти, оснащення, організація  використання, моделі, штампи, знос обладнання |
| терміни поста- чання | нестача запасів, помилки в складанні рахунків, зрив  термінів постачань | сировина | виробник, вид сировини, підприємство-постачальник, партія, якість сировини |
| безпека | нещасні випадки, трагічні помилки, аварії на виробництві. | методи праці | умови виробництва, замовлення-наряди, прийоми роботи, послідовність операцій |
| виміри | точність, вірність і повторюваність (вміння дати однакову вказівку в наступних вимірах одного і того ж значення), стабільність (повторюваність протягом тривалого періоду), спільна точність, тип вимірювального приладу (аналоговий або  цифровий). |

Дані повинні розташовуватися в порядку їх вагомості (табл. 9.4).

*Таблиця 9.4*

## Результати реєстрації даних за типами дефектів для побудови діаграми Парето

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип дефекту | Кількість дефектів | | Накопичена сума дефектів | |
| одиниць | % до загальної кількості | одиниць | % до загальної кількості |
| Деформація | 310 | 31,0 | 310 | 31,0 |
| Подряпини | 270 | 27,0 | 580 | 58,0 |
| Тріщини | 240 | 24,0 | 820 | 82,0 |
| П’ятна | 100 | 10,0 | 920 | 92,0 |
| Розриви | 40 | 4,0 | 960 | 96,0 |
| Дефекти комплектації | 25 | 2,5 | 985 | 98,5 |
| Інше | 15 | 1,5 | 1000 | 100,0 |
| Усього | 1000 | 100,0 | х | х |

Групу «інше» варто розміщувати в останньому рядку незалежно від її числових значень, оскільки вона складається із сукупності ознак, числовий результат по кожному з яких буде меншим, ніж найменше значення, отримане для ознаки, виділеної в окремий рядок таблиці.

**Етап 7.** Побудова горизонтальної та вертикальної осей. Вертикальна вісь повинна містити відсотки, а горизонтальна – інтервали відповідно до числа контрольованих ознак. Горизонтальну вісь необхідно розбити на інтервали відповідно до кількості контрольованих ознак.

**Етап 8.** Побудова стовпчикової діаграми (рис 9.1).

35

30

25

20

15

10

5

0

Деформація Подряпини

Тріщини

П’ятна

Розриви

Дефекти

комплекстації

Інше

**Тип дефекту**

**% дефекту по кожному фактору в**

**загальній сумі**

### Рис. 9.1. Діаграма Парето

**Етап 9.** Проведення на діаграмі кумулятивної кривої (кривої Парето) (рис. 8.2).

100,0

90,0

96,0

92,0

80,0

70,0

82,0

60,0

50,0

40,0

30,0

20,0

58,0

31,0

### Рис. 9.2. Кумулятивна крива на діаграмі Парето

**дефеуту по кожному фактору в**

**загальній сумі**

Аналіз побудованої діаграми, представленої на рис. 9.2, показує, що деформація, подряпини та тріщини в деталях складають 82,0 % всіх невідповідностей. Отже, з усунення саме цих дефектів слід розпочинати роботу щодо забезпечення якості продукції.

Діаграма Парето часто виявляє закономірність, яка отримала назву **«Правило 80/20»**, засноване на принципі Парето, згідно якого велика частина наслідків викликається відносно нечисленними причинами: зазвичай 80 % виявлених невідповідностей пов'язана лише з 20 % всіх можливих причин.

Крім виявлення та ранжування факторів за їх значущістю діаграма Парето з успіхом застосовується для наочної демонстрації ефективності тих чи інших заходів у галузі забезпечення якості: достатньо побудувати та порівняти дві діаграми Парето – до і після реалізації будь-яких заходів.

Відносно побудови та застосування діаграми Парето ми також рекомендуємо наступне:

 оптимальним є використання різних класифікацій і складання великої кількості діаграм Парето. Суть проблеми легше піймати, спостерігаючи явище з різних точок зору, тому важливо випробувати різні шляхи класифікації даних, поки не будуть визначені нечисленні істотно важливі фактори, що, власне, і є метою аналізу Парето;

* група факторів «інше» не повинна складати великий відсоток від загальної кількості. Великий відсоток цієї групи вказує на те, що об'єкти спостереження класифіковані невірно і занадто багато об'єктів потрапило в одну групу. Це вказує на необхідність використання іншого принципу класифікації;
* якщо дані можна представити в грошовому вираженні, найкраще показати це на вертикальній осі діаграми Парето. Якщо існуючу проблему не можна оцінити в грошовому вираженні, саме дослідження може виявитися мало ефективним, оскільки витрати – важливий критерій вимірювань в управлінні якістю продукції;
* якщо небажаний фактор можна усунути за допомогою простого рішення, це потрібно зробити негайно, яким би незначним він не був. Оскільки діаграма Парето розцінюється як ефективний засіб вирішення проблем з якістю продукції, краще розглядати тільки нечисленні істотно важливі причини. Однак усунення неважливої причини простим шляхом може послужити прикладом ефективного вирішення проблеми, а набутий досвід, інформація та моральне задоволення – мати позитивну дію на подальшу процедуру вирішення проблем;
* одним із найбільш важливих варіантів діаграми Парето є класифікація факторів за причинами поганої якості продукції.

Окрім сфери виробництва діаграму Парето можна використовувати у ***фінансовій сфері*** (аналіз отриманого прибутку залежно від виду виготовленої продукції; аналіз рентабельності окремих видів продукції), ***сфері збуту*** (прогнозування кількості покупців окремо по кожному виду товару, аналіз кількості повернених виробів окремо по кожному виду), ***сфері матеріально- технічного постачання*** (аналіз кількості днів затримки постачання по окремих видах сировини, аналіз видів утрат залежно від затримки сировини на складах по окремих видах матеріалів чи виготовленої продукції), ***сфері діловиробництва*** (аналіз кількості пропозицій по окремих співробітниках, відсотка виконання плану по підрозділах).

## 9.4. Метод розшарування

**Метод розшарування (стратифікації)** є одним з найбільш простих методів контролю якості, відповідно до якого інформацію групують залежно від умов її отримання. Кожна група даних обробляється та аналізується окремо від інших груп.

Наприклад, розшарування (стратифікацію) даних можна провести за наступними ***ознаками***:

* залежно від виконавця робіт (належність до певного підрозділу, стаж роботи, кваліфікація);
* залежно від типу обладнання (нове або старе обладнання, марка обладнання, країна-виробник тощо);
* залежно від сировини (за місцем її виробництва, відповідно до фірми-виробника, з урахуванням якості сировини тощо);
* залежно від способу виробництва (температура обробки, кількість стадій обробки, інші особливості процесу виробництва).

Під час розшарування зібраних даних необхідно прагнути до того, щоб відмінності усередині групи були якомога меншими, а відмінності між групами – якомога більшими.

Використання методу розшарування для аналізу якості продукції дозволяє отримати уявлення про приховані причини дефектів, а також допомагає виявити причину появи дефекту. При проведенні розшарування за фактором «виконавець» (при значному розходженні в даних) можна визначити вплив того чи іншого виконавця на якість виробу; якщо розшарування проведено за фактором «обладнання» – вплив використаного обладнання тощо.

Розглянемо метод розшарування на прикладі умовної деталі

«А», під час виробництва якої було виявлено декілька різноманітних дефектів якості. Розіб’ємо причини цих дефектів (100 %) на 4 різні групи: постачальники сировини, робочі зміни на виробництві, тип обладнання та особистості 6 різних операторів. Представимо результати групування даних у вигляді графіків (рис. 9.3 - 9.6).

80

70

70

60

50

40

30

20

1

2

3

20

10

10

0

Постачальники

**%**

***Рис. 9.3. Розподіл дефектів продукції залежно від постачальника сировини***

**%**

**%**

**%**

***Рис. 9.4. Розподіл дефектів залежно від оператора***

30

22

20

21

20

19

18

1

2

10

3

4

5

0

Оператори

***Рис. 9.5. Розподіл дефектів залежно від зміни***

33,6

33,5

33,4

33,3

1

33,2

33,2

2

3

33

Зміна

***Рис. 9.6. Розподіл дефектів залежно від типу обладнання***

51

51

50

49

49

1

2

48

Обладнання

Аналіз графіків дозволяє зробити висновок, що не має особливих відмінностей між виробниками чи змінами, в які працюють робітники, не впливає й тип обладнання, яке використовують для виробництва. При цьому 70 % дефектів трапляється з вини постачальника сировини, з чого можна зробити висновок, що для підвищення якості продукції та запобігання браку необхідно змінити постачальника.

У ситуаціях, коли після розшарування даних неможливо визначити наочно основний фактор у вирішенні проблеми, необхідно проводити більш глибокий аналіз даних [14].

## Питання до самоконтролю

1. Дайте визначення виробничому процесу.
2. Коли з’явився статистичний метод контролю якості?
3. Чому до 1950-х років статичний метод контролю якості не був популярним та широко використовуваним?
4. За що присуджуються премії Демінга в Японії?
5. Перелічіть сім японських методів статистичного контролю якості?
6. Хто був основоположником статистичного методу контролю якості в Японії?
7. Що таке контрольні листки?
8. Назвіть основні види контрольних листків.
9. Коли був розроблений метод діаграми Парето?
10. Охарактеризуйте два види діаграми Парето.
11. Про що свідчить «Правило 80/20»?
12. В яких інших сферах, окрім контролю якості, можна використовувати діаграму Парето?
13. Дайте визначення методу розшарування.
14. За якими ознаками можна провести розшарування?