

Приклад розв'язання задачі за допомогою Microsoft Excel 2003

Задача 1. Для визначення якості продукції відібрано 500 одиниць з 10000. Серед них виявлено 50 виробів третього сорту. Визначити граничну помилку частки з імовірністю 0,997.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Всього деталей			Відібрано деталей			Виробів III сорту	
2								
3	10000			500			50	

Розв'язання

Розв'язання задачі здійснимо з допомогою Microsoft Excel 2003 (рис.1).

Внесіть в таблицю дані згідно зі зразком.

В комірці С6 визначимо частку виробів третього сорту:

$$w = 0,1 \text{ (формула: G3/D3),}$$

В комірці С8 визначимо частку першого та другого сортів:

$$p = 1 - w = 0,9 \text{ (формула: 1-C6)}$$

В комірці С10 визначимо простий випадковий безповоротний відбір:

$$\mu = 0,0131 \text{ (формула: КОРЕНЬ(C6*C8/D3*(1-D3/A3)).}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Всього деталей			Відібрано деталей			Виробів III сорту		
2									
3	10000			500			50		
4									
5									
6	Частка виробів III сорту W=		0,1						
7									
8	Частка виробів I та II сортів p=		0,9						
9									
10		$\mu =$		0,0131					
11									

Рис. 1. Зразок розв'язання задачі з допомогою Microsoft Excel 2003

Тоді $p = 0,9 \pm 0,0131 * 3$, де коефіцієнт довіри, отриманий з таблиць для заданої ймовірності.

Таким чином, на підставі проведеної вибірки встановлено, що середній відсоток виробів третього сорту становить 10% з можливим відхиленням в той чи інший бік на 3,9%. З імовірністю 0,997 можна стверджувати, що середній відсоток виробів третього сорту в усій партії буде знаходитись в межах $p = 10\% \pm 3,9\%$, тобто 6,1%: 13,9%.

Тема 2. Прості статистичні методи

Діяльність будь-якої фірми можна подати як сукупність певних операцій – процесів. Процес можна тлумачити як дію, під час якої зростає цінність створюваного продукту. Якість продукту, що виробляє фірма, залежить від якості її процесів. Тому, якщо організація зацікавлена у створенні якісного продукту (товару або послуги), вона повинна управляти

якістю процесів, під час яких створюється продукт. Ефективне управління можливе лише на основі рішень, прийнятих з урахуванням дійсних фактів та їх кількісної оцінки.

Інструменти контролю якості

Статистичні методи управління якістю направлені на аналіз, контроль та регулювання якості продукції та технологічних процесів.

При виробництві продукції виробник документує дані процедур запобігання невідповідності. Це необхідно йому для вирішення спірних питань щодо якості продукції та в разі спричинення шкоди споживачу.

Для ефективного виявлення і аналізу проблем, які виникають при виробництві невідповідної продукції використовують сім інструментів контролю якості:

- діаграма Парето;
- діаграма Ісікави;
- контрольні карти;
- гістограма;
- діаграма розсіювання;
- контрольний листок;
- діаграма послідовності дій.

Ці методи становлять основу проведення контролю якості на будь-якому промисловому підприємстві.

Щодня промисловому підприємству доводиться вирішувати всілякі питання, наприклад, такі, як визначення основного виду браку, поліпшення організації робіт, вживання заходів для стабілізації ходу виробничого процесу й ряд інших. Застосування зазначених методів дозволяє правильно й швидко вирішувати як ці, так і інші питання, пов'язані з підвищенням якості продукції, і проведенням контролю якості в процесі виробництва.

На японських підприємствах існує певний порядок робіт із проведення контролю якості на виробничих ділянках. Цю роботу можна розділити на п'ять етапів:

- вирішують, у чому полягає проблемне питання;
- виявляють зв'язки причин і результату;
- з'ясовують положення, що існує до моменту початку робіт;
- аналізують зв'язки причин і результатів;
- налагоджують контроль за проведенням робіт.

Діаграма Парето

Якщо поставлено завдання знизити брак виробу, то в кожному цеху будуть вести роботу зі зниження браку цього виробу й неминуче встане питання, як можна знизити брак у даній бригаді і які роботи треба вести в першу чергу. Якщо виникає питання про зниження числа операцій у процесі виробництва виробу, то кожна бригада на своїй виробничій ділянці або бюро контролю якості даної ділянки насамперед повинні вирішити, які саме

операції варто раціоналізувати в першу чергу. Щоб виявити найбільш важливе проблемне питання, треба зрівняти безліч факторів. Діаграма Парето в цьому випадку є найбільш придатним методом. Вони дають можливість зрівняти фактори і побачити їх послідовність по ступені важливості.

Діаграми італійського економіста Парето (1845-1923) є найпоширенішим у Японії методом контролю якості в процесі виробництва, що вважається простим і ефективним.

Діаграми Парето відіграють важливу роль у виділенні проблемних питань у роботах з контролю якості, при цьому фактори, виявлені за допомогою діаграм, є дуже переконливими.

На промислових підприємствах актуальним питанням є боротьба за зниження втрат від браку. Якщо проаналізувати, які види браку спричиняють матеріальні втрати, стає очевидним, що з десяти видів два-три є основними, і матеріальні втрати від цих видів браку становлять 70-80% всіх втрат.

Коли ставлять завдання знизити втрати від браку, наприклад на 30%, і вживають відповідних заходів, важливо виділити основні види браку й вести роботу в правильному напрямку.

Діаграми Парето дають можливість об'єктивно показати фактичне положення справ у зрозумілій і наочній формі.

Просте обміркування питання про основні види браку звичайно недостатньо, тому що думки різних осіб і інстанцій суб'єктивні й часто розходяться.

Нижче перераховані деякі із проблем, які японські фахівці й рядові виконавці аналізують за допомогою діаграм Парето.

Якість:

- число випадків браку за його видами, суми втрат від браку;
- витрати часу й матеріальних засобів на виправлення браку;
- зміст рекламацій, що надходять від споживачів;
- кількість випадків поломок;
- витрати, пов'язані з рекламаціями.

Тимчасові фактори:

- причини затримки виготовлення виробів, число пристроїв, серйозність і масштаби аварій, поломок і т. ін.;
- розділ часу й операції;
- час простою через поломки й аварії;
- втрати у зв'язку зі скороченням обсягу виробництва.

Собівартість:

- суму по окремих статтях виробничого кошторису;
- витрати на виробництво (сировина й матеріали, витрати праці, допоміжні матеріали, грошові витрати, витрати на управління і т.д.);
- аналіз звітно-фінансової документації.

Безпека праці:

- аналіз готових причин пожеж і інших нещасних випадків (на японських підприємствах відомості про нещасні випадки по цехах подаються у вигляді діаграм Парето).

Попит:

- аналіз попиту на різні види продукції.

Всі види даних виражають у формі діаграм Парето й математичних таблиць. Оскільки дані збирають на виробництві з метою використання їх для контролю, поліпшення робіт і оцінки їхнього стану, то важливо, щоб контролери, керуючі, керівники виробничих ділянок могли на основі цих даних оперативно винести правильне рішення й вжити відповідних заходів.

На основі даних, наведених у табл. 2.1, креслять діаграму Парето. Для цього на осі абсцис записують види браку, на осі ординат – число випадків браку в числовому або відсотковому значенні (рис. 2.1) і креслять стовпчикову діаграму. Потім креслять кумулятивну криву, як це показано на рис. 2.2.

Таблиця 2.1

Види браку	Число випадків браку	Сумарне число випадків браку за розглянутий період	Відсоткове співвідношення	Кумулятивний відсоток числа випадків браку
Брак сировини й матеріалів	48	48	41,7	41,7
Відхилення розмірів	32	80	27,8	69,5
Брак у формі	23	103	20,0	89,5
Брак в обробці	4	107	3,5	93,0
Інші види браку	8	115	7,0	100,
Разом:	115		100	

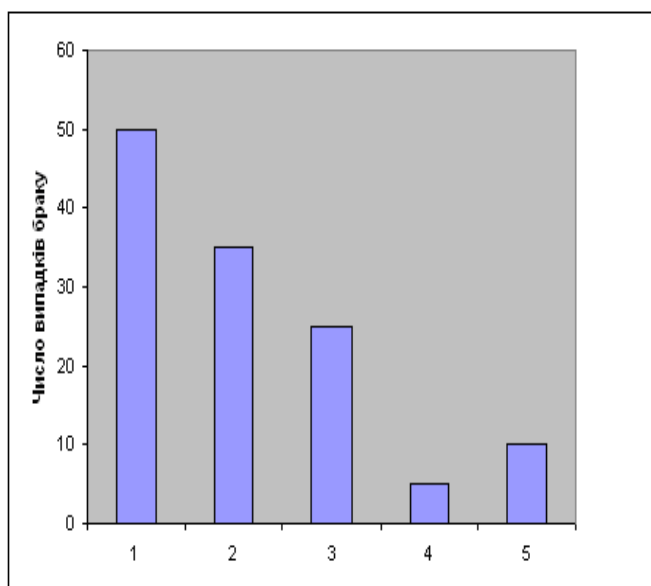


Рис. 2.1 Діаграма Парето за видами браку 1-брак матеріалів; 2-брак у розмірах; 3-брак у формі; 4-брак в обробці; 5-інші види браку.

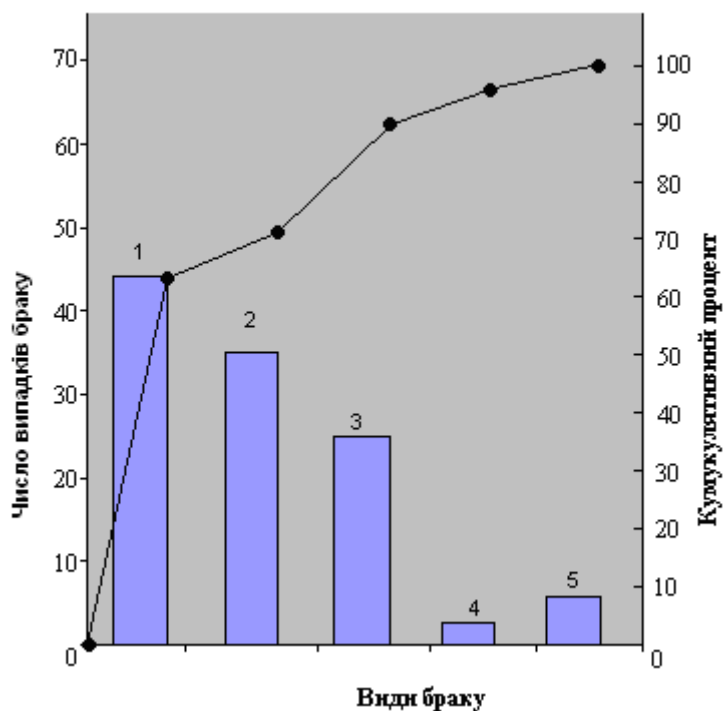


Рис. 2.2 Кумулятивна крива по видам браку 1-брак матеріалів; 2-брак у розмірах; 3-брак у формі; 4-брак в обробці; 5-інші види браку.

Якщо розглянути тепер складену діаграму Парето, легко зрозуміти розподіл основних видів браку. Очевидно, що брак матеріалів і розмірів становить 70%, а разом зі браком форми це 90% усього браку. При проведенні робіт зі зниження браку в цьому випадку раціонально поставити завдання зниження браку матеріалів на 20%, а браку розмірів і форми на 5%.

Брак матеріалів, який найбільше зустрічається, аналізують окремо, для чого креслять нову діаграму Парето.

В табл. 2.2 і на рис. 2.3 дано аналіз 48 випадків браку.

Таблиця 2.2

Види браку матеріалів

Види браку		Число випадків браку	Сумарне число випадків браку	Відсоткове співвідношення	Кумулятивний відсоток числа випадків браку
Брак матеріалів	Надрізи й відколи	20	20	41,7	41,7
	Тріщини	12	32	24,9	66,6
	Складки й згини	6	38	12,5	79,1
	Вищерблини	3	41	6,3	85,4
	Язвини	2	43	4,2	89,6
	Інші види браку	5	48	10,4	100
Разом		48		100	-

На діаграмі (рис. 2.3) видно, що перші три види браку становить майже 80% всіх випадків браку матеріалів.

З метою з'ясування ступеня важливості окремих проблемних питань перед вживанням заходів по зниженню браку намагаються виразити втрати

від браку в грошових сумах (табл. 2.3). Для цього підраховують, у що обходяться втрати по кожному з видів браку.

Так, наприклад, брак матеріалів може бути виправлений, і втрати на одну штуку виробу становлять 200 йєн; вироби із браком розмірів ідуть у металобрухт, тому втрати становлять на одну штуку 1000 йєн.

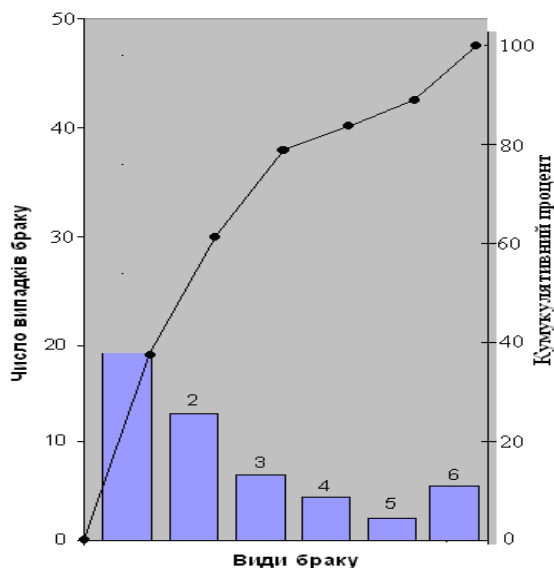


Рис. 2.3 Діаграма Парето за видами браку сировини й матеріалів

Вироби із браком форми йдуть у повторну обробку, і втрати в цьому випадку становлять 500 йєн; вироби із браком обробки йдуть другим сортом і втрати становлять 300 йєн. Втрати від інших видів браку в середньому становлять 200 йєн на один виріб.

Таблиця 2.3

Втрати від браку

Види браку	Сума втрат X число випадків браку – загальна сума за видами браку в йєнах	Загальна сума втрат у тис. йєн	Відсоткове відношення	Кумулятивний відсоток
Відхилення розмірів	$1000 \times 32=32000$	32	57,2	57,2
Брак форми	$500 \times 23=11500$	43	20,6	77,8
Брак матеріалів	$200 \times 48=9600$	53	17,2	95,0
Брак в обробці	$300 \times 4=1200$	54	2,1	97,1
Інші види браку	$200 \times 8=1600$	55	2,9	100,0
Разом:	55,900	-	-	-

За даними, наведеними у табл. 2.3, складається наступна діаграма Парето. Черговість видів браку залежно від суми пов'язаних з ними втрат тепер змінилася, і основні види браку розташовані в наступному порядку: відхилення розмірів, брак форми, брак матеріалів. Займавший перше місце по числу випадків виникнення брак матеріалів займає тепер третє місце. Таким чином, при розташуванні видів браку залежно від суми пов'язаних з ним грошових втрат виявляється різниця в порівнянні з первісними результатами аналізу. Тому важливо намічати проблемні питання й вживати заходів по

поліпшенню робіт і зниженню браку після розгляду ступеня важливості проблеми в грошовому вираженні.

Діаграми Парето застосовують також для встановлення ефективності заходів, проведених з метою виправлення існуючого положення й усунення причин виникнення браку.

Діаграми Ісікави

При розгляді й аналізі питань забезпечення якості продукції й інших поточних питань виробництва на японських підприємствах широке поширення одержав метод Ісікави. На діаграми часто посилаються також у доповідях і виступах на з'їздах і конференціях з питань контролю якості.

Професор Токійського університету, один із провідних японських спеціалістів в області забезпечення якості, Ісікава Каору в 1950 р. запропонував метод об'єднання різних факторів, що роблять вплив на кінцевий результат якогось процесу, і їхньої систематизації на діаграмі. Ці діаграми називають також схемами «причини-результат», а також через їхню специфічну форму – «риб'ячий кістяк», «риб'яча кістка» (рис. 2.4).

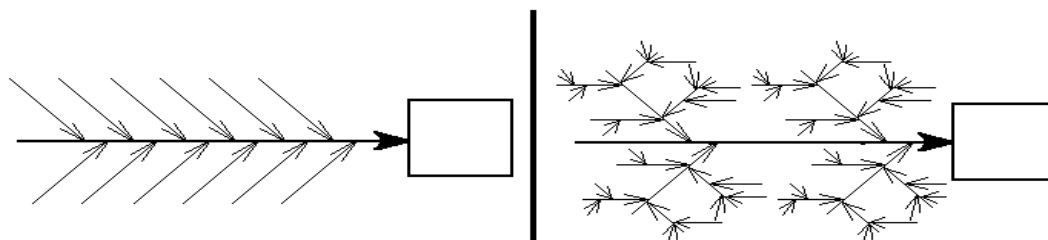


Рис. 2.4. Види схем Ісікави

Метод знайшов визначення не тільки в Японії. Зацікавленість до нього проявляють фахівці США й країн Західної Європи.

За допомогою схем Ісікави легко графічно показати взаємозв'язок між спостережуваною характеристикою й факторами, які впливають, і систематично й комплексно вирішувати питання зміни цієї характеристики, планово аналізувати фактори, взаємозв'язки яких виявляються дуже складними.

При побудові схем Ісікави застосовується наступна термінологія: «характеристика», «фактори», «проблемне питання», «кістки» або вектори. Під терміном «характеристика» розуміються конкретні дані, у яких виражаються результати процесів і робіт. Наприклад, параметри вибору, показники якості, собівартість виробу, різні економічні витрати, обсяг виробництва й збуту, час, прибуток і інші показники можуть розглядатися як така «характеристика».

Під терміном «фактори» розуміють явища, які прямо або побічно впливають на «характеристику». Це можуть бути фактори самих різних масштабів – від великих, що безпосередньо впливають на «характеристику», до дрібних, які простежуються, як би піднімаючись нагору за течією. Фактори аналізують доти, поки не стануть ясними шляхи вживання конкретних заходів відносно значення «характеристики», тому що ціль

складання цих схем полягає саме у відшуканні найбільш правильних й економічних шляхів дій, які вживаються, щоб вплинути на кінцевий результат аналізованого процесу.

Під терміном «проблемне питання» розуміють ті з характеристик або результатів процесу, які вимагають зміни й у відношенні яких необхідно вжити конкретні заходи, щоб поліпшити даний показник, процес, параметр і т. д.

Як видно із рис. 2.5, за допомогою схеми Ісікави можна наочно показати зв'язок характеристики й факторів, які впливають на неї, і взаємозв'язок між самими факторами. Діаграми Ісікави дають можливість виявити такі одночасно діючі на якість продукції фактори, як робота виконавця, матеріали, верстати й устаткування, технологічні методи і т. ін.

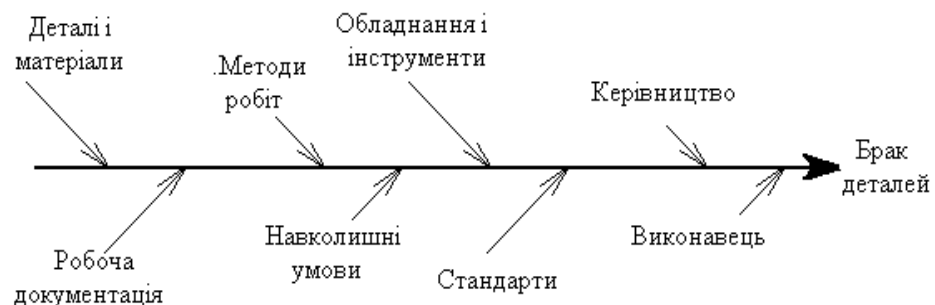


Рис. 2.5. Діаграма Ісікава, що розкриває різні фактори

Незважаючи на те, що схеми Ісікави в порівнянні з гістограмами, діаграмами Парето й контрольними картами є найбільш простим статистичним методом контролю якості, японські фахівці вважають, що їхнє застосування може давати значний ефект у роботі із забезпечення якості продукції, а також при рішенні таких важливих проблем, як: скорочення кількості рекламцій; підвищення продуктивності праці; підвищення обсягу випуску продукції; розробка раціоналізаторських пропозицій; підвищення ефективності використання устаткування; удосконалення техніки безпеки й санітарно-гігієнічних умов на виробництві; виконання строків поставок і платежів; розробка й впровадження стандартів на технологічні операції; ефективне застосування контрольних карт; скорочення штатів; підтримка стабільного стану виробничого процесу; ліквідація зайвих складських запасів; запобігання повторення помилок у виробничому процесі; вивчення проблем «інженерної психології».

Порядок складання схем Ісікави наступний:

- 1) постановка проблемного питання, тобто визначення спостережуваного показника (характеристики);
- 2) встановлення факторів, які роблять вплив на величину характеристики;
- 3) систематизація встановлених факторів по категоріях (головні, середні, дрібні й т. д.);
- 4) визначення факторів по значущості і їхній черговості;
- 5) занесення схеми в остаточному виді на бланк.

При постановці проблемного питання вибирають найбільш важливі з тих завдань, які вимагають рішення в цей момент. Це можуть бути відповідальні пункти чергового виробничого плану або теми перспективних планів, що стосуються якості нових видів продукції, обсягу виробництва й збуту, попередньої оцінки вартісних показників. Дуже часто проблемними питаннями є повсякденні питання, що виникають у підрозділі, цеху, на виробничій ділянці або в бригаді, а також питання поточного контролю якості на виробництві.

При встановленні факторів з'ясовують думку зацікавлених сторін; рекомендується, щоб висловилося 5 – 10 співробітників і, щоб це були співробітники, інтереси яких різні і які займають різне службове становище. Ті, що зібралися висловлюються у вільній бесіді, але кожному дається 15 – 20 сек. Керує бесідою звичайно особа, відповідальна за дану ділянку робіт. Названі фактори записують на аркуші паперу, повішеному на стіні або класній дошці.

У процесі складання схеми намагаються уникнути критичних зауважень і питань по ходу справи.

При аналізі проблемних питань звертають особливу увагу на наступні моменти:

які верстати й машини відносяться до даної характеристики; чи немає помилок у перевірці й огляді верстатів перед початком робіт і протягом дня; як виявляють неполадки й поломки й чи правильно приймають у цьому випадку міри; чи потрібно вдосконалити верстати й у чому саме; чи добре проводиться технічне обслуговування верстатів;

яка сировина й матеріали мають відношення до даної характеристики; яка властивість матеріалу впливає на характеристику; чи немає відхилень від норми в якості й кількості поставлених матеріалів; чи правильно приймаються міри у випадку виявлення під час роботи змішування матеріалів різної якості; чи немає недоліків в обігу з матеріалами;

який інструмент зазначений у даній характеристиці; який параметр інструмента впливає на характеристику; чи правильно ведеться огляд інструмента під час виконання технологічних операцій і при щоденній перевірці інструмента; чи відповідає якість інструмента встановленим нормам; чи досить добре й чітко визначені міри, прийняті при поломці інструмента; чи правильні встановлені строки заміни інструмента; чи потрібно вдосконалити окремі деталі інструментів; чи добре ведеться догляд за інструментом і упорядкування наприкінці робочого дня;

чи немає проблем у зв'язку з виробничим досвідом і кваліфікацією виконавців і чи правильно розставлені виконавці на робочих місцях; чи здорові виконавці; чи достатні знання виконавців в області контролю якості; чи виконуються операції відповідно до креслень і іншою технічною документацією й чи з'являється брак навіть при строгому дотриманні вимог нормативно-технічної документації; чи добре ставляться виконавці до роботи;

які з операцій визначені в даній характеристиці; чи правильні встановлені в цей момент методи технології; чи виконуються операції відповідно до креслень і інструкцій й чи немає в останніх пунктів, які вимагають уточнення, зміни або доробки; чи правильний порядок заміни й перегляду інструкцій і технічної документації на методи; чи забезпечується безпека праці виконавців; чи правильно здійснюється керівництво роботами на даній ділянці; чи не високі температура й вологість у приміщенні; чи добре освітлення робочого місця; чи достатня вентиляція, чи не галасливо в цеху й чи гарні чистота й порядок у цеху й на робочих місцях;

які з вимірювальних приладів і інструментів зазначені в даній характеристиці; який клас точності вимірювальних приладів і інструментів, чи періодично проводиться їхня перевірка; чи добре звертаються з вимірювальними приладами й інструментами; чи правильні методи виміру; чи немає проблем, пов'язаних з роботою контролерів; чи правильний порядок вимірів;

чи немає помилок у стандартах на комплектуючі деталі; на готові вироби, у стандартах на методи випробувань, на порядок проведення технічного контролю й т.д.; чи правильно зберігаються, упаковуються й транспортуються вироби; чи правильні міри, встановлені у відношенні бракованих виробів.

Після того, як перераховані всі фактори, перевіряють, чи досить детальні схеми й чи немає факторів, які не роблять майже ніякого впливу на характеристику. Потім схему уточнюють і записують в остаточному виді, виключивши фактори, які не мають значення, для зміни аналізованого параметра.

На японських підприємствах звертають велику увагу на те, щоб після складання плану були чітко зазначені виробничі ділянки й навіть конкретні особи й відділи, відповідальні за вживання заходів у відношенні того або іншого фактору. Обов'язково встановлюють терміни вживання заходів.

Після складання плану рішення проблемних питань його погоджують із вищими інстанціями й включають у план роботи цеху підприємства.

На думку японських фахівців, схеми Ісікави мають необмежені практичні можливості застосування, тому що дозволяють виявити й зрозуміти неясні раніше зв'язки якогось показника й факторів, які впливають на нього.

Контрольні карти

Метологія контрольних карт, яка розвивається з 30-х років ХХ ст., стала основним засобом статистичного управління процесами. Завдяки можливості високого ступеня формалізації контрольні карти стали популярним засобом управління якістю в усьому 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 японський науковець Х. Куме, із застосування контрольних карт починається і ними ж

завершується цикл із вдосконалення якості. Це означає, що контрольні карти є як засобом, з використанням якого починається вдосконалення якості, так і засобом підтвердження досягнутих результатів.

Контрольна карта являє собою графічний засіб оцінки певної ознаки якості, виміряні значення якої наносяться на графік відповідно до порядку отримання у часі (рис. 2.6). Графік контрольної карти складається з вертикальної осі, на яку наносять масштаб досліджуваної ознаки якості, та горизонтальної осі, яка характеризує послідовність отриманих даних. На графіку проводять центральну лінію, яка відповідає середньому значенню ознаки якості, і дві лінії, що називається контрольними межами – верхня (ВКМ) та нижня (НКМ). У зарубіжній літературі найчастіше вживається позначення UCL для верхньої та LCL для нижньої межі. Ці скорочення походять від термінів *Upper Control Limit* та *Lower Control Limit* відповідно. Можливі варіанти перекладів – верхня або нижня межа регулювання або межа управління.

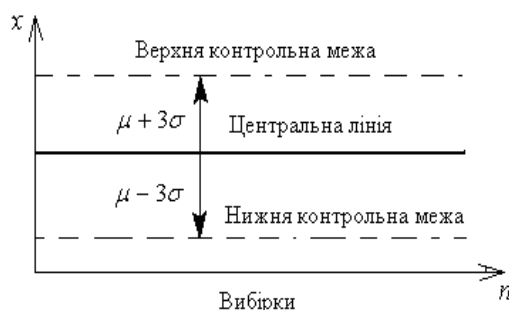


Рис. 2.6 Схема контрольної карти Шугарта

Потрібно особливо зазначити, що контрольні межі в жодній мірі не співвідносяться з межами допуску, які встановлюються при проектуванні на виготовлення продукції. Це зовсім інші характеристики, і недоцільно наносити їх на один графік. У найгіршому випадку така помилка спричинить руйнування системи статичного управління процесами, в кращому – ускладнить інтерпретацію контрольних карт. Процес може перебувати під впливом особливих причин, тобто мати непередбачувану поведінку, і при цьому бути в межах допуску. Рано чи пізно такий процес призведе до створення продукції, що не відповідатиме встановленим вимогам, якщо дію особливих причин не буде усунуто. Коли ж процес стабільний, можна очікувати, що він матиме такі самі параметри варіації і в майбутньому, і навіть якщо в поточний час створюється продукція, яка не відповідає вимогам допусків, завдяки певним діям можна зробити так, щоб виготовлена продукція відповідала вимогам.

Контрольні межі вибираються у такий спосіб: поки на процес впливають лише випадкові причини, майже всі вибіркові значення характеристики ознаки якості, які наносять на карту, потрапляють в інтервал між ними. Поки точки вибіркового спостереження розміщуються в контрольних межах, вважається, що процес перебуває в стані статистичного управління або є стабільним. У тому разі, якщо точка яка відповідає певному вибіркового спостереженню, розміщується поза контрольними межами, є

підстави вважати, що процес вийшов зі стану стабільності. У цьому разі слід вжити коригувальні дії і здійснити поглиблений аналіз ситуації з метою визначення причин та їх подальшого усунення.

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

$$H_0 : \mu_1 = \mu_0,$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_0.$$

У цьому разі існування точки в контрольних межах не дає підстав відкинути гіпотезу про стабільність процесу, тоді як наявність точки за контрольними межами дає підстави прийняти альтернативну гіпотезу про вихід процесу зі стану керованості. Але між методологією контрольних карт і перевіркою гіпотез існують певні відмінності. Основна полягає в тому, що перевірка гіпотез прийнята лише для ситуації, за якої середнє змінюється один раз і після такої зміни залишиться стабільним на новому рівні, тоді як у реальних випадках можливі складніші ситуації.

Загальну модель контрольної карти можна описати так. Припустимо, що W – вибіркова величина, яка вимірює певну ознаку якості, і середнім цієї величини $W \in M_W$, а середньоквадратичним відхиленням – δ_w . Тоді центральну лінію, верхню та нижню контрольні межі контрольної карти можна подати так:

$$\text{ВКМ} = W + L \delta_w,$$

$$\text{ЦЛ} = M_w,$$

$$\text{НКМ} = W - L \delta_w.$$

де L – відстань між контрольними межами і центральною лінією.

В. Шугарт запропонував вимірювати відстань від контрольних меж до центральної лінії контрольної карти у середньоквадратичних відхиленнях вибіркової статистики W . Виходячи з емпіричних припущень, він встановив значення $L=3$ (рис. 2.7).

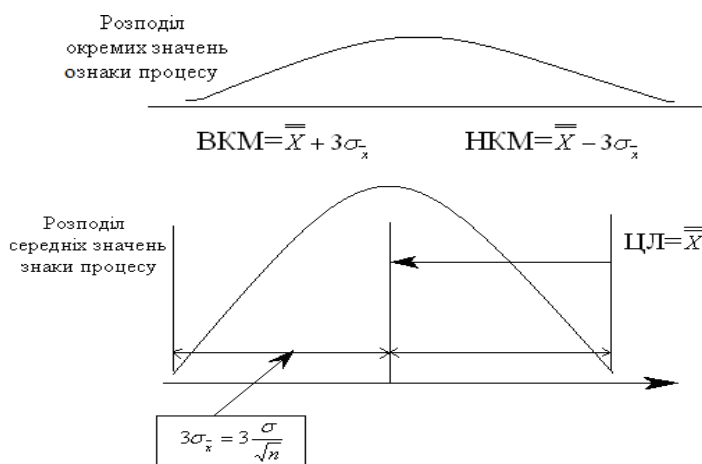


Рис. 2.7 Співвідношення між розподілом окремих значень, середніх значень ознаки якості і межами контрольної карти

Контрольні карти розроблені відповідно до цього принципу, на честь їх винахідника називають контрольними картами Шугарта.

Незважаючи на закон розподілу досліджуваної ознаки якості, в Сполучених Штатах Америки та Японії використовують множник, що дорівнює 3, тоді як у Німеччині та Великобританії найчастіше використовують ймовірнісні контрольні межі і вибирають їх у такий спосіб, щоб ймовірність появи точки за контрольними межами за стабільного процесу дорівнювала 0,001 або 0,027. Іноді застосовують контрольні межі за рівня ймовірності 0,005. Прихильники останнього підходу вважають, що контрольні карти Шугарта працюють лише за двох основних припущень:

- спостереження, які отримані у часі, незалежне одне від одного;
- досліджувана ознака має нормальний розподіл.

Інша група дослідників вважає, що контрольні карти Шугарта довели свою ефективність і при автокореляції даних, тобто коли результати спостережень впливають на наступні дані, а також при таких характеристиках розподілу ознаки якості, що не відповідають нормальному закону розподілу.

Контрольні карти Шугарта є здебільшого картами двох типів: контрольні карти кількісних змінних і контрольні карти альтернативних ознак. Для кожної з контрольних карт існують дві відмінні ситуації:

- коли стандартні значення не задано;
- коли стандартні значення задано.

Стандартними значеннями є певні спеціальні вимоги або цільові значення (рис. 2.8).



Рис. 2.8 Форми контрольних карт

У контрольній карті без встановлених стандартних значень використовують контрольні межі, які базуються на статистичних показниках, значення яких наносяться на карти і розраховані для вибіркового даних. Ця форма контрольної карти застосовується для визначення того, чи відрізняються спостережувані значення серій вибірок від величини загальної характеристики процесу на величину більшу, ніж очікувана тільки внаслідок випадкових причин. По суті, контрольні карти, які базуються повністю на даних з оцінюваних вибірок, використовуються для виявлення будь-якої причини відсутності стабільності системи. Ця форма карт є особливо корисною на стадіях досліджень і розробок або на початку виготовлення продукції чи надання послуг, а також для виявлення того, чи буде новий процес, товар чи послуга відтворення.

Іншою формою є контрольна карта, контрольні межі якої базуються на прийнятих стандартних значеннях, що застосовуються до статистичних показників, нанесених на карті. Ця форма контрольної карти використовується, щоб встановити, чи відрізняються спостережувані величини значень вибірок від прийнятих стандартних значень на величину більшу, ніж очікувана тільки внаслідок дії випадкових причин. Стандартні значення можуть ґрунтуватись на такому:

- на поданих попередніх даних (отриманих з досвіду застосування контрольної карти без встановлених стандартних даних);
- на економічних значеннях, встановлених на основі розгляду потреб послуг або кошторису виробництва;
- на бажаних або цільових значеннях, визначених у технічних умовах.

Слід зауважити, що ця форма контрольної карти оцінює не лише наявність сталості системи, а й також те, чи є вона стабільною відносно прийнятих стандартних значень.

Типи контрольних карт

Існують три основні типи контрольних карт:

- контрольні карти Шугарта;
- контрольні карти приймального контролю;
- адаптивні контрольні карти.

Контрольні карти Шугарта здебільшого застосовують для того, щоб оцінити наявність стану статистичного контролю, хоча карти цієї категорії часто використовують як засіб приймального контролю процесу, навіть якщо вони не розроблені саме щодо використання критерію або меж допусків технологічного процесу.

Приймальні карти призначені для встановлення відповідності виготовленої продукції існуючим вимогам.

Адаптивні контрольні карти використовуються для того, щоб регулювати технологічний процес за допомогою передбачення тенденцій його розвитку і вироблення заздалегідь налагоджень на основі передбачень.

Контрольні карти Шугарта

Залежно від статистичних показників, на основі яких контролюють контрольні карти Шугарта, розглядають такі їх види:

1. Контрольні карти для кількісних змінних:
 - карта середніх \bar{X} та розмахів варіації R ;
 - карта середніх \bar{X} та стандартних відхилень s ;
 - карта окремих значень X та ковзних розмахів MR ;
 - карта медіан Me і розмахів R .
2. Контрольні карти для альтернативних змінних:

- карта частки дефектів (p -карта) або карта кількості дефектних виробів (np -карта);
- карта кількості дефектів на виріб (c -карта) або карта середньої кількості дефектів на одиницю (u -карта).

Кількісні дані являють собою спостереження, отримані в результаті вимірювання та запису кількісних величин характеристики для кожної одиниці у підгрупі, що спостерігається. Прикладом кількісних вимірювань є довжина у метрах, опір у омах, шум у децибелах і т. ін. Карти кількісних змінних, особливо найчастіше використовувані форми – карти \bar{X} та R , являють собою класичне застосування контрольної карти для управління процесом.

Контрольні карти для кількісних змінних є особливо корисними з таких причин:

- більшість процесів та їх результати мають характеристики, які є вимірюваними, тому потенційне застосування є досить широким;
- кількісне значення характеристики ознаки якості містить більше інформації, ніж атрибутивне твердження «так» чи «ні»;
- результати використання процесу можна проаналізувати, незважаючи на специфікацію. Карти починають діяти разом із самим процесом і дають незалежну картину того, що створює процес. Потім процес можна порівнювати або не порівнювати зі специфікацією;
- незважаючи на те, що отримання окремого вимірюваного значення у загальному випадку більш витримане, ніж отримання одного конкретного значення даних типу «відповідає вимогам – не відповідає вимогам», тобто альтернативних даних, розміри підгрупи для кількісних змінних майже завжди набагато менші, ніж для якісних змінних, і тому ефективніші. Це допомагає зменшити загальну вартість контролю у деяких випадках і скоротити розрив у часі між виготовленням частини продукції та коригувальними діями.

Кількісні ознаки є такими показниками, як вага, розмір, температура, час та ін. Вони містять більше інформації, ніж альтернативні дані, тому карти, які використовують кількісні ознаки, є інформативнішими, ніж контрольні карти для альтернативних ознак.

Контрольні карти для кількісних ознак дають можливість досягти двох цілей: досліджувати стабільність процесу відносно встановлених значень (центрованість процесу) і його варіації (розсіювання індивідуальних значень відносно середнього процесу).

Для реалізації *першої* мети використовують такі контрольні карти:

- середніх значень \bar{X} ;
- медіан Me .

Для реалізації *другої* мети застосовують такі контрольні карти:

- розмахів варіації R ;

- середньоквадратичних відхилень S .

Звичайно використовують не одну карту, а пару карт, сконструйованих на основі одного масиву даних, що дає можливість одночасно оцінити розміщення та варіацію процесу.

Ілюстративні приклади створення та використання контрольних карт

Приклад 1. Моніторинг відповідності процесу стандартним значенням на основі \bar{X} - карти і R - карти, коли стандартні значення задано.

Менеджер з виробництва організації – імпортера чаю хоче проконтролювати процес пакування так, щоб середня вага пакетика становила 100,6 г. Очікуване стандартне відхилення процесу дорівнює 1,4 г, що ґрунтується на подібному процесі пакування.

Оскільки стандартні значення задано ($X_0 = 100,6; \sigma_0 = 1,4$), можна побудувати контрольні карти для середніх і розмаху варіації, використовуючи формули для контрольних меж контрольних карт та коефіцієнти A, d_2, D_2 і D_1 з дод. 1 для обсягу вибірок $n=5$.

\bar{X} - карта:

$$\text{ЦЛ} = X_0 = 100,6,$$

$$\text{ВКМ} = X_0 + A\sigma_0 = 100,6 + (1,342 \cdot 1,4) = 102,5,$$

$$\text{НКМ} = X_0 - A\sigma_0 = 100,6 - (1,342 \cdot 1,4) = 98,7.$$

R - карта:

$$\text{ЦЛ} = d_2\sigma_0 = 2,326 \cdot 1,4 = 3,3,$$

$$\text{ВКМ} = D_2\sigma_0 = 4,918 \cdot 1,4 = 6,9,$$

$$\text{НКМ} = D_1\sigma_0 = 0 \cdot 1,4 = 0.$$

Оскільки обсяг вибірок n менше ніж 7 одиниць, то $D_1 = 0$ і НКМ не буде зображена.

Двадцять п'ять вибірок обсягом 5 пакетиків взято з процесу пакування. Для кожної з них обчислюються середні і значення розмаху варіації (табл. 2.4) і наносять на контрольну карту з обчисленими вище контрольними межами (рис. 2.9).

Таблиця 2.4

Вибіркові дані з процесу пакування чаю

Номер вибірки	Середнє вибірки X_0	Розмах варіації вибірки R
1	100,6	3,4
2	101,3	4,0
3	99,6	2,2
4	100,5	4,5
5	99,9	4,8
6	99,5	3,8
7	100,4	4,1
8	100,5	1,7
9	101,1	2,2
10	100,3	4,6

11	100,1	5,0
12	99,6	6,1
13	99,2	3,5
14	99,4	5,1
15	99,4	4,5
16	99,6	4,1
17	99,3	4,7
18	99,9	5,0
19	100,5	3,9
20	99,5	4,7
21	100,1	4,6
22	100,4	4,4
23	101,1	4,9
24	99,9	4,7
25	99,7	3,4

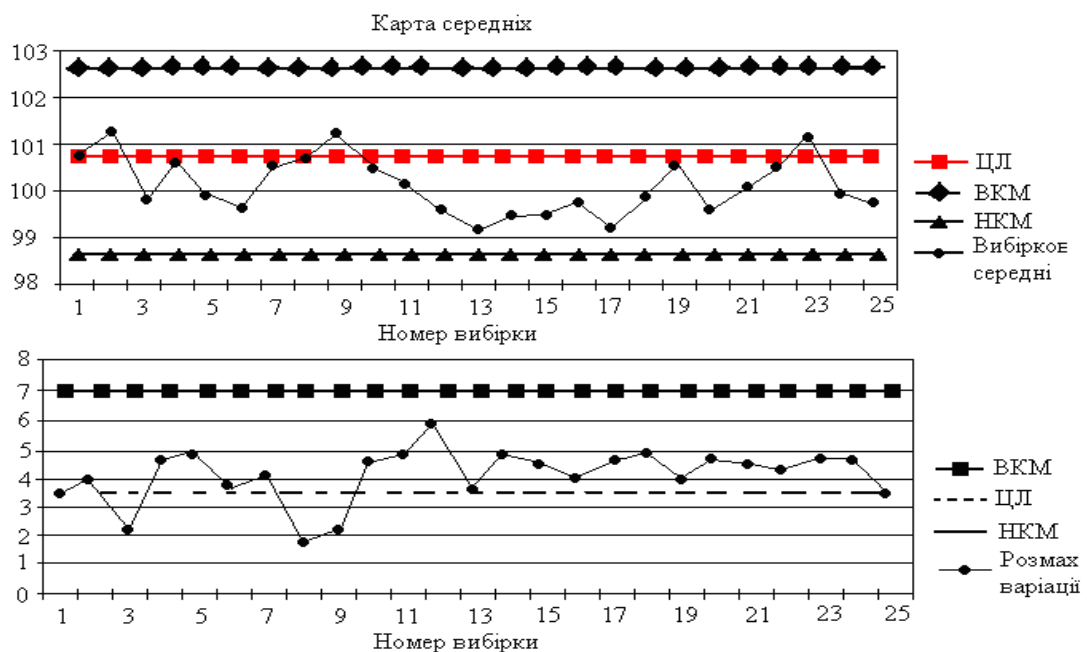


Рис. 2.9 Контрольні карти середніх значень і розмахів варіації (стандартні значення задано)

Висновок. Карти, зображені на рис. 2.9, вказують на те, що процес не перебуває в стані статистичного контролю на бажаному рівні. Це пов'язане з тим, що існує послідовність з 13 точок нижче центральної лінії на \bar{X} -карті на 16 точок вище центральної лінії на R -карті. Причину такої довгої серії низьких значень середнього слід дослідити та усунути.

Приклад 2. Оцінка статистичної стабільності процесу на основі створення карти медіан та розмахів, коли стандартні значення не задано.

Виготовляють лазерні диски з технічними специфікаціями, товщина яких перебуває в інтервалі від 0,07 до 0,16 см. Кожні півгодини збираються вибірки обсягом 5 одиниць і товщина дисків у міліметрах заноситься у протокол (табл. 2.5). Було вирішено розробити карту медіани з метою контролю якості.

Значення вибірових спостережень з процесу виготовлення лазерних дисків

Номер вибірки	Товщина диску, мм					Медіана	Розмах
	1	2	3	4	5		
1	14	8	12	12	8	12	6
2	11	10	13	8	10	10	5
3	11	12	16	14	9	12	7
4	16	12	17	15	13	15	5
5	15	12	14	10	7	12	8
6	13	8	15	15	8	13	7
7	14	12	13	10	16	13	6
8	11	10	8	16	10	10	8
9	14	10	12	9	7	10	7
10	12	10	12	14	10	12	4
11	10	12	8	10	12	10	4
12	10	10	8	8	10	10	2
13	8	12	10	8	10	10	4
14	13	8	11	14	12	12	6
15	7	8	14	13	11	11	7

Для створення карти медіан і розмахів виконують такі дії. Обчислюють середнє з вибірових медіан і розмахів:

$$\bar{Me} = \frac{\sum Me}{k},$$

$$\bar{Me} = \frac{12+10+12+\dots+11}{15} = \frac{172}{15} = 11,47;$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k},$$

$$\bar{R} = \frac{6+5+7+\dots+7}{15} = \frac{86}{15} = 5,73.$$

Параметри карти розмахів обчислюються так:

$$\text{ЦЛ} = \bar{R} = 5,73,$$

$$\text{ВКМ} = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 5,73 = 12,11,$$

$$\text{НКМ} = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 5,73 = 0.$$

Оскільки n менше ніж 7, НКМ не буде зображено.

Значення констант D_3 і D_4 беруть з дод. 1 для $n=5$. Оскільки карта розмахів відповідає стану контрольованості, можна обчислити параметри карти медіан.

Параметри контрольної карти медіан:

$$\text{ЦЛ} = \bar{Me} = 11,47,$$

$$\text{ВКМ}_{Me} = \bar{Me} + A_4 \bar{R} = 11,47 + (0,69 \cdot 5,73) = 15,42,$$

$$\text{НКМ}_{Me} = \bar{Me} - A_4 \bar{R} = 11,47 - (0,69 \cdot 5,73) = 7,52.$$

Величина A_4 береться з дод. 1 для $n=5$.

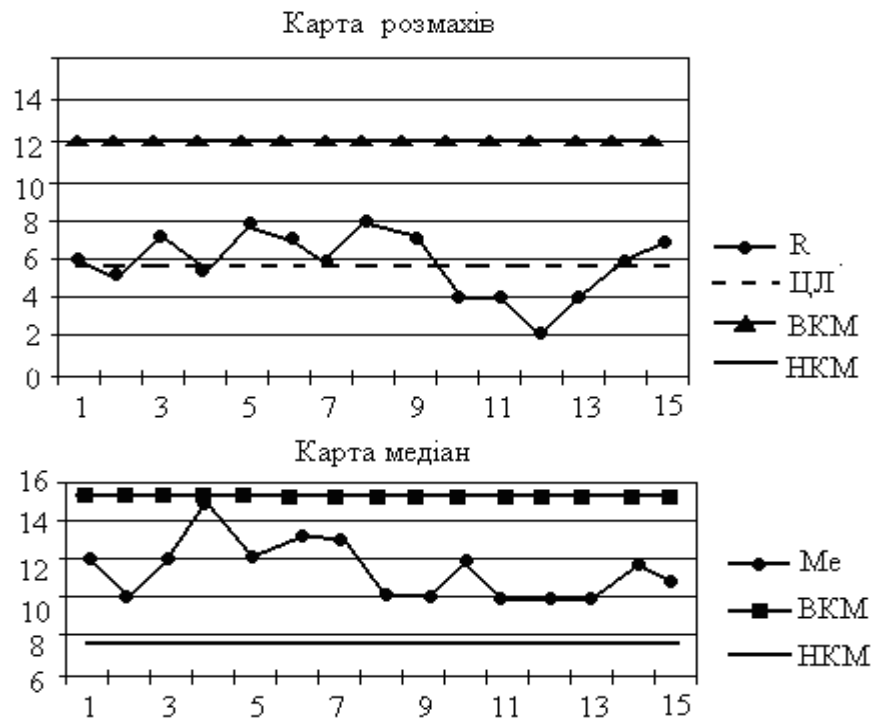


Рис. 2.10 Контрольні карти медіан і розмахів варіації

Контрольні карти зображені на рис. 2.10. З візуального аналізу карт можемо дійти висновку, що процес виявляє стан статистичної керованості.

Діаграма розсіювання

Для вивчення залежності між двома змінними показниками 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, параметрів якості в часі з урахуванням впливу різних факторів.

Якщо y – показник якості, x – фактор, що впливає на якість, то рис. 2.11 чітко простежується пряма кореляція (залежність). Зворотна кореляція спостерігається в тому випадку, коли при збільшенні значення x показник y зменшується.

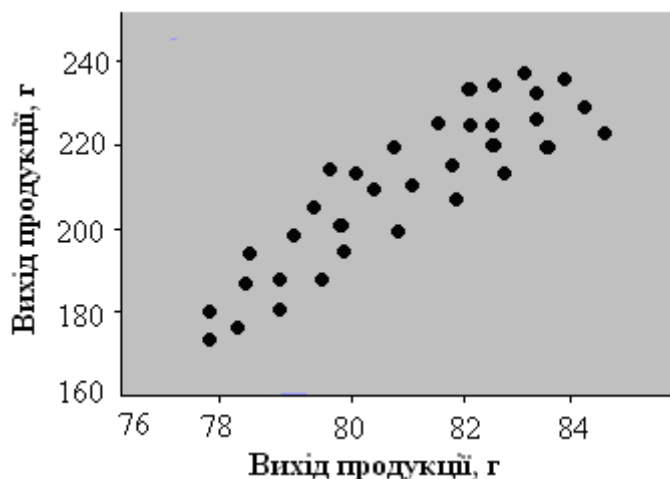


Рис. 2.11 Залежність виходу продукції від чистоти сировини (по 29 вимірам)

Однак на графіку розкидання точок значне і нагадує «пряму», то виражена залежність між параметрами x і y відсутня.

Кореляція – це метод аналізу зв'язків шляхом порівняння двох взаємозалежних величин x і y . У тих випадках, фактор x є безперервною випадковою й відповідально до зміни x безупинно міняється y , розташування по x неможливо, і тоді важливо безупинно вивчати взаємодія x і y . Із цією метою застосовують графіки розсіювання.

Гістограма

Гістограма – це метод спостереження згрупованих за частотами даних, який при простій обробці дає багато корисної інформації про розкид якості, середніх значеннях різних характеристик, про точність ходу технологічного процесу й точність роботи верстатів і устаткування.

Гістограма являє собою один з видів стовпчикової діаграми.

Метод гістограм широко застосовується на японських підприємствах при поточному контролі якості виробів у процесі виробництва, при вивченні якісних і кількісних можливостей виробничих процесів. За допомогою гістограм порівнюють рівень якості виробів з вимогами стандарту, з ходом процесу до й після удосконалень або вживання заходів, які усувають неполадки.

Гістограми знаходять широке застосування при складанні місячних звітів цехів і заводів про якість виробленої продукції, звітів про результати технічного контролю, при показі зміни рівня якості по місяцях і інших випадках.

Гістограми застосовують при навчанні виконавців методам контролю якості.

На рис. 2.12. наведена гістограма, складена в бюро контролю якості на одному із заводів фірми «Ніхон Юсі» (у процесі проведення роботи з поліпшення контролю ваг у цеху по виробництву динаміту). На гістограмі показані результати зважування на автоматичних вагах.

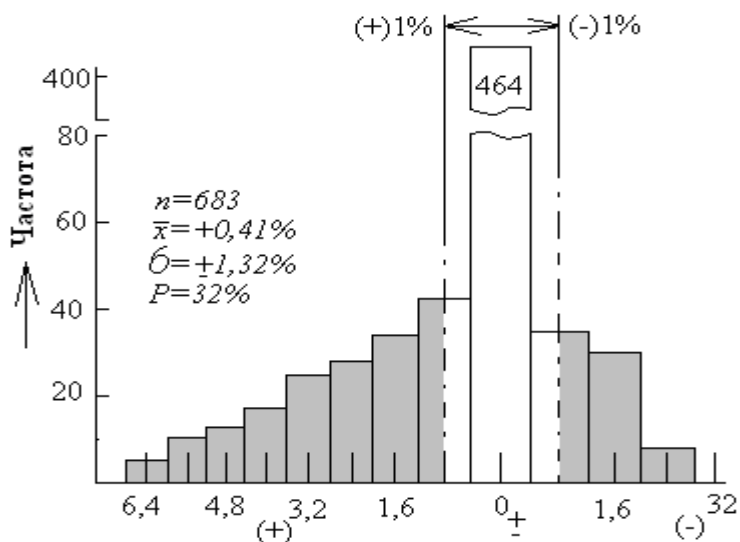


Рис. 2.12 Гістограма результатів аналізу

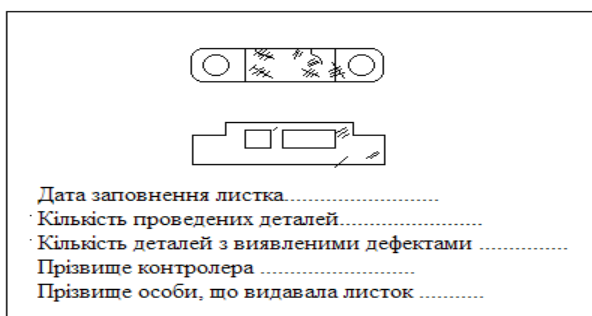
Контрольні листки

Контрольні листки – аркуші збору даних, використовуються при проведенні поточного контролю з метою розуміння виду розподілу показників якості, перевірки браку й обстеження порушень і неполадок у технологічному процесі й т.д. Форма листків розробляється відповідно до ситуації на місцях і з метою збору даних з урахуванням конкретної мети і завдання, що поставлені перед підприємством.

Як відомо, на виробництві часто буває необхідно знати вид розподілу таких показників якості, як твердість матеріалів, розміри деталей, склад хімічних продуктів. Для розуміння розподілу цих показників застосовують гістограми. Це звичайний спосіб, за допомогою якого одержують форму розподілу, середні показники, розкид. Для складання гістограми збирають дані й обробляють їх. Використання контрольних листків спрощує збір і обробку даних, і складання гістограм.

Крім вивчення форми розподілу частот показників якості в процесі виробництва, контрольні листки застосовують при контролі готових виробів і виявленні недоброякісної продукції. Для зниження відсотка браку необхідно мати інформацію про те, скільки видів дефектів у готовому виробі, які неполадки в устаткуванні й порушеннях ходу технологічного процесу й у якій кількості. Для вживання ефективних заходів потрібні також докладні відомості по окремих видах дефектів. Тому контролери при перевірці виробів заповнюють контрольні листки, куди записані передбачувані види браку. Такий збір даних не вимагає великих витрат праці й часу, а зібрана інформація буває дуже корисна при проведенні вдосконалень. Наприклад, контрольні листки використовують для збору даних про дефекти монтажу дрібних радіоелектронних деталей, про брак поверхневої обробки, покриття і т.д. Ці листки дозволяють аналізувати види дефектів, місця й частоту їхньої появи.

На рис. 2.13 зображений контрольний листок, на який нанесені зібрані протягом місяця відомості про число випадків появи вищербин на поверхні далекоміра в процесі поверхневої обробки корпусу фотоапарата. На контрольному листку видно, що вищербини по розташуванню концентруються на верхній площі праворуч. За допомогою подібного контрольного листка легко з'ясувати, яку частоту становить брак поверхні далекоміра в числі дефектів всієї поверхні фотоапарата.



Дата заповнення листка
Кількість проведених деталей.....
Кількість деталей з виявленими дефектами
Прізвище контролера
Прізвище особи, що видавала листок

Рис. 2.13 Контрольний листок браку на поверхні далекоміра

Аркуш збору полегшує систематичний збір даних, дозволяє виявити закономірності в явищах, наприклад, їхня повторюваність, з метою одержання ясної картини дійсності. Це формує основу для подальших, наприклад, графічних оцінок і полегшує проведення аналізу. При цьому простому методі визначаються категорії невідповідностей (дефектів) продукції, а поява цих невідповідностей відбивається у формі таблиці із штрихами. Наведений нижче приклад аркуша даних наочно ілюструє принцип дії даного методу відображення й можливості щоденного застосування у двох площинах. По горизонталі інформація (підсумовування штрихів) надає частоту появи кожної категорії дефектів, по вертикалі надається тимчасовий розвиток (зміна часу) частоти появи дефектів. Приклад застосування в машинобудівному виробництві: дефекти підшипника.

Місяць/ Дефект	Січень				
	6	7	8	9	Σ
Розмір					26
Форма					9
Поглиблення					8
Вага					52
Поверхня					7
Усього	29	22	25	26	102

Рис. 2.14. Приклад аркуша збору даних

Діаграма послідовності дій

Діаграма потоку (дій) дає можливість зобразити складні процеси з різними компетентністю й завданнями таким чином, щоб їхня структура й логіка були прозорі й зрозуміли. Діаграма дозволяє виконавцям повніше й наочніше довідатися перелік своїх завдань, у той час як письмове формулювання всього ходу подій охопити складніше.

Зразок заповнення діаграми послідовності дій:

1. Встановити невідповідну продукцію.
2. Позначити продукцію.
3. Покласти на ізолюваний склад.
4. Провести випробування.
5. Брак?
6. Зняти турботу.
7. Доробка можлива?
8. Провести доробку.
9. Провести повторне випробування.
10. Результати випробувань позитивні?
11. Спеціальний дозвіл.
12. Передати продукцію на відвантаження.
13. Включити витрати.