**Тема 5**

**Статистичні методи контролю якості**

Статистичні методи вперше з’явилися в СІІІА в 30-х роках XX сторіччя. їх практичне застосування здійснив Шухарт, який запропонував статистичне пояснення поводження вироб­ничого процесу в часі.

На початку 50-х років ці методи стали застосовуватися в Японії після успішного циклу лекцій Демінга, прочитаних ним на прохання ділових кіл. Вони забезпечили простоту і наочність для розуміння сутності процесів керування якістю. З безлічі статистичних методів в Японії набули поширення сім основних:

* діаграма Парето,
* діаграма Ісікави,
* гістограма,
* метод контрольних карт,
* діаграма розсіювання (розкидання),
* діаграма розшарування,
* контрольний аркуш.

Сучасні стандарти ISO 9000 визначають застосування статистичних методів як самостійного елемента системи якості підприємств. У практиці накопичений значний досвід використання методів статистичного контролю і регулювання якості продукції та технологічних процесів. їх можна поділити на два напрями:

1. *Методи статистичного вибіркового приймального контролю* застосовуються для оцінки відповідності продукції вимогам нормативних документів, тобто вибіркового контролю. Зміст його полягає в тому, що якість контрольованої партії продукції визначається за вибірковими характеристиками, які знаходяться за малою вибіркою з цієї партії.
2. *Методи статистичного регулювання якості технологічних процесів* застосовуються для керування внутрішніми робочими процедурами при підготовці до сертифікації систем якості і виробництва.

Використання у виробництві цих методів, на думку Ісікави, допомогло вирішити близько 95% усіх проблем щодо якості. Повсюдне навчання в Японії семи інструментам контролю якості, починаючи зі шкільної лави дозволило залучити до процесу підвищення якості та удосконалення виробництва практично все населення країни.

Як правило, статистичні методи широко використовуються в процесі контролю якості у виробництві. В сучасних умовах сфера їх використання значно поширилась на області планування, проектування (методи Тагуті), маркетингу, матеріально-технічного забезпечення тощо. Застосування статистичних методів дозволяє зменшити варіабельність процесів і, таким чином, зменшити витрати, пов’язані із здійсненням процесів.

Проблемою у використанні статистичних методів є те, що вони ґрунтуються на знанні методів та інструментів математичної статистики. Саме це ускладнює їх використання персоналом будь-якої організації.

Діаграма Парето – це інструмент, що дозволяє розподілити зусилля для вирішення проблем, що виникають і виявити основні причини, з яких потрібно починати діяти.

В 1897 р. італійський економіст В. Парето (1845-1923) запропонував формулу, яка демонструє, що блага розподіляються нерівномірно. Ця ж теорія була проілюстрована американським економістом М. Лоренцом на діаграмі. Обидва вчених показали, що у більшості випадків найбільша частка благ (доходів) належить невеликій кількості людей.

Д. Джуран застосував розроблену Парето формулу для розподілу за ступенем важливості причин браку в області контролю якості. Цей метод був названий ім’ям Парето. Він зазначив, що в більшості випадків більшість дефектів і пов’язані з ними втрати виникають через відносно невеликого числа причин, продемонструвавши це за допомогою діаграми, що отримала назву ***діаграми Парето.***

При аналізі причин появи браку помітили, що в більшості випадків дефекти і пов’язані з ними втрати мають кілька причин. Діаграма Парето допомагає *встановити головні фактори,* з яких слід починати діяти.

Розрізняють два види діаграм Парето:

* 1. Діаграма Парето по результатам діяльності. Вона застосовується для виявлення головної проблеми і відображає небажані результати пов’язані з:
* якістю (дефекти, помилки, відмови, рекламації, ремонти, повернення продукції);
* собівартістю (обсяг втрат, витрати);
* строками поставок (нестача запасів, помилки в складанні рахунків, зрив строків постачання);
* безпекою (трагічні помилки, аварії).
	1. Діаграма Парето по причинам. Вона відображає причини проблем, що виникають в процесі виробництва, и використовується для виявлення головної з них:
* виконавці роботи;
* устаткування;
* сировина;
* метод роботи;
* вимірювання.

Побудову діаграми Парето починають з класифікації проблем, що виникають по кожним окремим факторам. Далі йде збір і аналіз статистичного матеріалу по кожному фактору, щоб виявити, які з них є найбільш суттєвими при вирішенні проблем. Це стовпчикова діаграма даних, отриманих по кожній перевірюваній ознаці. На рис. 8.1 представлена гістограма розподілу питомої ваги дефектів залежно від їх типу за ступенем зниження питомої ваги. На ній показано розподіл дефектів за типами: 1 – недоформування; 2 – тонкостінність; 3 – раковини, 4 – тріщини, 5 – шорсткість, 6 –плями, 7 – інші.



Рисунок 8.1 Гістограма питомої ваги різних факторів, що впливають на якість продукції

Дані розташовують у порядку значущості і будують кумулятивну криву. Завдяки цьому з’являється можливість зосередити увагу на усуненні дефектів, що спричинюють найбільші втрати. Порівнюючи діаграми Парето, побудовані за даними до і після поліпшення процесу, можна оцінити ефективність вжитих заходів.

На рис. 8.2 представлена діаграма Парето з накопиченою кумулятивною кривою. На підставі її аналізу можна зробити висновок, що частка двох перших дефектів (деформації і подряпин) складає 74% від їх загальної кількості, в той час як на інші п'ять груп припадає лише 26%. Отже, для різкого зниження кількості браку в першу чергу достатньо з’ясувати й усунути причини появи цих двох факторів.



Рисунок 8.2 Діаграма Парето

У подальшому, для виявлення причин виникнення дефектів, можна скористатися причинно-наслідковою діаграмою Ісікави.

**Причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ісікави).** Розроблена професором Ісікавою ще в 1943 році і одержала назву «риб’ячий кістяк» або «риб’яча кістка» (рис. 8.3). Активно застосовувалася аспірантами і молодими вченими при проведенні досліджень, і з їх «легкої руки» також одержала назву «діаграма Ісікави». Пізніше стала широко використовуватися в Японії та поза її межами.

Показник якості продукції

Людина

Метод

Матеріал

Обладнання

Оточення

Рисунок 8.3 Причинно-наслідкова діаграма Ісікави з розподілом причин за рівнем

Вона має й іншу назву – діаграма 5М, за складом п’яти основних факторів англійською мовою – Man, Method, Material, Machine, Medium (людина, метод, матеріал, устаткування і навколишнє середовище).

Ця діаграма дозволяє виявити і систематизувати різні фактори й умови, що впливають на досліджувану проблему. З її допомогою можна вирішувати широкий спектр завдань, у тому числі конструкторські, організаційні, технологічні, економічні, соціальні та інші.

Виявлені в процесі використання діаграми Парето головні фактори, які переважно впливають на якість продукції, можуть бути проаналізовані за допомогою діаграми Ісікави.

Досліджувана проблема умовно зображується у вигляді прямої горизонтальної лінії. Серед факторів, що впливають на проблему, вибираються основні. Це можуть бути перераховані вище фактори, умовно названі 5М, або інші, залежно від точки зору, з якої розглядається ця проблема.

Ці фактори будуть факторами першого порядку. Але й на них впливають певні сили. Назвемо їх причинами другого порядку. У свою чергу, вони виявляються під впливом факторів третього порядку і так далі. Важливо виділити якомога більше причин, що впливають на дану проблему. При аналізі враховуються навіть ті, які, на перший погляд, здаються незначними. Адже саме вони можуть підказати найбільш правильний і ефективний спосіб вирішення проблеми.

Діаграма Ісікави використовується у всіх країнах не тільки при аналізі показників якості товарів, а й якості послуг, задоволеності споживача, ефективності роботи персоналу і т.ін.

*Гістограма* – це графік, на якому у вигляді стовпчиків показано розподіл даних окремих вимірів або контролю одного і того ж або декількох параметрів, згрупованих за частотою попадання в певний, заздалегідь встановлений той чи інший інтервал значень. Гістограма корисна для порівняння отриманого розподілу з контрольними нормативами або для визначення за отриманим розподілом частоти середнього значення і стандартного відхилення.

На рис. 8.4 представлена гістограма розподілу параметрів, де А – нижня межа допусків; Б – верхня межа допусків; АБ – інтервал допусків.



Рис. 8.4 Гістограма розподілу параметрів

Гістограми широко застосовується при складанні місячних звітів по якості підприємств та їх підрозділів (цехів, відділів і т.д.).

**Метод контрольних карт.** Цей метод дозволяє відслідковувати стан процесу в часі і впливати на нього до того, як він вийде з-під контролю. Він дозволяє попереджувати відхилення від вимог, що висуваються до процесу.

Контрольна карта – це різновид графіка, однак, на відміну від звичайного графіка на контрольну карту наносять контрольні значення, які називають межами регулювання.

Контрольна карта дозволяє слідкувати за станом процесу, і більш того, впливати на цей процес до того, як він вийде з-під контролю.

Контрольна карта складається звичайно з трьох ліній.

При побудові контрольних карт на осі ординат відкладається значення контрольованого параметра, а по осі абсцис – час вибірки.

Центральна лінія відповідає середньому значенню контрольованого параметра якості.

Інша лінія (вища від центральної) є верхньою контрольною межею.

Третя лінія (нижча) – нижня контрольна межа. Проміжок між верхньою і нижньою лініями – це максимально допустимі межі зміни значень контрольованого показника якості.

При нанесенні на контрольну карту значень контрольованого параметра вибірки виробу точки можуть розташовуватися всередині контрольних меж. У цьому випадку процес проходить нормально (рис. 8.5 а), але якщо ці значення виходять за верхню або нижню межу, то вважається, що процес вийшов з-під контролю (рис. 8.5 б).

По розташуванню цих точок відносно меж контрольних до­пусків визначають момент зупинки процесу для регулювання.



Рисунок 8.5 Контрольна карта: а) процес під контролем, б) процес вийшов з-під контролю

Застосуванню контрольних карт передує попередній статистичний аналіз процесу і усунення виявлених недоліків. Без цього застосування контрольних карт не має сенсу.

Діаграма розсіювання. Для вивчення залежностей між двома змінними можна скористатися так званою діаграмою розсіювання. По ній можна, використовуючи кореляційний і регресивний аналізи, виявити кількісний зв'язок між двома параметрами. Діаграма дозволяє наочно показати характер змін параметра якості в часі з урахуванням впливу різних факторів. Діаграма не дає відповіді на питання, чи є одна перемінна величина причиною іншої, але вона здатна виявити, чи існує в даному випадку причинно-наслідкова залежність взагалі і яка її сила.

Найбільш розповсюдженим статистичним метолом виявлення такої залежності є кореляційний аналіз, заснований на оцінці коефіцієнта кореляції. Залежність може бути повною, тобто функціональною, коли коефіцієнт кореляції дорівнює одиниці (+1, якщо перемінні одночасно зростають чи убивають, або -1, якщо при зростанні однієї перемінної інша убиває).

При наявності кореляційної залежності причинний фактор значно впливає на характеристику, тому, тримаючи цей фактор під контролем, можна досягти стабільності характеристики. Можна також визначити рівень контролю, необхідний для даного показника якості.

При наявності кореляційній залежності між окремими факторами значно полегшується контроль процесу з технологічної, часової та економічної точки зору. Для побудови діаграми розкидання з метою виявлення залежності між двома видами даних, перш за все необхідно зібрати дані і представити їх у вигляді таблиці відповідності тих і інших якомусь загальному для них фактору.

Якщо Y – показник якості, X – фактор, що впливає на якість, то на рис. 8.6 чітко простежується пряма кореляція (залежність). Зворотна кореляція спостерігається в тому випадку, коли при збільшенні значення X показник Y зменшується.

Однак якщо на графіку розкидання точок значне і нагадує «пляму», то виражена залежність між параметрами X і Y відсутня.



Рис. 8.6 Діаграма розсіювання

Діаграма розшарування. Здійснюється групування даних залежно від умов побудови і кожної групи даних окремо. Групування даних одержало назву шарів, а процес розподілу на шари – розшаруванням (стратифікацією). Розшарування може здійснюватися за такими шарами:

* 1. виконавцями: статтю, віковим стажем, кваліфікацією і т.д.;
	2. устаткуванням: термінами введення в експлуатацію, вартістю, маркою, виробником і т.д.;
	3. сировиною: за якістю сировини, місцем виробництва, виробниками, термінами постачання і т.д.;
	4. способами виробництва: технологією виготовлення, місцем виробництва, режимом, температурою і т.д.;
	5. виміром: типом вимірювальних засобів, ступенем їх точності, терміном перевірки, методом виміру і т.д.

При цьому необхідно виконати такі умови:

1. Усередині групи розходження між значеннями досліджуваної випадкової величини має бути мінімальним порівняно з розходженням її значень у незгрупованій загальній сукупності.
2. Розходження між групами повинно бути максимальним.

**Контрольний листок.** Призначається для збору даних і автоматичного їх упорядкування для полегшення подальшого використання зібраного матеріалу. Нижче представлено один із варіантів контрольного листка дефектів (рис. 8.7).

КОНТРОЛЬНИЙ ЛИСТОК ДЕФЕКТІВ

Найменування продукції \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Виробнича організація \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Ділянка\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Усього проконтрольованих деталей \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Верстат\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

П.І.Б. виконавця\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Попередній висновок про причини найбільш частих дефектів \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№ партії\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Контролер \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№ замовлення \_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/ п | Тип дефектів | Результати контролю | Усього дефектів |
|  |  |  | к-сть | пит. вага,% |
| 1234567 | Тріщини Тонкостінність Плями Недоформування ШорсткістьРаковиниРозрив | *//////**////////////////**//**///////////////////////////////////////////**/////**///////**/* | 616243571 | 720354691 |
|  | Разом иявлено дефектів |  | 80 | 100 |

Рис. 8.7. Контрольний листок дефектів

На бланку, заздалегідь друкують контрольовані параметри, відповідно до яких можна вносити дані за допомогою позначок або простих символів. Для кожного конкретного завдання може розроблятися окремий листок.

Для більш наочного уявлення і кращого розуміння взаємозалежності між певними факторами і їх застосуванням використовуються графічні зображення статистичного матеріалу. До них можна віднести стовпчикові, лінійні, кругові, стрічкові та інші графіки.

Статистичні методи контролю якості використовуються у світовій практиці з початку 20-х років і набули визнання та підтвердили свою корисність. Повною мірою вони використовуються і донині.

Однак для вирішення більш складних управлінських проблем підвищення якості можуть застосовуватися удосконалені варіанти. Союзом учених та інженерів Японії в 1979 році був розроблений набір статистичних методів, що одержали назву «семи нових інструментів контролю якості». До них були віднесені: діаграма відносин; деревоподібна діаграма; діаграма спорідненості; матрична діаграма; стрілочна діаграма; діаграма PDPC; матриця пріоритетів.