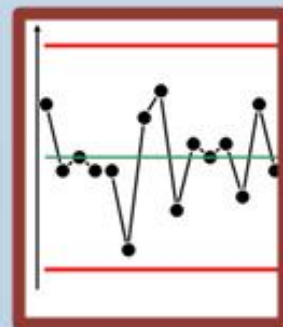
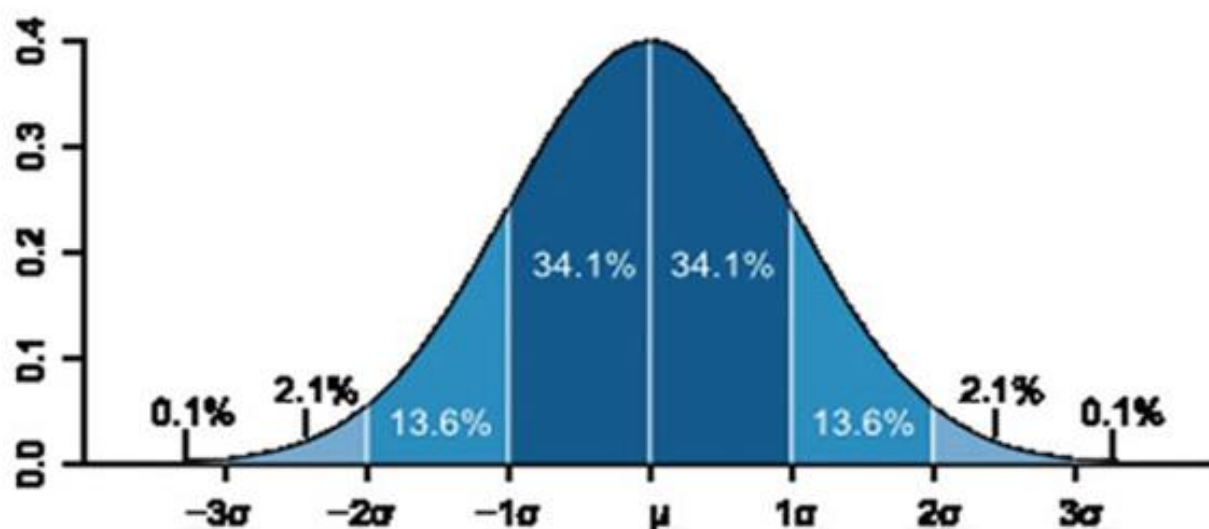


Олександр Нікітенко
Андрій Єгоров
Наталя Штефан



Сучасні інструменти управління якістю

підручник



Харків 2019

УДК 006.83:006.91

Нікітенко О. М. Сучасні інструменти управління якістю /О. М. Нікітенко, А. Б. Єгоров, Н. В. Штефан [Електронний ресурс] — Електронне видання. — Харків : ХНУРЕ, 2019. — 245 с. — pdf

ISBN 978-966-659-275-3

Цей підручник присвячено опису сучасних інструментів, які використовують для управління якістю продукції. Розглянуто як описові, так і числові інструменти. Окремий розділ присвячено контрольним мапам Шугарта, наведено приклади їх побудови. Підручник побудовано на досвіді викладання авторів. Наведено багато прикладів застосування інструментів якості.

Підручник призначено для студентів, науково-технічних співробітників та викладачів вищих навчальних закладів.

Іл.: 57. Табл.: 4. Бібліогр. наймен. 21

Рецензенти:

С.Г. Удовенко, доктор техн. наук, проф. (Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця)

О.Ю. Панченко, доктор фіз-мат. наук, проф. (Харківський національний університет радіоелектроніки)

Л.П. Тимошенко, канд. техн. наук, проф. (Харківський національний університет радіоелектроніки)

ISBN 978-966-659-275-3

DOI: 10.30837/978-966-659-275-3

© О.М. Нікітенко

А.Б. Єгоров

Н.В. Штефан

© Харківський національний університет радіоелектроніки, 2019.

Зміст	2
Зміст	
Вступ	5
1 Історія розвитку систем управління якістю	8
1.1 Етапи розвитку систем управління якістю	8
1.2 Корифеї якості	18
Запитання для самоперевірки	33
2 Total Quality Management (TQM)	35
Запитання для самоперевірки	43
3 Керування якістю	44
Запитання для самоперевірки	53
4 Якість продукції як об'єкт керування	54
4.1 Перевірка контрольного, вимірювального та випробуваль- ного устаткування	54
4.2 Застосування статичних методів під час контролю продукції	56
5 Класифікація статистичних методів	58
6 Застосування статистичних методів під час керування які- стю	63
7 Форма збирання даних	65
Запитання для самоперевірки	66
8 Засоби та методи контролю для нечислових даних	67
8.1 Встановлення конкурентноздатності	67
8.2 Мапа технологічного процесу	68
8.3 Метод «мозкового штурму» (атаки, облоги)	72
8.4 Діаграма спорідненості	74
8.5 Діаграма у вигляді дерева (систематична діаграма, дерево рішень)	76
8.6 Причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ішикава)	77
8.7 Контрольний аркуш	81
Запитання для самоперевірки	82

Зміст	3
9 Статистичний ряд та його характеристики	84
Задачі	86
10 Засоби та методи контролю для числових даних	87
10.1 Контрольна мапа	87
10.1.1 Класифікація контрольних мап	91
10.1.2 Типи контрольних мап	93
10.1.3 Види контрольних мап	94
10.1.4 Приймальні контрольні мапи	97
10.1.5 Адаптивні контрольні мапи	98
10.1.6 Контрольні мапи з пам'яттю	99
10.1.7 Критерії ефективності контрольних мап	99
10.1.8 Інтерпретація контрольних мап	101
10.2 Приклади контрольних мап	103
10.2.1 Мапи середніх значень і розмахів: $\bar{X} - R$ -мапи	103
10.2.2 Мапи середніх значень та середньоквадратичних відхилень: $\bar{X} - S$ -мапи	112
10.2.3 Мапа медіан і розмахів $Me - R$ -мапа	117
10.2.4 Контрольні мапи індивідуальних спостережень	120
10.2.5 Контрольна мапа частки невідповідностей: P -мапа	121
10.2.6 Контрольна мапа кількості дефектів: NP -мапи	125
10.2.7 Контрольна мапа кількості невідповідностей на виробі: c -мапа та u -мапа	136
10.3 Гістограма	143
10.4 Діаграма Парето	147
10.5 Діаграма розкиду	150
Запитання для самоперевірки	151
11 Додаткові методи під час керування якістю	155
11.1 Бенчмаркінг	155
11.2 Мережний графік	160
11.3 Діаграма Ганта	176
11.4 Діаграма зв'язків	177
11.5 Матрична діаграма	180
11.6 Матриця пріоритетів	184
11.7 Діаграма прийняття рішень	192
11.8 FMEA-аналіз	196
11.9 Будиночок якості	200

<i>Зміст</i>	4
11.10П'ять чому	212
11.11Методологія Шість Сигм	215
Запитання для самоперевірки	240
Список рекомендованої літератури	242
Предметний покажчик	245

Вступ

Проблема якості ніколи не була простою, особливо гостро вона постає зараз, на етапі переходу до ринкової економіки. Здавалося б, про яку якість може йтися у теперішній ситуації? Хоч би вижити, хоч би не допустити остаточного падіння промисловості країни. Але в тому-то й справа, що власне якість — саме той ключ, за допомогою якого відчиняються двері виходу з кризи.

У сучасних умовах розвитку ринкової економіки якість стає визначальним чинником існування організації та її успішного розвитку. Досягнення високої якості продукту організації — товарів і послуг не можливе без ефективних і обґрунтованих управлінських дій. Прийняття та впровадження управлінських рішень, які спрямовано на вдосконалення якості товарів та послуг, має базуватися на відповідному інформаційно-аналітичному забезпеченні, в основі якого лежать принципи статистики та відповідні статистичні методи аналізу, користь використання яких доведена світовим досвідом.

Метрологія та стандартизація дозволяють перейти від розрізнених заходів з підвищення якості продукції до системи керування якістю на всіх стадіях розробки й створення продукції.

Спеціалісти на всіх етапах контролюють якість продукції за великою кількістю параметрів, перевіряють його відповідність нормативній документації (НД).

Загострення конкуренції на національному та міжнародному рівнях, впровадження на підприємствах й організаціях систем якості, які відповідають міжнародним стандартам, змусило багатьох знову звернутися до статистичних методів. Статистичні методи визнаються важливою умовою рентабельного керування якістю, а також засобом ефективності виробничих процесів і якості продукції.

Статистичні методи, які базуються на використанні математичної статистики, є ефективним інструментом збирання, аналізу та інтерпретації інформації про якість. Застосування цих методів, не вимагаючи великих витрат, дозволяє із заданим ступенем точності та вірогідності мати судження про стан явищ, які досліджуються (об'єктів, процесів) у системі менеджменту якості, прогнозувати та вирішувати проблеми на всіх етапах життєвого циклу продукції й, базуючись на цьому, виробляти рішення з керування.

Відповідно до стандартів ISO 9000, статистичні методи розглядаю-

ться як єдиний набір високоефективних засобів забезпечення та поліпшення якості на базі об'єктивно отриманих та інтерпретованих фактів. Стандарти орієнтують на розробку наскрізного механізму застосування статистичних методів, починаючи з дослідження вимог ринку до якості продукції й закінчуючи її утилізацією після використання.

Говорячи про статистичні методи контролю якості, треба підкреслити, що це інструменти пізнання. Основне їх призначення – контроль поточного процесу й надання учаснику процесу фактів для корегування та поліпшення процесу.

Статистичне керування якістю (Statistical Quality Control – SQC) або статистичне керування процесами (Statistical Process Control – SPC) є діями, які спрямовано переважно, на недопущення відхилень параметрів процесів від стандартів і меншою мірою на те, щоб виявити вже допущене відхилення від стандарту.

У стандартах ISO серії 9000, 90001, де розглядаються системи якості, записано: «У випадках необхідності постачальник мусить розробляти процедури, які забезпечують вибір статистичних методів, котрі необхідні для перевірки можливостей технологічного процесу й прийнятності характеристик продукції».

Розвиток статистичного підходу до контролю якості розпочався у 1920 році в США, коли В.Стюард уперше застосував статистичні методи до вимірювання та контролю якості.

Переваги цього підходу відразу ж стали очевидними. Замість того, щоб здійснювати контроль на кінцевому етапі виробництва, рівень якості відслідковувався протягом усього процесу виробництва, що стало можливим завдяки спеціально розробленим для цієї мети діаграмам та схемам, у яких відбивалися всі найважливіші етапи процесу виробництва продукції.

Розроблена технологія дозволяла не тільки проконтролювати якість продукції, яку виробляють, але й виявити й, що найцінніше, швидко усунути технічні недоліки та збої у виробничому процесі.

За твердженням практиків, методологія В. Стюарта сприяла поліпшенню якості продукції, яку виробляють. В. Стюарт підкреслював, що система, яку він розробив, спрямована на виявлення та усунення причин виникнення браку, що викликано збоєм у технологічному процесі.

Відразу після Другої світової війни в США та Великій Британії на базі концепції В.Стюарта виникли технології вимірювання, оцінки й контролю якості, значно підсилені статистичними методами. Уперше було

створено основи концепції управління якістю, які за короткий період часу трансформувались у концепцію загального керування якістю (TQM — Total Quality Management). Спеціалісти стверджують, що TQM була ключовим фактором успіху японської промисловості, який дозволив продукції японських компаній у короткі терміни зайняти провідні позиції на світовому ринку.

На нараді, яка відбулася в серпні 2005 р., було констатовано, що наразі в установах та підприємствах м. Харкова не існує систем управління якістю продукції, отже, ви, як фахівці в цій галузі, намагатиметесь розробляти та впроваджувати ці системи.

Які ж заходи потребують використання статистичних методів? Усі без винятку. І за всім життєвим циклом продукції, від визначення вимог з самого початку до їх виконання в кінці.

Питаннями збирання, обробки й аналізу результатів займається математична статистика, яка містить велику кількість різноманітних методів, що розроблено дотепер й багато з яких досить складні для розуміння, тим більше для широкого застосування всіма учасниками процесу. Японськими вченими було відібрано з усієї множини сім методів: так звані «7 інструментів». Їх заслуга полягає в тому, що вони забезпечили простоту, наочність, візуалізацію цих методів, перетворивши їх фактично в ефективні інструменти контролю та керування якістю продукції та послуг. Суть цих методів можна зрозуміти й ефективно використовувати без спеціальної математичної підготовки.

Тут розглядаються лише ті статистичні методи, так звані елементарні, які є найбільш вживані й порівняно нескладні в реалізації. Крім описаних процедур застосування методів, наводяться конкретні приклади, які допомагають легше зрозуміти принципи їх використання.

1 Історія розвитку систем управління якістю

1.1 Етапи розвитку систем управління якістю

В історії розвитку документованих систем якості можна виділити п'ять етапів, які іноді зображують у вигляді п'яти зірок якості (рис. 1.1). Ці етапи такі: якість продукції як відповідність стандартам; якість продукції як відповідність стандартам і стабільність процесів; якість продукції, процесів, діяльності як відповідність ринковим вимогам; якість як задоволення вимог та потреб споживачів; якість як задоволення вимог та потреб суспільства, власників.

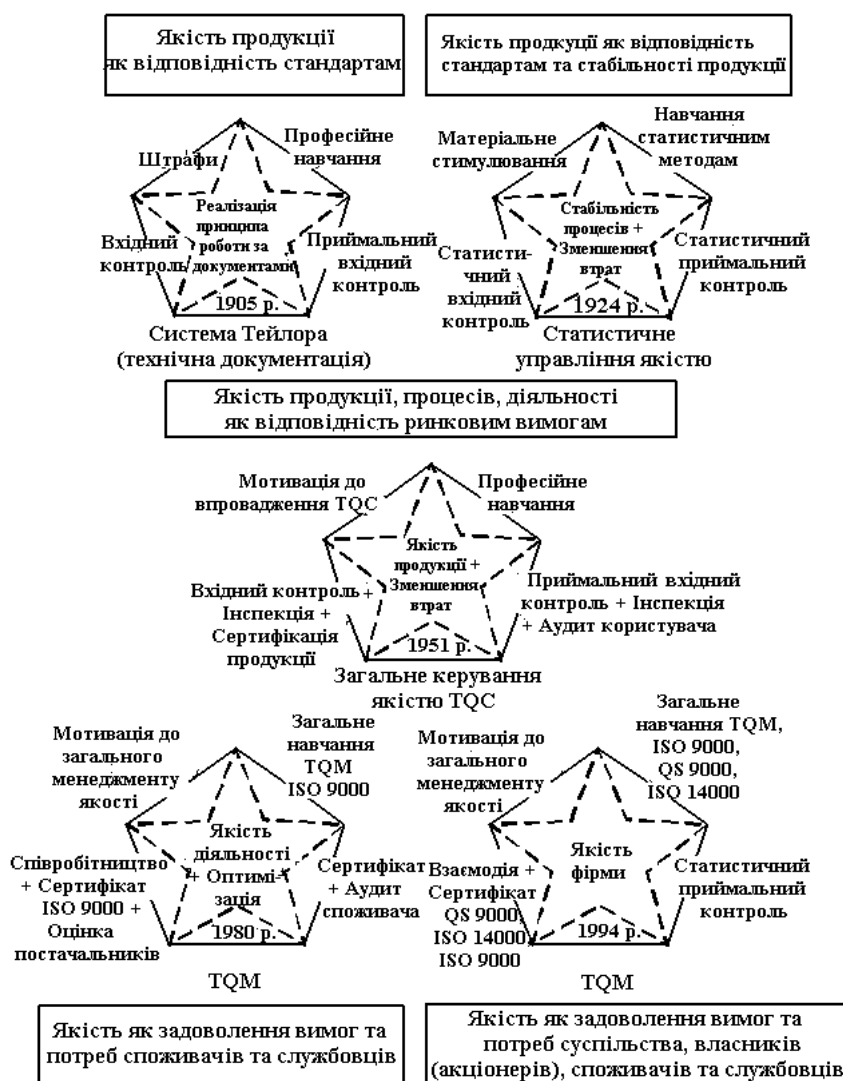


Рисунок 1.1 — П'ять зірок якості

Перший етап відповідає початковим завданням системного підходу до керування, коли з'явилася перша система — система Тейлора (1905 р). Організаційно вона припускала встановлення технічних і виробничих норм спеціалістами та інженерами, а робітники лише зобов'язані їх виконувати. Ця система встановлювала вимоги до якості виробів (деталей) у вигляді полів допусків й вводила визначені шаблони, які налаштовано на верхню та нижню межі допусків — прохідні та непрохідні калібри. Для забезпечення успішного функціонування системи Тейлора були введені перші професіонали в галузі якості — інспектори (в Орді — технічні контролери). Система мотивації передбачала штрафи за дефекти та брак, а також звільнення. Система навчання зводилася до професійного навчання й навчання працювати з вимірювальним та контрольним устаткуванням.

Особливості системи Тейлора — керування якістю кожного окремо взятого виробу (деталі).

Перший етап (1905 — 1920-і роки) відповідає початковим етапам системного підходу, коли з'явилася перша система якості — система Тейлора (1905 р.). Вона встановлювала вимоги до якості виробів у вигляді меж допусків або певних шаблонів. Система Тейлора є базою й загального керування, і керування якістю. Саме він створив концепцію наукового керування, звернув особливу увагу на необхідність урахування варіабельності виробничого процесу й оцінив важливість контролю. Система Тейлора містила поняття верхньої та нижньої межі якості, поля допуску, вводила такі вимірювальні інструменти, як шаблони і калібри, а також обґрунтовувала необхідність незалежної посади інспектора з якості, різноманітної системи штрафів для бракоробів, форм та методів впливу на якість продукції.

У подальшому на тривалий період часу (з 1920-х до початку 1980-х років) шляхи розвитку загального керування та керування якістю розійшлись. Головна проблема якості сприймалась і розроблялась спеціалістами переважно як інженерно-технічна проблема контролю й керування варіабельністю продукції і процесів виробництва, а проблема керування — як проблема організаційного й навіть соціально-психологічного характеру.

Другий етап Система Тейлора надала чудовий механізм керування якістю кожного конкретного виробу (деталь, збіркова одиниця). Однак продукція — це результат здійснення виробничих процесів, і швидко стало зрозумілим, що керувати треба процесами.

У 1924 р. у «Bell Telephone Laboratories» (зараз корпорація AT&T) було створено групу під керівництвом Р.Л. Джонса, яка заклала основи статистичного керування якістю. Це були розробки контрольних мап, які виконав В. Шугарт, перші поняття й таблиці вибіркового контролю якості, що розроблено Г. Доджем і Г. Ромінгом, і які стали початком статистичних методів керування якістю, що в подальшому завдяки Е. Демінґу набули дуже широкого розповсюдження в Японії і спричинили надто суттєвий вплив на економічну революцію у цій країні. Ускладнилися й завдання в галузі якості, які розв'язувалися інструкторами, технологами та робітниками, котрі розуміють, що таке варіації та змінність, а також котрі знають, якими методами можна досягнути їх зменшення. З'явилася спеціальність — інженер з якості, котрий мусив аналізувати якість та причини дефектів виробів, будувати контрольні мапи тощо. В цілому акцент з інспекції та виявлення дефектів було перенесено на їх попередження через виявлення причин дефектів та їх усунення на базі вивчення процесів та керування ними.

Більш складною стала мотивація праці, тобто тепер враховувалась точність налаштованості процесу, аналіз тих чи інших контрольних мап, мап регулювання й контролю. До професійного навчання додалося навчання статистичним методам аналізу, регулювання та контролю. Стали складнішими й стосунки постачальник — споживач. У них більшу роль почали відігравати стандартні таблиці й статистичний приймальний контроль.

На другому етапі (1920 — 1950-ті роки) розвиток отримали статистичні методи контролю якості — SQC (Statistic Quality Control), засновники цих методів В. Шугарт, Г.Ф. Додж, Г.Г. Ромінг та інші. З'явилися контрольні мапи, обґрунтувалися вибіркові методи статистичного контролю якості продукції й регулювання техпроцесів. Саме Шугарта на Заході називають батьком сучасної філософії якості. Він вплинув на таких майстрів у галузі якості, як Е.У. Демінґ та Д.М. Джуран. І Демінґ, і Джуран активно пропагували статистичні підходи до виробництва, однак саме вони першими звернули увагу на організаційні питання забезпечення якості, зробили акцент на роль вищого керівництва у вирішенні проблем якості. У відомих 14 принципах Демінґа вже важко відокремити інженерні методи забезпечення якості від організаційних проблем керування.

Вирішення задач якості вимагало усвідомлення адекватної організаційної структури. Ця структура має містити всі підрозділи, більше того

— кожного робітника компанії, причому на всіх стадіях життєвого циклу продукції або петлі якості.

Третій етап. У 50-і роки було висунуто концепцію тотального (загального) контролю якості — TQC (Total Quality Control). Її автор, американський вчений А. Фейгенбаум, котрий опублікував в 1957 р. статтю «Комплексне керування якістю». До головних завдань TQC належать прогнозування усунення потенційних невідповідностей у продукції на стадії конструкторської розробки, перевірка якості продукції, яку поставляють, комплектуючих і матеріалів, а також керування виробництвом, розвиток служби сервісного обслуговування й нагляд за додержанням відповідності заданим вимогам до якості. Фейгенбаум закликав звернути увагу на питання вивчення причин невідповідностей, першим наголосив на значенні системи врахування витрат на якість.

Системи TQC розвивалися в Японії з великим акцентом на застосування статистичних методів і залучення персоналу до роботи гуртків якості. Японці довгий час підкреслювали, що вони використовують підхід TQSC, де літера S означала Statistical (статистичний).

На цьому етапі з'явилися документовані системи якості, які встановлюють відповідальність і повноваження, а також взаємодію в галузі якості всього керівництва підприємства, а не тільки спеціалістів служб якості. Системи мотивації стали зсуватися в бік людського фактора. Матеріальне стимулювання зменшувалося, а моральне збільшувалося. Головними мотивами якісної праці стали робота в колективі, визнання посад колегами й керівництвом, піклування фірми про майбутнє робітника, його страхування й підтримка його родини. Усе більшу увагу приділяють навчанню. В Японії і Південній Кореї робітники вчаться в середньому від кількох тижнів до місяця, використовуючи зокрема й самонавчання.

Третій етап (1950 — 1960-і роки). У 1950-і роки було висунуто концепцію тотального (загального) контролю якості — TQC (Total Quality Control). Її автором був американський вчений А. Фейгенбаум. У країнах Європи почали звертати більшу увагу на документування систем забезпечення якості та їх реєстрацію або сертифікації третьою (незалежною) стороною.

Четвертий етап У 80-і рр. почався перехід від тотального контролю якості (TQC) до тотального менеджменту якості (TQM). У цей час з'явилася серія нових міжнародних стандартів на системи якості — стандарти ISO 9000 (1987 р.), які здійснили дуже суттєвий вплив на менеджмент і забезпечення якості. У 1994 р. вийшла нова версія цих стандартів, яка

розширила переважно стандарт ISO 9004-1, -2, -3, -4, велику увагу приділивши питанням забезпечення якості програмних продуктів, матеріалам, які обробляються, послугам.

Специфіка тотального керування якістю полягає в тому, що якщо раніше на підприємствах приймалися компромісні рішення за такими параметрами, як обсяг продукції, яку випускають, терміни поставки, витрати та якість, то зараз на перший план висувається якість продукції, і вся робота підприємства підпорядковується цій меті. Таким чином, керування всіма сферами діяльності підприємства організується, виходячи з інтересів якості. Цей перехід порівнюють з переходом від системи Птолемея до системи Коперніка, маючи на увазі, що не Сонце (споживач) обертається навколо Землі (виробника), а навпаки.

Якщо ТQC — це керування якістю з метою виконання встановлених вимог, то TQM — ще й керування цілями й самими вимогами. У TQM міститься також і забезпечення якості, які трактуються як система мір, що викликає у споживача впевненість у якості продукції. Система TQM (рис. 1.2) є комплексною системою, яка орієнтована на постійне поліпшення якості, мінімізацію виробничих витрат і постачання точно в строк. Основна ідеологія TQM базується на принципі — поліпшенню нема межі. Стосовно якості діє цільова установка — прагнення до нуля дефектів, до нуля невиробничих витрат, до поставок точно в строк.

У системі TQM використовують адекватні цілям методи керування якістю. Однією з ключових особливостей системи є використання колективних форм і методів пошуку, аналізу й вирішення проблем, постійна участь у поліпшенні якості всього колективу.

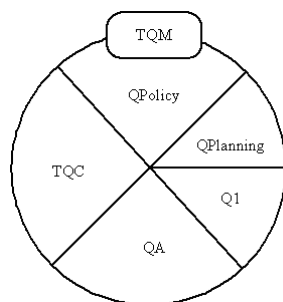


Рисунок 1.2 — Основні складові TQM: TQC — загальний контроль якості; QPolicy — політика якості; QPlanning — планування якості; QI — поліпшення якості; QA — забезпечення якості

Для успішної роботи підприємств на сучасному ринку наявність у них системи якості, яка відповідає стандартам ISO серії 9000, і сертифі-

кату на неї є, можливо, не зовсім достатньою, але необхідною умовою. Тому й в Україні вже існують десятки підприємств, які впровадили стандарти ISO серії 9000 і мають сертифікати на свої системи якості.

Четвертий етап (1970 — 1980-і роки). Розпочався перехід від тотального керування якістю до тотального менеджменту якості — TQM (Total Quality Management).

Підхід TQM передбачає участь усього персоналу організації у створенні високоякісної продукції або послуги на всіх етапах її життєвого циклу від стадії маркетингу, проектування, виробництва, експлуатації, обслуговування й утилізації.

Модель керування на базі ідеології TQM спрямована на досягнення двох головних цілей організації:

- надання споживачам продукції або послуги, яка повною мірою задовольняє їх потреби й навіть перевищує їх;
- постійне вдосконалення всієї діяльності й збільшення можливостей організації досягати все більшого задоволення всіх зацікавлених у результатах її діяльності сторін.

Основні принципи TQM:

1. Орієнтація на споживача — вивчення вимог та оцінка ступеня задоволеності споживачів.
2. Залучення всього персоналу — кожен працює для досягнення загальної мети.
3. Роль керівництва — створення умов для розвитку організації.
4. Процесний підхід — орієнтація процесу на кінцевий результат.
5. Системний підхід — поліпшення діяльності всієї організації.
6. Прийняття рішень на основі фактів — застосування методів математичної статистики.
7. Постійне вдосконалення — стратегія організації, яка дозволяє постійно поліпшувати продукцію, процеси, систему.
8. Співробітництво з постачальниками, споживачами, суспільством для взаємної користі

П'ятий етап (якість середовища). У 90-ті роки відбувається посилення громадського впливу на бізнес, з'являються стандарти якості, які встановлювали вимоги до системи управління з точки зору екології і дотримання безпеки. У цей період збільшується вплив гуманістичних характеристик якості, при цьому велику увагу керівництво компаній стало приділяти задоволенню потреб своїх співробітників. Це сприяло появі корпоративних систем управління якістю, головною метою яких було посилення вимог міжнародних стандартів і врахування особливостей самої організації. Система управління гарантує організаціям впровадження структурованого підходу до їх діяльності з метою досягнення цілей.

Найбільш відомими стандартами систем менеджменту є стандарти серії ISO 9000. Стандарти містять рекомендації та інструментарій для компаній та організацій, які хочуть, щоб їх продукція і послуги постійно відповідали вимогам замовника, а якість постійно поліпшувалась. На сьогодні Міжнародною організацією стандартизації випущено п'ять редакцій ISO 9000.

Перша версія стандартів ISO серії 9000 була опублікована у 1987 році. Спочатку до складу цієї серії входило всього п'ять стандартів. Крім того, до цієї ж серії почали відносити і стандарт на термінологію менеджменту якості, який був опублікований раніше у 1986 році.

У першій версії стандартів ISO серії 9000 було встановлено три моделі системи менеджменту якості для підприємств і організацій з різним життєвим циклом виробництва. Побудова і сертифікація систем якості здійснювалася за однією з трьох моделей ISO 9001, ISO 9002 або ISO 9003. ISO 9001 був найбільш повним з трьох стандартів, тому що він містив вимоги до всіх етапів життєвого циклу виробництва продукції — від проектування до обслуговування. ISO 9002 обмежував дію системи якості тільки етапами виробництва, випробування продукції і постачання її споживачеві. ISO 9003 містив найменший набір вимог до системи якості та обмежувався тільки етапом контролю і випробувань готової продукції.

Отже, виходило, що вимоги стандарту ISO 9003 були складовою частиною стандарту ISO 9002, а ті у свою чергу були складовою частиною вимог стандарту ISO 9001. Для того, щоб організації могли визначити, яку з моделей необхідно застосовувати, до складу серії був доданий стандарт, який є керівництвом з вибору моделі системи якості. Також для розуміння як необхідно здійснювати управління системою якості, до серії був доданий довідковий стандарт із загального керівництва системою якості.

На підставі даних аналізу застосування першої версії стандартів ISO серії 9000 виявився ряд недоліків першої версії. Зокрема, були виявлені труднощі із застосуванням цих стандартів до цілого ряду виробництв зі специфічними видами продукції, що випускається, а також до підприємств, що надають послуги. Крім того, виникла необхідність розширення вимог системи якості. Тому до 1994 року був завершений перегляд стандартів серії і вийшла нова версія ISO серії 9000.

До складу серії у 1994 році увійшло 16 стандартів. Крім стандартів, які вже існували в серії (ISO 9000, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003, ISO 9004), були розроблені допоміжні стандарти і стандарти, що надають рекомендації щодо розробки та застосування окремих елементів системи якості. Починаючи з версії 1994 року, до складу серії ISO 9000 почали додавати і стандарти з номерами, що виходять за межі цієї серії.

Нова версія стандартів розширила склад вимог, що містяться в моделі систем якості. Стандарт ISO 9001 почав містити 20 елементів системи якості, реалізація кожного з яких дозволяла організації вважати, що система якості впроваджена і працездатна. Стандарти ISO 9002 та ISO 9003 містили ті ж вимоги, тільки для елементів, які виходили за рамки відповідної моделі, вказувалася їх непридатність.

Слід зазначити, що як у першій версії стандартів, так і у версії 1994 року застосовувався функціональний підхід до системи якості. Згідно з цим підходом кожен елемент системи якості, який подано в стандарті, розглядався як окрема (самостійна) функція із забезпечення, управління або поліпшення якості.

У версії стандартів 2000 року був переглянутий підхід до побудови та управління системою якості. Починаючи з цієї версії, робота організації, зокрема і робота системи якості, розглядається з точки зору процесів цієї організації.

Версія стандартів 2000 року передбачає чотири групи процесів, пов'язаних із системою управління якістю: процеси, пов'язані з управлінням; процеси забезпечення ресурсами; випуск продукції; процеси вимірювання, аналізу і поліпшення.

Також у цій версії стандартів відбулося об'єднання трьох моделей систем якості в єдину модель. Стандарти ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 були об'єднані в один стандарт ISO 9001:2000. З набранням чинності цього стандарту всі організації могли вибудовувати систему якості за єдиною моделлю незалежно від виду продукції, що випускається, і послуг, а також етапів життєвого циклу виробництва. У тому випадку, якщо

будь-які етапи життєвого циклу виробництва продукції на підприємстві не застосовувалися, дозволено було робити винятки з вимог стандарту. За рахунок цього модель системи якості стала більш «гнучкою» і універсальною.

Істотні зміни відбулися і в складі допоміжних стандартів, а також стандартах, які надають керівні вказівки. Крім того, у стандартах версії 2000 року передбачався зв'язок вимог менеджменту якості з іншими системами менеджменту, такими, як системи екологічного менеджменту, системи управління промисловою безпекою, системи управління якістю харчових продуктів. Таким чином, у підприємств і організацій з'явилася можливість будувати на базі системи управління якістю інтегровані системи менеджменту.

Нові версії стандартів ISO серії 9000 не зазнали істотних змін порівняно з версією 2000 р. Склад переглянутих та оновлених стандартів на початок 2009 року незначний.

Протягом декількох років ISO опублікувала ряд стандартів ССМ, що охоплюють широкий діапазон тем, починаючи від якості та екології до інформаційної безпеки, управління безперервністю бізнесу та управління документацією. Хоча ці стандарти містили загальні елементи, вони все ж мали різні формати і структуру. Це призводило до певної плутанини і ускладнень під час їх застосування на практиці.

Нещодавно ISO завершила роботу зі створення єдиної структури, текстового наповнення, а також єдиних термінів і визначень для розробки нових стандартів на системи менеджменту. Ця робота забезпечить несуперечність майбутніх і переглянутих стандартів на системи менеджменту і спростить їх спільне застосування. Крім того, це сприятиме кращому розумінню вимог стандартів користувачами.

ISO опублікувала Зведений збірник доповнень — спеціальні процедури ISO (Consolidated ISO supplement — procedures specific to ISO). У цьому Збірнику є ряд доповнень і додатків до додатків. Зокрема, доповнення SL називається «Пропозиції щодо стандартів на системи менеджменту» (Proposals for management system standards). Пункт SL.8 цього додатка озаглавлений «Керівництво щодо вдосконалення процесу і структури стандарту системи менеджменту» (Guidance on the development process and structure of an MSS). У ньому підкреслюється, що всі стандарти систем менеджменту мають у принципі використовувати послідовну структуру, загальний текст і термінологію так, щоб вони відповідали один одному і були зручні у використанні.

Відповідно до цього Консолідованого доповнення у 2015 році була переглянута серія стандартів ISO 9000. Ці стандарти в Україні прийняті як національні:

- ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів
- ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги.
- ДСТУ ISO 9004:2018 Управління якістю. Якість організації. Наставни щодо досягнення сталого успіху.

ISO 9000:2015 встановлює критерії системи управління якістю і є єдиним стандартом серії, за яким можливо здійснювати сертифікацію (хоча це не є обов'язковою вимогою). Основні переваги стандарту ISO 9000:2015:

- покращення узгодженості з іншими видами діяльності;
- посилення процесного підходу та застосування циклу PDCA;
- впровадження ризикорієнтованого мислення;
- більше залучення вищого керівництва в систему менеджменту якості;
- більше розповсюдження відповідальності за систему менеджменту якості всередині організації;
- більша увага моніторингу показників результативності.

Застосування ISO 9000:2015 гарантує, що клієнти отримують високоякісні товари і послуги, які у свою чергу сприяють отриманню прибутку компаніями.

За даними 25-го огляду ISO за станом на кінець 2017 року загальна кількість сертифікатів на системи керування якістю у світі досягнула 1 145 905. Порівняно з груднем 2016 року зростання становило 48256 шт. Країни з найбільшою кількістю сертифікатів:

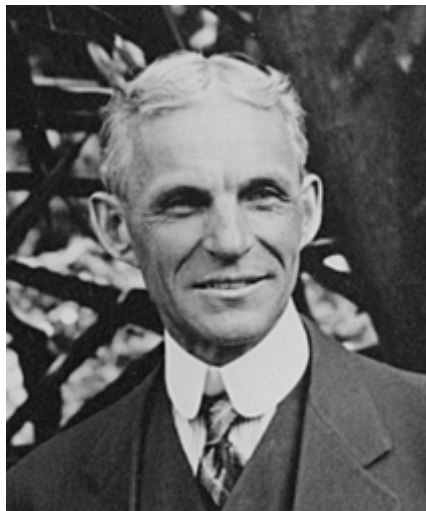
- Китай — 257076,
- Іспанія — 59576,
- Японія — 68484,

- Велика Британія — 41193,
- США — 28935,
- Південна Корея — 23400.

За останні десять років на базі стандартів серії ISO 9000 розроблено та впроваджено багато стандартів під загальною назвою «Галузеві системи керування» або «Інтегровані системи керування якістю». Деякі з них такі:

- Медичні прилади. Системи керування якістю
- Системи екологічного менеджменту
- Системи менеджменту якості. Керівні принципи використання ISO 9001 в органах місцевого самоврядування
- Системи керування безпекою харчових продуктів
- Соціальна безпека
- Системи керування інформаційною безпекою та інші

1.2 Корифеї якості



Генрі Форд (Henry Ford) (1863–1947) — американський інженер, промисловець, винахідник. Один із засновників автомобільної промисловості США, творець «Форд мотор компанії» (Ford Motor Company), організатор потоково-конвеєрного виробництва. Генрі Форд побудував найбільше індустріальне виробництво початку ХХ століття і заробив на ньому 1 мільярд (36 мільярдів у сьогоднішніх доларах), його принципи зробили величезний вплив на громадське життя США. Його гаслом було

«АВТОМОБІЛЬ ДЛЯ ВСІХ». Будучи більше практиком, а не теоретиком, водночас вклав багато сил у створення якості продукту, тому вважається основоположником першої фази менеджменту якості.

Г. Форд народився в сім'ї емігрантів з Ірландії, що стала власниками великої ферми в околицях Детройту. Через два роки після смерті матері, в 16 років, він пішов з будинку і влаштувався працювати на завод в Детройті. У 1890-х він виконував обов'язки інженера-механіка в «Електричній компанії Едісона» (Edison Illuminating Company). У 1903 році Г. Форд заснував Форд мотор компанії.

Найбільший успіх прийшов до фірми після початку випуску моделі Ford T в 1908 році, якій судилося стати на довгий час справжнім символом Америки. Форд продав 15 з половиною мільйонів автомобілів «Форд-Т». У народі машину охрестили «Бляшана Ліззі».

У квітні 1913 року на одному з найсучасніших заводів того часу «Хайленд парк» почався експеримент з використання складального конвеєра на складному виробі. Першою складальною одиницею, зібраною на конвеєрі, став генератор. Експеримент продовжився відносно двигуна в цілому, на складання якого витрачалось майже 10 годин. Застосувавши абсолютний розподіл праці, тобто, встановивши на кожну з 84-х операцій по одному робітникові, Г. Форд зміг досягти скорочення циклу складання на 40 хвилин.

Введення конвеєра висунуло жорсткі вимоги до якості деталей, що поступають на складання. Оцінювати якість на операції у робітника просто не було часу, а брак карався дуже жорстко. Тому Г. Форд ввів заміну вхідного операційного контролю вихідним на етапі виготовлення деталі, тобто на виході з процесу проводилося відбракування деталей і на складання поступали тільки ті, які визнавалися придатними. Він також створив окрему службу технічного контролю, яка є незалежною від виробництва. Крім того, широке застосування отримали стандартизація та уніфікація, що дало свої результати. У 1914 році компанія підняла висоту складальної лінії до пояса, при цьому існували два конвеєри для людей різного зросту. Експеримент поширився на увесь виробничий процес в цілому. Час складання радикально скоротився: раніше одне шасі для «Ford T» збиралося за 12 з половиною годин, тепер же весь автомобіль — за 93 хвилини.

Це надало можливість різко підвищити продуктивність праці, знизити ціни й перейти до масового виробництва автомобілів.

Щодо стимулювання якості можна сказати, що Г. Форд створив свою

власну систему, яка стала одним з яскраво виражених прикладів методу «батоба та пряника».

З одного боку, він приділяв особливу увагу створенню нормальних умов праці. Був встановлений скорочений робочий тиждень, спочатку 48-годинний (6 днів по 8 годин), а потім 40-годинний (5 днів по 8 годин). Багато засобів витрачалося на охорону праці. На воротах його заводів був вивішений напис: «Пам'ятай, що Бог створив людину без запасних частин».

Також він писав: «Тільки два стимули примушують працювати людей: жадання заробітної плати і побоювання її втратити».

Тому в 1914 році він увів найвищу в США мінімальну заробітну плату — 5 доларів на день (що в перерахунку на сучасність еквівалентно приблизно 110 доларам США), допустив робітників до участі в прибутках компанії. Рішення виявилось прибутковим: плинність кадрів була здолана, і кращі робітники Детройта почали концентруватися на підприємстві Форда, за рахунок чого підвищилася продуктивність і якість праці.

З іншого боку, Г. Форд вимагав суворого дотримання дисципліни, карав величезними штрафами за неухважність під час роботи на конвеєрі, ввів заборону на профспілки. «Підвищена зарплата» в 5 доларів не була гарантована кожному: робітник мав дотримуватися певних правил поведінки, які встановлені «громадським департаментом» компанії і націлені, у сучасному розумінні, на підвищення якості життя. Зокрема, під поняття «неналежної поведінки» підпадали зловживання алкоголем, азартні ігри, відсутність сім'ї, невіплата аліментів тощо.

До початку 1924 року Генрі Форд володів декількома заводами, електростанціями, безліччю шахт і копалень, лісів і ферм. У компанії були аеропорт, власне видавництво, кіностудія і навіть каучукова плантація у Бразилії.



Фредерік Уїнслоу Тейлор (Frederick Winslow Taylor) (1856–1915) — американський інженер, основоположник наукової організації праці і менеджменту.

Ф. Тейлор народився в забезпеченій родині, батько його був адвокатом. Освіту він здобував у Франції, Німеччині, академії Ф. Екстера (Нью-Гемпшир, США). У 1874 році закінчив Гарвардський юридичний коледж.

Закінчивши заочно у 1883 р. Стівенський інститут, Ф. Тейлор того ж року вступив до Американського суспільства інженерів-механіків і вже у 35 років обійняв посаду головного інженера сталеливарної компанії в Бетхлеме, де провів в 1898–1901 рр. першу серію своїх експериментів, після чого став відомим консультантом з менеджменту.

Перші чіткі контури система Ф. Тейлора набула в 1903 році в його роботі «Управління фабрикою» («Управління підприємством») і отримала подальший розвиток в книзі «Принципи наукового менеджменту». У ній автор сформулював ряд положень, що згодом дістали назву «тейлоризм».

У рамках концепції наукового менеджменту Ф. Тейлором був запропонований механізм управління якістю окремо взятого виробу (1905). Завдяки цій системі увійшли до виробничої практики поняття верхньої та нижньої меж якості, поле допуску, технічні засоби вимірювання допуску у вигляді прохідних і непрохідних калібрів. Це дозволило розділити продукцію на якісну і дефектну. У зв'язку з необхідністю здійснення вимірювань якості деталей з'явилася нова спеціальність — інспектор якості (технічний контролер). Були запропоновані економічні та адміністративні санкції відносно робітників, котрі допускають брак. Взаємовідносини з постачальниками і споживачами будувалися на основі вимог, які вста-

новлено в технічних умовах (ТУ), виконання яких перевірялося під час приймального контролю (вхідного і вихідного).



Гаррінгтон Емерсон (Harrington Emerson) (1853–1931) — американський інженер, котрий займався питаннями організації праці. Разом з Ф. Тейлором і Г. Фордом вважається основоположником першої фази менеджменту якості — фази відбракування. Вперше поставив питання про ефективність виробництва в широкому масштабі, приділяючи підвищену увагу проблемам якості.

Отримавши освіту у Мюнхенському політехнікумі, Г. Емерсон деякий час викладав в університеті американського штату Небраска, потім брав участь у роботах зі спорудження великої залізниці, у проектуванні і будівництві ряду інженерних і гірських споруд.

Особливу популярність Г. Емерсон здобув завдяки своїй праці «Дванадцять принципів продуктивності» (1931 р.), де вивів умови успішного функціонування, універсальність яких полягала у можливості їх застосування для будь-яких організацій і процесів.



Вальтер Ендрю Шугарт (Walter Andrew Shewhart) (1891–1967) — американський інженер, котрий започаткував статистичний контроль якості.

Працюючи як інженер у відділі технічного контролю фірми «Вестерн електрик», США, В. Шухарт розробив метод побудови діаграм

контролю виробничого процесу, що дозволяли здійснити його аналіз на підставі статистичного оцінювання показника якості. Надалі ці діаграми дістали назву «Контрольні мапи Шугарта» і стали застосовуватися відносно багатьох інших процесів.

За допомогою контрольних мап менеджмент якості увійшов до другої фази свого розвитку — фази контролю якості. Тут основні зусилля виробника для досягнення якості зосередилися не на тому, як виявити і вилучити непридатні вироби до їх відвантаження покупцеві, а на тому, як збільшити вихід придатних виробів у процесі виробництва.

У 1954 році В. Шугарт став професором Рютгерського університету, а у 1947 році Американське суспільство з контролю якості (American Society for Quality Control — ASQC) впровадило медаль імені Шугарта, яка вручається щорічно заслуженому фахівцеві в галузі якості.



Едвардс Вільям Демінг (Edwards W. Deming) (1900–1993) — всесвітньо відомий учений, автор численних робіт у галузі управління якістю, зокрема знаменитої книги «Вихід з кризи», глава незалежної консультативної фірми, яку засновано у 1946 р.

Отримавши вищу освіту в університеті штату Вайомінг, Е. Демінг у 28 років став доктором фізико-математичних наук, закінчивши аспірантуру в Йельському університеті. Працюючи в науково-дослідницькій лабораторії міністерства сільського господарства США (1927-1939), Е. Демінг став активним розробником методів статистичного контролю якості.

Розвиваючи підхід, що запропоновано відомим американським статистиком В. Шугартом для регулювання процесів виробництва, Е. Демінг розповсюдив застосування цих методів на сферу обслуговування, діяльність адміністративних органів.

Відвідавши вперше Японію у 1946 р. за завданням науково-економічного відділу міністерства оборони США, Е. Демінг за сприяння Японського Союзу Учених і Інженерів (JUSE) у 1950-му році отримав запрошення взяти участь у програмі відновлення японської промисловості. Е. Демінг був першим з тих, кого тепер називають «американськими гуру якості», котрі відвідали Японію і втілювали собою третю фазу — фазу управління якістю TQC. Незабаром за ним продовжили Дж. Джуран і А. Фейгенбаум.

Широке впровадження пропагованих Е. Демінгом методів статистичного контролю в практику діяльності фірм принесло плоди у вигляді істотного підвищення якості продукції, ефективності виробництва, що і зумовило лідерство Японії в галузі конкурентоспроможності на світових ринках.

На знак визнання заслуг Е. Демінга в Японії була заснована дуже престижна нагорода його імені (1951 р.), яку присуджують відтоді щорічно компаніям за видатні успіхи у справі підвищення якості і окремим особам за істотний внесок у теорію і практику управління якістю.

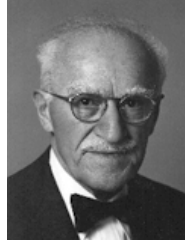
Базуючись на лекціях Е. Демінга в Японії, він сформулював Чотирнадцять принципів якості, які стали своєрідним прапором усієї філософії якості на довгі роки.

Проте у своїх лекціях і роботі Е. Демінг не обмежувався статистичними методами. Він закликав японців застосовувати до вирішення проблем системний підхід. Пізніше цей підхід став відомий як «цикл Демінга», або PDCA (Plan, Do, Check, Action) — «план, здійснення, перевірка, дія».

Також широку популярність здобули виявлені Е. Демінгом п'ять «смертельних хвороб», якими, на його думку, на початку 80-х років були «хворі» більшість корпорацій Америки:

- відсутність постійності цілей;
- гонитва за миттєвою вигодою;
- системи атестації і ранжирування персоналу;
- безглузда ротація кадрів керівників;
- використання тільки кількісних критеріїв для оцінювання діяльності компанії.

Е. Демінг був одним з найбільш відомих у світі консультантів у галузі менеджменту якості, автором більше 200 книг у цій галузі, почесним доктором десятків американських університетів.



Джозеф М. Джуран (Joseph M. Juran) (1904–2008) — американський фахівець у галузі якості, академік Міжнародної академії якості (МАЯ). Уособлює третю фазу розвитку менеджменту якості.

Народився Дж. Джуран у 1904 році в Румунії, а у 1912 році переїхав в Міннесоту (США). Талант, що рано проявився в математиці і точних науках, дозволив йому перестрибнути через чотири роки навчання і у 16 років (1920 р.) закінчити вищу освіту в університеті Міннесоти. А у 1925 році, отримавши ступінь бакалавра в галузі електричної інженерії, він розпочав працювати в інспекторському підрозділі заводу Готорн у Чикаго.

У 1926 році команда співробітників Белл Лабораторіес запустила нову програму контролю якості на заводі у Готорні, яка потребувала відповідного навчання персоналу. Джозеф Джуран став однією з 20 осіб, котрі навчалися за цією програмою.

Аналізуючи причини виникнення браку, Дж. Джуран довів, що 80 % проблем у галузі якості пов'язані з неефективною організацією виробництва. Він був першим, хто застосував принцип Парето для визначення пріоритетних управлінських дій — виділити декілька найважливіших проблем з безлічі наявних і сконцентрувати ресурси компанії на їх вирішенні.

Дж. Джуран першим обґрунтував перехід від контролю якості до управління якістю. У 1951 р. в США вийшла його книга «Настанова з управління якістю» (Handbook for Quality Control), у якій він визначив управління якістю як реалізацію принципу «тріади якості», тобто постійної взаємодії трьох процесів: планування якості — контролю якості — поліпшення якості.

Також у своїй «Наставі з управління якістю» він сформулював основи економічного підходу до забезпечення якості, тобто класифікував витрати на забезпечення якості, виділивши чотири основні категорії

витрат: витрати на попередження дефектності, витрати на оцінювання якості, витрати внаслідок внутрішніх відмов і витрачання через зовнішні відмови.

Ідеї Дж. Джурана, які викладено ним у «Настанові з управління якістю», привернули увагу японських фахівців, і з 1954 р. на запрошення Союзу учених і інженерів Японії (JUSE) він розпочав не лише читати лекції і проводити консультації, але також впроваджувати в Японії власні розробки у галузі якості.

Дж. Джуран випустив низку робіт з проблем якості, у яких описав розроблену ним позачасову просторову модель, — «спіраль якості» (спіраль Джурана) — визначила основні стадії робіт, що безперервно розвиваються, з управління якістю.

У 1975 р. в Австралії була заснована медаль у галузі якості імені Джурана.



Пилип Кросбі (Philip B. Crosby) (1926–2001) — один з визнаних у світі американських авторитетів у галузі якості, академік Міжнародної академії якості (МАЯ). Втілює фазу управління якістю.

Круто змінивши напрям своєї кар'єри (1952 р.), П. Кросбі набув досвіду менеджера з якості, беручи участь у першій програмі виробництва ракет «Першинг». Тут насамперед йому довелося змінити не лише організацію роботи служби якості, але і ставлення до цієї служби керівництва і основних робітників. Основу свого завдання в цій галузі П. Кросбі бачив у тому, щоб служба якості з «наглядача» перетворилася на «соратника». Водночас, спостерігаючи за процесом виробництва, він встановив, що приблизно 20 % доходів витрачається на виправлення неякісної продукції, і зробив висновок, що виробник платить не за якість, а за її відсутність, і ввів поняття «ціна невідповідності». Він запропонував керівництву виробничих підрозділів відмовитися від ділянок з усунення браку і робити «якість» з першого разу. Ці розробки лягли в основу концепції «нуль дефектів» («zero defects», ZD) (1964 р.). Ефективність застосування цієї концепції була настільки відчутна, що Міністерство оборони США вручило П. Кросбі спеціальну нагороду.

У 1965 р. П. Кросбі приймає запрошення керівництва компанії ІТ&Т (International Telephone & Telegraph) і віддає цій компанії 14 років. На посаді директора з якості він не лише впроваджує свої ідеї з управління якістю в усіх американських підрозділах ІТ&Т, але й розробляє програму для роботи з іноземними представництвами компанії, враховуючи національні особливості у кожному окремому випадку. У результаті його ім'я стає відомим в усьому світі.

Система управління якістю П. Кросбі базувалася на чотирьох принципах (абсолютах) якості, які звучать таким чином:

- Якість — це відповідність вимогам.
- Основа системи якості — попередження дефектів.
- Стандарт якості — нуль дефектів.
- Міра якості — вартість невідповідності.

Також П. Кросбі був запропонований метод оцінювання рівня компетентності організації в галузі вирішення проблем якості. Цей метод базується на бальному оцінюванні шести параметрів:

- ставлення до проблеми керівництва організація;
- статусу підрозділу з управління якістю;
- способів розгляду проблем якості;
- рівня витрат на якість (у відсотках від оборотного капіталу)
- заходів з підвищення якості;
- реального поточного положення з якістю в організації.

П. Кросбі розробив модель «ефективного менеджера», позначивши панівну роль керівництва в досягненні цілей у галузі якості.

У 1979 році Пилип Кросбі опублікував книгу «Якість безкоштовна», яка стала бестселером. Другим бестселером стала його книга «Якість без сліз».



Арманд В. Фейгенбаум (Armand Vallin Feigenbaum) (народився в 1922 р.) — всесвітньо відомий американський фахівець, автор теорії комплексного управління якістю, академік МАЯ і один з її засновників, почесний член і колишній президент Американського суспільства з якості (ASQ).

А. Фейгенбаум отримав ступінь бакалавра, закінчивши Юніон Коледж (Schenectady, NY), а потім отримав ступінь магістра і доктора філософії в Массачусетському технологічному інституті.

У 1943 році А. Фейгенбаум, котрий працював у той час в General Electric Company's schenectady Works, розробив систему «Витрати на якість», яка відразу ж привернула увагу керівників компанії і до 1948 року була впроваджена в усій компанії GE в США.

Система Фейгенбаума враховувала такі категорії витрат:

- на відвертання дефектів;
- на оцінювання якості продукту;
- на внутрішні дефекти;
- на зовнішні дефекти.

Різні модифікації системи витрат на якість були впроваджені в цілій низці компаній, зокрема IBM, General Motors тощо. Вони допомагали менеджерам оцінити ефективність системи управління якістю, одночасно реорганізувати діяльність компаній.

За службовим обов'язком А. Фейгенбаум мав широкі контакти з фахівцями японських компаній Toshiba і Hitachi і консультував їх в опитуваннях якості. У своїй книзі «Загальне управління якістю», яка вийшла в 1961 р., він вперше увів термін «загальне управління якістю» (Total Quality Control — TQC), який і дав назву третій фазі розвитку менеджменту якості.

TQC породило нову культуру управління організаціями, що базується на таких постулатах:

- управління якістю має охоплювати усі стадії життєвого циклу виробу і усі рівні управління організації під час вирішення технічних, економічних, організаційних і соціально-психологічних завдань;
- якість необхідно проектувати на ранніх стадіях життєвого циклу виробу;

- вимоги до виконання робіт доцільно встановлювати у фірмових стандартах;
- необхідно забезпечити участь у роботі зі створення якості усіх співробітників від верху до низу (top — down);
- потрібний суворий облік витрат на якість в організації.

Модель якості А. Фейгенбаума умовно зображується у вигляді трикутника, сторони якого поділяються на п'ять частин горизонтальними лініями. Кожна частина у свою чергу поділяється вертикальними лініями, що утворює в цілому 17 ділянок (функцій). Вони базуються на контролі якості.

Також А. Фейгенбаумом були сформульовані чотири «смертні гріхи» в підходах до якості, які слід враховувати, щоб зусилля під час реалізації програм з якості не були марними:

1. полягає у заохоченні програм, які базуються на «проголошенні гасел» і на поверхневих змінах.
2. полягає у тому, що вибираються програми, які насамперед зорієнтовані на робітників («сині комірці») і не враховують важливої ролі інженерних служб («білі комірці»).
3. небажання визнати, що постійного рівня якості не існує (він має безперервно підвищуватися).
4. найфатальніший — помилкова думка щодо автоматизації, яка сама по собі не є останнім словом у підвищенні якості.



Каору Ішікава (Kaoru Ishikawa) (石川) (1915–1989) — видатний японський фахівець у галузі якості, представник фази TQC.

У 1939 р. К. Ішікава закінчив Токійський університет з курсу прикладної хімії і почав працювати військово-морським офіцером технічної служби (1939-1941).

Після другої світової війни К. Ішікава наново почав кар'єру як професор Токійського університету. У 1949 р. у рамках діяльності Японського союзу інженерів і учених (JUSE) він організовує групу з поліпшення контролю якості і висуває ініціативу запросити фахівців США для читання лекцій з контролю якості. При цьому він сам інтенсивно займається розробкою японських методів управління якістю і у 1952 р. пропонує свої розробки японським компаніям. К. Ішікава здобув широку популярність за розробку діаграми причинно-наслідкових зв'язків (Cause and Effect Diagram або Fishbone Diagram), яку названо на його честь. Діаграма була запропонована професором у 1952 році як доповнення до наявних методик, техніки та інструментів вимірювання, оцінювання, контролю і поліпшення якості виробничих процесів у японських компаніях.

К. Ішікава — автор японської версії комплексного управління якістю, що базується на чотирьох принципах:

- залученості персоналу;
- безперервності навчання персоналу;
- регулярності внутрішніх аудитів системи якості;
- широкого застосування статистичних методів контролю.

К. Ішікава першим об'єднав у систему «Сім простих інструментів контролю якості»:

- графіки;
- діаграма причинно-наслідкових зв'язків;
- діаграма Парето;
- діаграми розсіювання;
- гістограми;
- контрольні аркуші;
- контрольні мапи.

В останні роки свого життя доктор К. Ішікава був президентом Інституту технології Мусасі і провідним консультантом з управління якістю в Японії та інших країнах. Він був удостоєний премії Е. Демінґа, премії Nihon Keizai Press, а також премії Grant Award.



Генічі Тагучі (Gen'ichi Taguchi) (田口玄一) (1924–2012) — відомий японський учений-статистик, засновник четвертої фази TQM.

Відслуживши в Астрономічному департаменті Навігаційного інституту Японського імператорського військово-морського флоту, Г. Тагучі працював у Міністерстві охорони здоров'я й Інституті математичної статистики Міністерства освіти.

На початку 50-х років японські компанії, включаючи «Тойоту» та її філії, почали широко застосовувати його методи.

Упродовж 1954-1955 рр. Г. Тагучі за рекомендацією індійського ученого П. Махаланолуса працював запрошеним професором в Індійському інституті статистики. Тут він познайомився зі знаменитими статистиками Р. Фішером і В. Шугартом. У 1957-1958 рр. вийшло з друку перше видання його двотомної книги «Планування експериментів» («Design of Experiments»).

У 1962 р. він вперше побував у Сполучених Штатах як запрошений дослідник Принстонського університету.

У 1964 р. Г. Тагучі став професором університету Аойама Гакуїн у Токіо і залишався на цій посаді до 1982 р.

На початку 70-х Г. Тагучі розробив концепцію Функції втрати якості (Quality Loss Function).

У 1987 році був утворений Клуб Г. Тагучі в Сполученому Королівстві Великої Британії.

У 1982 р. Г. Тагучі залишив викладацьку роботу в університеті і, вийшовши на пенсію, став радником Японської асоціації стандартів. У 1983 р. він був призначений виконавчим директором Американського інституту постачальників. Г. Тагучі має безліч нагород, зокрема премію Демінга (1960 і 1984 рр.), премію за літературу з якості (1951 і 1953 рр.) та інші.



Шігео Шінго (Shigeo Shingo) (新郷重夫) (1909–1990) — відомий японський фахівець у галузі вдосконалення виробництва, представник четвертої фази розвитку менеджменту якості.

Ш. Шінго народився в Японії. У 1930 р. закінчив технічний коледж Яманасі. Кар'єру свою Ш. Шінго почав як технік у цеху литва (1931 р.). Тоді ж він прочитав книгу У. Тейлора «Принципи наукового менеджменту», яка справила на нього дуже сильне враження. Ці принципи він застосував у процесі виробництва, що призвело до позитивного ефекту й не залишилося непоміченим керівництвом. В умовах військового часу на нього звернуло увагу й Міністерство озброєнь, яке розпочало направляти Ш. Шінго на найскладніші виробничі ділянки.

Дослідження Ш. Шінго в галузі вдосконалення методів контролю якості суттєво вплинуло на розвиток японської індустрії. Починаючи з 1945 року, Ш. Шінго — професійний консультант Японської Асоціації Менеджменту, де він вперше знайомиться з методами статистичного контролю якості і починає використати їх у власних дослідженнях. Але з часом він починає розуміти, що результативність статистичних методів має місце тільки в процесі контролю якості, а для управління ним потрібно інші інструменти.

Ш. Шінго відокремив причину від наслідків — помилку від дефекту, довівши, що перше веде до другого. Це дозволило йому розробити системи **рока — уоке**. Рока — уоке — система, що дозволяє показувати і доводити наявність помилки у виробничому процесі, тим самим запобігаючи появі виробничих дефектів. Процес роботи системи рока — уоке містить дві фази: виявлення і регулювання, що припускає попередження або автоматичний контроль. Система рока — уоке передбачає зупинку

виробничого процесу у разі виникнення помилки, її подальше виявлення, ідентифікацію і повне запобігання можливості повторного виникнення. Після того, як у 1977 році виробничі підрозділи Matsushita, на яких була впроваджена система рока — уоке, упродовж семи місяців працювали без дефектів, Ш. Шінго остаточно відмовився від використання статистичних методів контролю якості.

У 1969 році, працюючи в компанії Toyota, Ш. Шінго розробив систему «single — minute exchange of die» (SMED), що дозволяє істотно скоротити виробничі простой і підвищити гнучкість виробничого процесу.

На основі застосування SMED (зведення до мінімуму простоїв виробничого процесу, тобто часу переналадки) і рока — уоке (продукція, що випускається, має гарантований нульовий дефект), у японських компаніях стало можливим ефективно використання системи just — in — time.

У 1970 році Ш. Шінго був нагороджений Yellow Ribbon Decoration за заслуги в поліпшенні виробничих процесів.

Запитання для самоперевірки

1. Які ознаки є характерними для першого етапу розвитку систем управління якістю?
2. У якому аспекті розглядається проблема якості в системі Тейлора? Які недоліки цього підходу?
3. Назвіть характерні ознаки другого етапу розвитку систем управління якістю.
4. Які методи отримали розвиток на другому етапу розвитку систем управління якістю?
5. Які характерні риси концепції тотального контролю якості (TQC)?
6. До якого етапу розвитку систем управління якістю належить поява стандартів на системи управління якістю ISO 9000?
7. Порівняйте стратегії TQC та TQM. Які переваги TQM?
8. Яка характерна ознака п'ятого етапу розвитку систем управління якістю?

9. Розкрийте суть процесного підходу.
10. Назвіть характерні риси систем управління якістю окремо взятого виробу Ф. Тейлора.
11. Який етап розвитку менеджменту якості спровокували «Контрольні мапи Шугарта»?
12. Яким вченим вперше запропонований системний підхід до вирішення проблем? Як називається цей підхід? У чому його суть?
13. У чому полягає управління якістю за Джозефом М. Джураном?
14. Назвіть принципи управління якістю П. Кросбі.
15. На яких постулатах базується система TQC?
16. Сформулюйте чотири «смертні гріхи» в підходах до якості за А. Фейгенбаумом.
17. Назвіть принципи японської версії комплексного управління якістю Каору Ішікави.
18. Охарактеризуйте системи рока-йоке та SMED.

2 Total Quality Management (TQM)

Усі підходи до якості й, зокрема, до контролю над якістю спрямовані на продукт. Коли західні ринки виявилися насиченими, компанії-виробники вперше усвідомили, що споживачі оцінюють не тільки якість товару, але й послуги, які додаються до нього. Реакція виробників відбулася відразу — з'явилася концепція TQM (Total Quality Management) (тотальне керування якістю).

TQM — це стратегічний підхід до менеджменту, який спрямовано на виробництво найкращого товару або послуги серед інноваційних та таких аналогів, які безперервно модифікуються. TQM підкреслює важливість кожного співробітника компанії як дійсного професіонала та експерта, котрі володіють необхідними знаннями, навичками та досвідом, а відповідно, здатного генерувати ідеї відносно вдосконалення процесу ведення бізнесу.

Як базові принципи TQM виділяють:

- Безперервне відслідковування змін в соціокультурному середовищі компанії, які здатні вплинути як на концепцію якості, що прийнята компанією, так і на систему контролю якості.
- Наявність роботоздатної схеми процесу постійного та безперервного вдосконалення як компанії цілком, так і її товарів та послуг.
- Орієнтованість на споживача.
- Зацікавленість усього персоналу компанії.
- Залучення вищої керівної ланки, на котру покладено персональну відповідальність за реалізацію концепції TQM.
- Визначення витрат, які пов'язані з підтримкою необхідного рівня якості.
- Визнання філософії "запобігання загрозам" з боку зовнішнього середовища.
- Постійна підтримка системи управління якістю.

Особливо необхідно підкреслити важливість розробки системи документації якості. Це обов'язкова умова реалізації TQM. Товари та послуги, які купують споживачі, мають відповідати встановленим стандартам,

при цьому цей процес повинна контролювати сама компанія. Кожна одиниця продукції має проходити через жорстку систему контролю якості. Більше того, усі записи результатів тестування якості продукції мають архівувати. Зокрема, система документації якості передбачає супровід кожної партії товару документом, у якому, по-перше, перелічені основні параметри та характеристики товару і, по-друге, вказана дата, до якої товар має бути розпроданий.

Як основні можливі причини незадовільної реалізації системи TQM виділяють:

- Відсутність зворотного зв'язку зі споживачем.
- Відсутність у керівництва компанії зрозумілих стратегічних цілей і недостатня проробка напрямків її розвитку.
- Відсутність уваги до втрат, які пов'язані з підтримкою необхідного рівня якості.
- Не досить поважне ставлення керівництва до персоналу компанії.
- Відсутність реальних вимірювачів ефективності діяльності персоналу.
- Відсутність або непроробленість системи документації якості.

З чого починається впровадження системи TQM? Насамперед необхідно з'ясувати, чим є компанія сьогодні і яку позицію вона посідає на ринку. Перед впровадженням TQM необхідно зібрати всю необхідну інформацію. Як правило, для цього здійснюють анонімні опитування як керівного, так і виробничого персоналу компанії, мета яких — виявлення невирішених проблем, котрі пов'язані з керуванням компанією, зокрема, що виникають у персоналу під час виконання ними своїх обов'язків. Підготовка до впровадження TQM вимагає усвідомлення керівництвом компанії необхідності об'єднання всього персоналу для досягнення цілей компанії.

Велику роль у процесі досягнення успіху компанією відіграє усвідомлення того, чого вимагає кінцевий споживач, а також чітке визначення потреб та очікувань споживача. На практиці лише небагато робітників компанії мають можливість спілкуватися з кінцевим споживачем продукції та послуг компанії. Кожний співробітник компанії, чи то секретар, бухгалтер чи оператор, відіграє важливу роль у процесі поліпшення

якості продукту, але не усвідомлює того. Водночас, кожний співробітник компанії виступає в ролі споживача й постачальника, оскільки він отримує ресурси — інформаційні, сировинні, керівні — від одних співробітників компанії, а результати своєї роботи віддає іншим. Тому надзвичайно важливо допомогти кожному співробітнику компанії уявити себе в ролі як споживача, так і постачальника. Будь-який, навіть тимчасовий збій у відношеннях обміну між покупцем та постачальником усередині компанії, обов'язково відбивається на якості кінцевого продукту або послуги компанії. Ця концепція — ключ до постійного вдосконалення як виробничих, так і керівних технологій у компанії.

Історично склалося так, що всі «вимірювання» всередині організації обмежуються розрахунком продуктивності праці, виробничих втрат і прибутку. Безумовно, інформація, яку отримано в результаті таких розрахунків, дуже корисна для процесу вдосконалення керування компанією, але вона не дозволяє визначити ключові фактори, які впливають на ефективність діяльності компанії. Що дійсно необхідно, так це уніфікована система вимірювань, яку можна використовувати для планування, моніторингу й постійного та безперервного вдосконалення виробничого процесу. Ключ до створення успішної всередині фірми системи вимірювань — простота.

Важливим моментом системи вимірювань є визначення основних критеріїв успіху діяльності компанії. Критерії успіху мають відбивати прогресивний розвиток компанії й надавати повну об'єктивну картину її стану. Найчастіше як основні фактори успіху виділяють: величину прибутку, рівень втрат, обсяги продаж, терміни поставок продукції тощо. Практика свідчить: кількість критеріїв бажано обмежити — від 6 до 8, у крайньому випадку 12. Після визначення критеріїв успіху вони можуть використовуватися у визначенні цілей, моніторингу. Не можна забувати: система вимірювачів також має безперервно вдосконалюватися. Для цього необхідно визначити ключові вимірювачі з кожного конкретного виробничого чи керівного процесу, які дозволяють визначити успіх або невдачу, котрі у свою чергу також мусять постійно вдосконалюватися. Більшість процесів всередині компанії перетинають її горизонтально, тобто від відділу до відділу, від співробітника до співробітника.

Для моніторингу прогресивного розвитку компанії можуть використовуватися різноманітні види вимірювачів ефективності виробничого та керівного процесів. Складовими ефективності є точність, надійність та вчасність. Обсяг також належить до важливих показників, а продуктив-

ність та втрати свідчать про те, як ефективно використано ресурси.

Контроль ефективності виробничих та керівних процесів дозволяє забезпечити кожного співробітника компанії зворотним зв'язком, який дозволяє приймати рішення з питань вдосконалення технологій або методів, що використовувалися ним задовго до визначення ефективності роботи всього колективу компанії в цілому. Такого роду зворотний зв'язок дозволяє працівникам, по-перше, не повторювати вже здійснених один раз помилок, а, по-друге, не додавати ресурси у ще ефективну систему.

TQM складається з трьох компонентів:

- команди з якості;
 - керування курсом;
 - якість у повсякденній роботі.
1. Команди з якості забезпечують організоване оточення для спільної роботи службовців для того щоб:
 - поліпшити якість продукції та послуг;
 - розвинути та підняти рівень умінь та здібностей службовців;
 - забезпечити комунікативність (спілкування) та роботу в команді.
 2. Керування курсом спрямовано на досягнення успішного прориву в роботі компанії через концентрацію її зусиль та засобів на деяких найважливіших напрямках для:
 - підвищення рівня виконання;
 - поліпшення комунікацій усередині компанії та забезпечення керування відділами;
 - досягнення широкого залучення у розвиток компанії співробітників та досягнення довгострокових і швидкоплинних цілей.
 3. Якість у повсякденній роботі потребує застосування PDCA до діяльності, яка є необхідною для забезпечення потреб та очікувань споживачів. Для цього необхідно:
 - підтримати цілі, які досягнуто через проекти поліпшення;
 - досягнути сталості у діях та результатах;

- пояснити суть внеску кожного для досягнення задоволення споживача;
- поліпшити повсякденні дії.

Чотири принципи TQM:

- задоволення споживача;
- керування через дані;
- повага до людей;
- PDCA (планування → виконання → перевірка → дії після перевірки).

1. Задоволення споживача — означає задоволення потреб та розумних очікувань споживача й підтримання відносин, за яких потреби споживача пересуваються на перше місце.

Приклади:

- 1) американський фільм „Містер бейсбол” демонструє як у гостях у японській родині за столом кожен намагається покласти їжу іншому у тарілку та налити папою іншому в чашку — у них так прийнято.
- 2) телефонний дзвінок від когось, хто споживає мою продукцію, — мій споживач — це не переривання моєї роботи; це моя робота.

Що таке задоволення споживача?

Задоволення споживача — суть TQM. Це означає прагнення до виконання потреб та розумних очікувань споживача.

Як ми досягаємо задоволення споживача?

1. Поділяємо робочий процес на вимоги, діяльність та результат;
2. Визначаємо наших споживачів за таким процесом як тих, хто отримує наш результат;
3. Працюємо з нашими споживачами, щоб визначити, які стійкі вимоги висуваються до результатів процесу;
4. Базуючись на стійких вимогах, розробляємо показники якості, за допомогою яких ми зможемо прослідкувати виконання у порядку його здійснення;
5. Якщо не досягнуто потреб споживача, корегуємо наші дії.

Стійкі вимоги

Стійкі вимоги — це стандарт якісної роботи, на який погодилися постачальники та споживачі. Стійкі вимоги мають:

- відповідати часу, бути реальними, такими, які вимірюються;
- задовольняти вимоги й розумні очікування споживача;
- забезпечувати сумісну відповідальність.

Стійкі вимоги зазвичай просто констатують, яким має бути продукт, для того щоб він відповідав потребам споживача.

Для чого потрібні стійкі вимоги?

Стійкі вимоги застосовуються для того, щоб задовольняти потреби й розумні очікування споживачів.

Як застосовуються стійкі вимоги?

В ідеальному випадку у вільному спілкуванні ми обговорюємо стійкі вимоги наших споживачів. Починаємо з того, що запитуємо їх про вимоги та бажання; через запитання та відповіді ми звужуємо фокус цих вимог до того, що їм дійсно потрібно й до того, що вони можуть очікувати. Один раз встановлені стійкі вимоги слугують метою й засобом для виробництва якісної продукції.

Коли використовуються стійкі вимоги?

Стійкі вимоги використовуються для того, щоб у загальних рисах спрямувати робочий процес під час його встановлення та поліпшення.

Перевірка стійких вимог

1. Розгляньте особливий продукт. Знайдіть умови споживача. Після того, як усі «вимоги» споживача додано до списку, перегляньте їх ще раз зі споживачем.
2. На початковій стадії всі «бажання» (ті, які забезпечують успіх) мають бути збережено до тих пір, поки не буде виявлено реальні «вимоги».

2. Керування через дані (часто визначається як поводження з фактами) — означає, що всі робітники, включаючи менеджерів, керують своєю роботою через збирання об'єктивних даних та знаходження рішень, які базуються на цій інформації.

Керування через дані означає керування з використанням даних. Отже, ми можемо приймати найкращі рішення про те, як реалізувати якісні продукти та послуги.

Що таке дані?

Дані як факти, на базі яких можуть бути отримані висновки, база обговорення та розрахунки. Інформація, яку зібрано про продукт, послугу, процес, людину або пристрій, називається **даними**. Дані (факти), які організовані й проаналізовані відповідно, забезпечують корисною інформацією й слугує основою для рішень та дій.

Дані можуть бути *суб'єктивними* (базуватися на досвіді, інтуїції, внутрішньому відчутті, думці або спостереженні) або *об'єктивними* (базуватися на вірогідних зовнішніх подіях). Дані можуть бути зображені словами, графіками або числами. Для нас об'єктивні числові дані є особливо важливими. Існують дві великі категорії цифрових даних: *атрибутивні* та *змінні*.

- Атрибутивні дані описують особливі властивості під час зміни атрибуту. Ці дані залежать від кількості виявлення цієї властивості і мають певні характеристики. Вони зображують поєднання або не поєднання з якимось якісними характеристиками. Атрибутивні дані базуються на кількості того, скільки разів відбулася подія, яку спостерігають.

ПРИКЛАДИ: класи / категорії продукції або послуг, кількість несправностей, кількість невідповідних одиниць.

- Змінні дані — це неперервні дані, які показують ступінь варіації під час оцінки характеристики продукту, послуги чи процесу й під час обчислень числового значення за двох або більше оцінок даних. Дійсно оцінюється якісна характеристика, така, як діаметр, вік, вага, термін життя.

Коли важливо не тільки визначити та класифікувати певні одиниці, але ще й точно оцінити їх розподіл (відстань або інтервал між ними), ми мусимо збирати змінні дані. Якщо атрибутивні дані у кольоровій палітрі відповідають чорному або білому кольору, то змінні дані показують відтінки кольору.

Змінні дані зазвичай дорожчі під час збирання (по суті, з'ясувати менше чи більше п'ятдесяти років споживачу потрібно менше часу, ніж знайти реальну дату його народження й підрахувати вік), але вони надають більше інформації про предмет.

Для чого збирають дані?

Дані збирають для того щоб:

- визначити продуктивність на сьогодні й майбутнє, і якщо матимуть місце зміни, для того, щоб їх порівняти;
- накреслити можливості для поліпшення;
- зробити аналіз першопричин і вибрати попереджувальні дії;
- відслідковувати процес та/або попереджувальні дії;
- чітко пояснити проблему/можливість іншим;
- «Розмовляти, базуючись на фактах».

Як збирають дані? Дані збирають, використовуючи контрольні аркуші. Дані збирають досить повними так, щоб їх можна було звузити й розбити на більш дрібні області з відповідними функціями або одиницями. Узагалі дані для більшої практичності необхідно розбивати на такі дрібні групи, як це можливо. Якщо можна додати змінні дані, то ними не варто нехтувати.

Коли ви плануєте збирання даних:

- визначіть, що ви бажаєте знати;
- виберіть найбільш слухний метод збирання даних;
- заплануйте, як ви працюватимете над даними й аналізуватимете їх;
- збирайте тільки необхідні дані;
- зумійте для кожної проблеми зібрати необхідні дані;
- оцінюйте те, що відбувається, якомога точніше за розумного використання часу та витрат.

Коли збирають дані? Дані збирають тільки після планування й тільки тоді, коли це необхідно. Узагалі дані необхідні для підтвердження задачі, причини, попереджувальних дій через дані;

3. Повага до людей — один з найважливіших принципів TQM. Це означає повагу здібностей кожної людини до творчого мислення та її можливостей до самомотивації. Доцільно практикувати цей принцип щоденно у своїй роботі.

4. PDCA (планування → виконання → перевірка → дії після перевірки) — робоча філософія, яка ставить акценти на чотирьох фазах діяльності:

- планування що робити;
- виконання цього;
- перевірка зробленого;
- дії для запобігання помилок та поліпшення процесу.

Запитання для самоперевірки

1. У чому суть системи TQM?
2. Назвіть базові принципи системи TQM.
3. З яких компонентів складається TQM?
4. Яке призначення команди з якості в системі TQM?
5. На що спрямоване керування курсом у системі TQM?
6. Назвіть цілі якості в повсякденній роботі в системі TQM?
7. Назвіть чотири принципи TQM.
8. Розкрийте суть принципу «задоволення споживача». Що розуміють під «стійкими вимогами»?
9. Що розуміють під поняттям «дані» в управлінні якістю? Розкрийте суть принципу «керування через дані».
10. Розкрийте суть принципу «повага до людей».
11. Розкрийте суть принципу «PDCA».

3 Керування якістю

Перед ніж говорити про методи керування якістю, тим більш про статистичні, визначимося з поняттям «якість».

Якістю називають ступінь, з якою сукупність притаманних характеристик об'єкту відповідає вимогам.

Усі ці елементи визначаються вимогами до якості виробів, які конкретно впроваджені на етапі проектування в технічній характеристиці виробу, у конструкторській документації та в технічних умовах, що передбачають якість сировини, конструктивні розміри тощо.

Елементи, з яких складається якість, називаються показниками якості, а чисельний їх вираз називається значенням показників якості.

Інтеграція України у світове економічне товариство потребує цілеспрямованої політики зі створення державної системи стандартизації, метрології, сертифікації та керування якістю. Ці системи мають відповідати основним принципам міждержавних, а також міжнародних, регіональних та національних систем.

Метрологія, яку забезпечено засобами та методами вимірювань, є складовою частиною суспільного виробництва й одночасно механізмом керування якістю та номенклатурою продукції. У міжнародній практиці для забезпечення якості продукції застосовуються стандарти серії ISO 9000, які видано Міжнародною Організацією Стандартизації (ISO).

Наразі якість є сферою діяльності Організації Об'єднаних Націй. За підтримки цієї організації, починаючи з 1990 року, 9 листопада відзначають День якості. Керувати якістю, працювати на споживача можна тоді, коли система якості створюється на базі дослідження ринку, користуючись чітко сформульованими принципами в ISO 9000 (рис. 3.1). Життєвий цикл продукції описується «петлею якості», починаючи з маркетингу (рис. 3.2, 3.3).

На цьому рисунку використано такі позначення:

1. дослідження ринку;
2. розробка технічного завдання;
3. проектно-конструкторські роботи;
4. складання ТУ для процесу виробництва виробу;
5. технологічна підготовка виробництва;



Рисунок 3.1 — Принципи керування якістю

6. матеріально-технічне постачання;
7. виготовлення інструменту та техоснастки;
8. виробництво продукції;
9. технічний контроль процесу виробництва;
10. контроль готової продукції;
11. випробування продукції;
12. реалізація продукції;
13. сервісне обслуговування продукції;
14. дослідження ринку.

Приклад: Сертифікація (рис. 3.4).

Як здійснюється управління якістю?

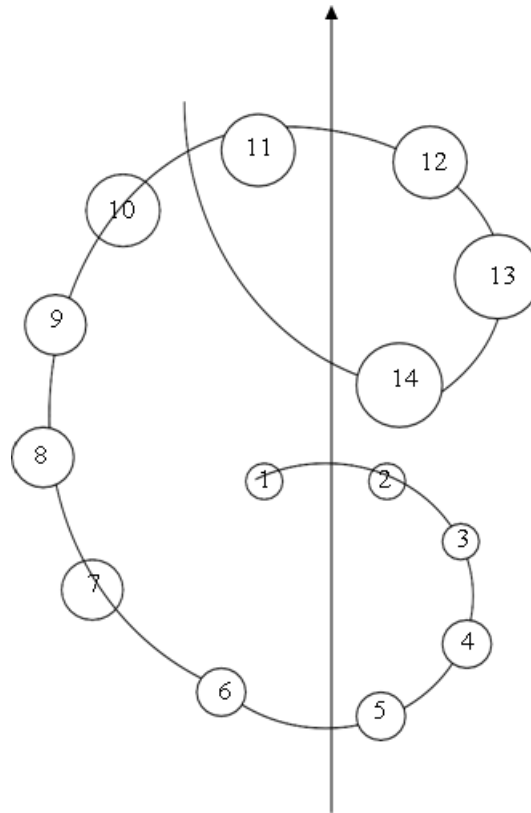


Рисунок 3.2 — Петля якості Дж. Джурана



Рисунок 3.3 — Основні види діяльності, від яких залежить якість (петля якості) (життєвий цикл продукції)

У ситуаціях повсякденного життя ми підсвідомо користуємося коло-



Рисунок 3.4 — Петля якості сертифікації

вим циклом керування: планування — здійснення — контроль — керівна дія. І у будь-якій ситуації необхідно передбачити таке:

1. Визначивши цілі та критерії, накреслити етапи й методику для їх досягнення;
2. Отримавши згоду учасників на здійснення прийнятих етапів та засобів для досягнення мети, розпочати здійснення задуманого;
3. У процесі здійснення задуманого, перевірити як точно досягаються намічені цілі та критерії;
4. У випадку яких-небудь відхилень здійснити заходи щодо корегування наміченого;
5. Щоб уникнути ускладнень, з якими вже довелось стикнутися, спробуйте врахувати їх у подальшому складанні планів.

Одним з головних у розвитку якості є принцип вдосконалення. Практичне втілення він знаходить у реалізації знаменитого циклу PDCA (від

англійських слів: **plan** — планувати, **do** — здійснювати, **check** — перевіряти, **act** — діяти), який розроблено Е. Демінгом.

Зрозуміло, що в умовах підприємства ми навмисно використовуємо такий коловий цикл керування незалежно від масштабів роботи та тривалості циклів. Звідси випливає, що коловий цикл керування є основною лінією впровадження в життя робочих задумів і становить дійсну суть керування (рис. 3.5).

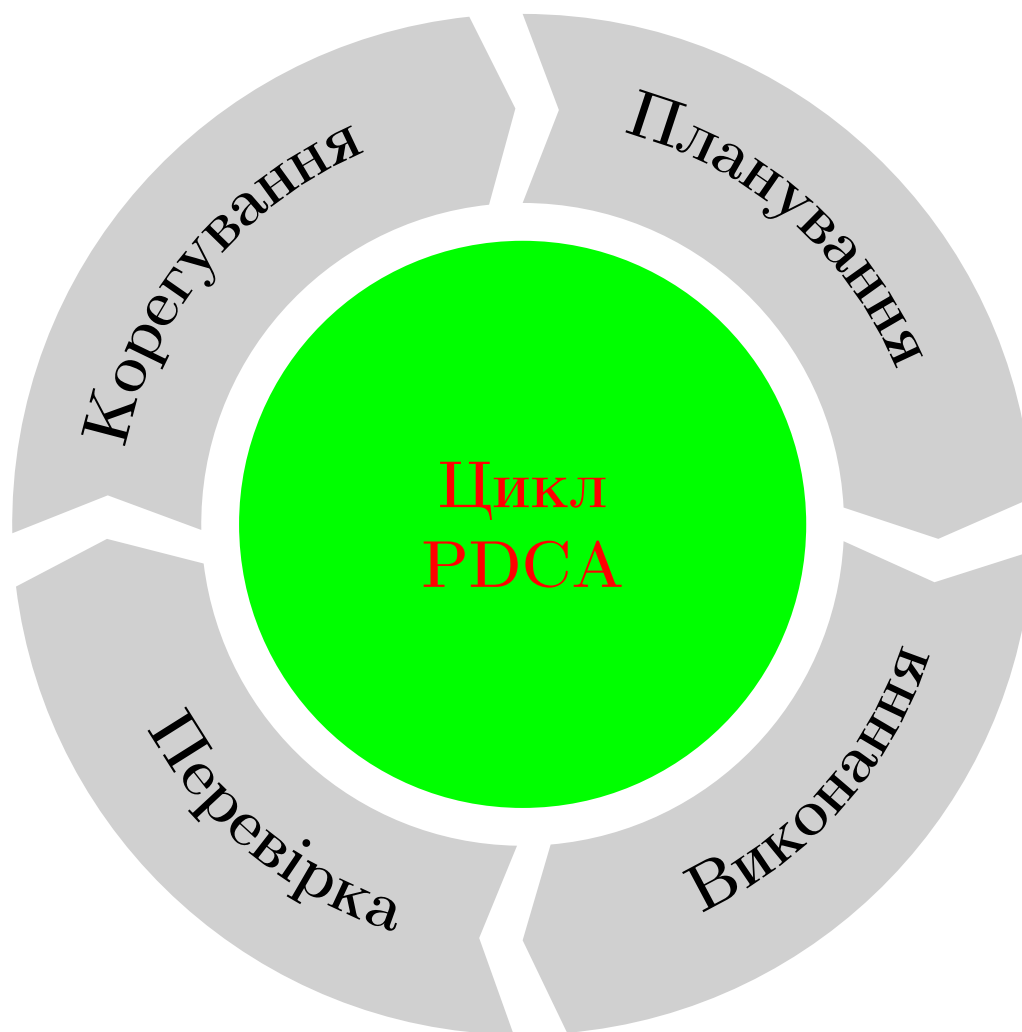


Рисунок 3.5 — Цикл Шугарта-Демінга

Якщо якість можна контролювати, то нею можна й управляти. Стратегію управління можна сформулювати так: за вибірковими даними треба виявити відхилення показників якості від запланованих значень, визначити причину відхилення (під час виробництва), скорегувати режим, далі після корегування процесу знову перевірити показники якості (рис. 3.6). Цей принцип символізує нескінченність процесу вдосконалення.



Рисунок 3.6 — Управління якістю на підприємстві

Цей цикл базується на простому припущенні того, що для досягнення неперервного поліпшення необхідно це запланувати, виконати цей план, здійснити перевірку й проаналізувати результати та діяти заради поліпшення.

Чому PDCA є гарним?

Тому що він є простим і відповідає образу дії людини.

Як застосовується PDCA?

1. Ви починаєте, встановлюючи цілі, які базуються на потребах споживача, й плануючи засоби досягнення цих цілей.
2. Продовжуєте, виконуючи або тестуючи те, що плануєте.
3. Протягом та після „виконання” збираєте та аналізуєте дані, щоб виявити що сталося, що спрацювало, а що — ні. (Чи стали ви ближче до запланованої мети?)
4. Базуючись на аналізі отриманих результатів, дійте заради поліпшення процесу.

Коли застосовують PDCA?

Цикл PDCA може бути застосований до будь-якого процесу, починаючи з планування щорічної відпустки або приготування їжі до складних технічних робочих процедур. На цьому понятті базується Керування Якістю – планування для поліпшення, виконання початкових дій з поліпшення, перевірка результатів для подальшого поліпшення або стандартизації роботи.

Схема PDCA забезпечує неперервне керування. Його треба організувати на базі шести комплексних заходів, які довели свою ефективність.

P: (Plan)

1. Визначення цілей та задач
2. Визначення засобів (шляхів, стратегій) досягнення цілей. План заходів
3. Навчання та підготовка кадрів

D: (Do) 4. Виконання робіт

C: (Check)

5. Перевірка результативності виконання

A: (Action)

6. Здійснення відповідних керівних дій

Функції планування полягають у використанні стратегії та тактики керування підприємством під час аналізу й врахування результатів вивчення ринків, ринкової інформації, коефіцієнту ефективності капітальних витрат, технічної умови підприємства, ефективності контролю, очікуваної реалізації, собівартості тощо й передбачають визначення рівня якості виробів. Визначаючи очікувану якість для товарів своєї фірми, функції планування виконують відповідну задачу.

Функція здійснення є втіленням запроектованої якості у готову продукцію; вона передбачає проектування технологічних процесів, визначення виду устаткування, машин, робочого інструменту, які викори-

стовуються, а також методів роботи та методів контролю, зокрема й методику контролю вимірювальних приладів та технологічних процесів. Крім того, функціями здійснення передбачається навчання виконувачів робіт. Все це в комплексі має на меті – зберегти ступінь відповідності продукції технічним вимогам й витримати встановлені терміни, а також за можливістю покращити ці показники.

Функції контролю здійснюються на стадії виготовлення продукції, а також полягають у з'ясуванні дійсних переваг товару після потрапляння його на ринок. Придатність товару підтверджується через збут. Залежно від можливості або неможливості реалізувати товари відповідно до плану збуту можна скласти уявлення про їх придатність. Другий рівень – певні функції керування, які становлять необхідний мінімум, третій – перетинання проблем.

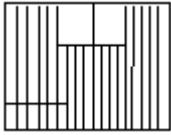
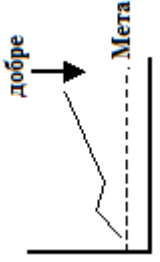
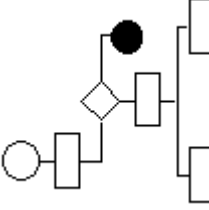
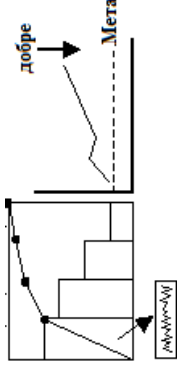
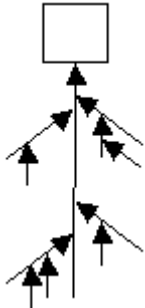
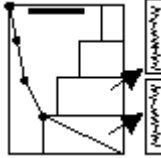
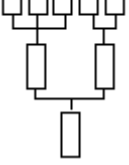

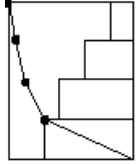
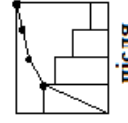
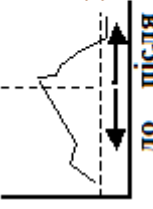
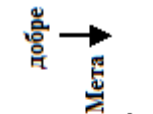
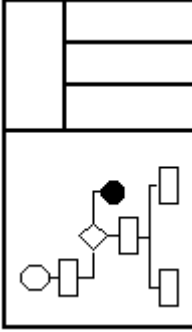
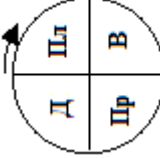

Функції керівної дії – заходи з реалізації продукції та додержання способів продажу товару, які передбачено планом, проведення заходів з технічного обслуговування (сервісу) у випадку, коли реалізований товар не відповідає вимогам якості. Крім того, до них належать збирання інформації про якість реалізованого на ринку товару, виявлення можливостей покращення якості, вивчення думок споживачів про якість товару для внесення необхідних змін у процес. Отже, будь-яка інформація про якість товару матиме важливе значення під час подальшого його проектування.

Керування підприємством та організацією збуту має своїм завданням не просто реалізацію товару. Однією з найважливіших функцій є детальне збирання ринкової інформації та врахування отриманих даних під час проектування.

Для успішного та чіткого уявлення переліченими вище функціями **планування, здійснення, контролю та керівної дії** необхідно щоб усі служби й відділи підприємства: проектний відділ, виробничий відділ, служби матеріального постачання, контролю, збуту та реалізації, відділ керування підприємством тощо, володіючи технікою керування та контролю, спеціальною технологією, а також статистичними методами й маючи уявлення про серйозні значення якості, з відповідальністю за її рівень виконували покладені на них обов'язки.

Нижче наведено таблицю 3.1 процесу керування якістю, де зазначено взаємозв'язки між різними процесами.

Таблиця 3.1 — Процес Керування Якістю

<p>Інформація про команду</p> 	<p>1. Підстава для поліпшення</p> <p>Графік</p> 	<p>Технологічна мала</p> 	<p>2. Поточний стан</p> <p>Графік Парето</p> 
<p>3. Аналіз</p> <p>4. Контрзаходи</p>			
			
<p>5. Результати</p> <p>6. Стандартизація</p> <p>7. Плани на майбутнє</p>			
<p>Графік Парето</p>    			

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть визначення поняття «якість».
2. Назвіть чинні стандарти на системи управління якістю в Україні.
3. Які принципи управління якістю за ISO 9000?
4. Розкрийте суть циклу PDCA Шугарта-Демінга.
5. Опишіть механізм застосування циклу PDCA.
6. Коли застосовують цикл PDCA?
7. Які функції входять до циклу PDCA?
8. Назвіть джерела даних під час здійснення контролю якості.

4 Якість продукції як об'єкт керування

Одним з головних заходів, які підвищують відповідність виробу технічним вимогам й одночасно передбачають стримування зростання витрат з керування підприємством поряд з модернізацією устаткування, вдосконаленням технології тощо, є використання статистичних методів.

Японськими вченими було відібрано з усієї множини сім методів: так звані «7 інструментів». Їх заслуга полягає в тому, що вони забезпечили простоту, наочність, візуалізацію цих методів, перетворивши їх фактично в ефективні інструменти контролю та керування якістю продукції та послуг.

Попри простоту ці методи дозволяють зберегти зв'язок зі статистикою й надають можливість професіоналам використовувати результати цих методів і за необхідності вдосконалювати їх.

Суть керування полягає у створенні керівних дій (рішень) на об'єкт керування. На підприємствах відділ метрології керує всіма вимірювальними системами, здійснює роботу з метрологічного забезпечення якості продукції, планування метрологічного забезпечення, атестації методик виконання вимірювань, створення рекомендації з вибору засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та повірки, метрологічної експертизи технічної документації, організації оперативного обліку, зберігання та ремонту ЗВТ, контролю за станом та застосуванням ЗВТ. Крім того, відділ метрології бере участь у роботах з встановлення норм точності вимірювань, впровадження державних стандартів, які регламентують положення метрологічного забезпечення, підготовки й підвищення кваліфікації кадрів у галузі метрологічного забезпечення якості продукції.

4.1 Перевірка контрольного, вимірювального та випробувального устаткування

Контроль контрольних-вимірювальних систем, які застосовуються під час розробки, виробництва, монтажу й обслуговування продукції, має гарантувати впевненість у правильності прийнятих рішень чи заходів, що базуються на результатах вимірювань.

До сфери контролю включають калібри, інструменти, датчики, розміткові плити, спеціальне випробувальне устаткування, програмне забезпечення випробувань. Крім того, необхідно перевіряти виробничі стенди, фіксують пристосування, технологічне оснащення виробничого процесу,

які впливають на певні характеристики продукції або процесу.

Необхідно встановити документовані процедури для здійснення самого процесу вимірювань з використанням статистичного контролю, включаючи устаткування, методи, які застосовуються, та професійну підготовку операторів.

Контрольне, вимірювальне та випробувальне устаткування, включаючи програмне забезпечення, має застосовуватися разом з документованими процедурами, щоб забезпечити дані про невизначеність вимірювань та їх сумісність з необхідними можливостями вимірювань. Похибки вимірювань слід зіставляти із заданими вимогами, після чого здійснюються відповідні заходи з їх корегування.

Перевірка контрольного, вимірювального, випробувального устаткування, а також методи випробувань мають містити такі фактори:

- а) необхідні технічні умови й вибрані характеристики, включаючи діапазон вимірювань, точність та міцність, які встановлено для певних умов навколишнього середовища;
- б) початкове градування до початку використання, яке забезпечує необхідну точність та правильність результатів вимірювань; також випробування програмного забезпечення та процедур керування автоматизованим випробувальним устаткуванням;
- в) періодичне повторювання налагоджування, ремонт та калібрування відповідно до технічних умов виготовлення, результати попереднього калібрування, методи та інтенсивність використання устаткування з метою забезпечення необхідної точності та правильності;
- г) документальні підтвердження ідентифікації інструмента, частоти проведення повторного калібрування, статусу калібрування та процедур повернення, вантажних робіт, зберігання, налагоджування, ремонту, калібрування, монтажу та експлуатації;
- д) відповідність відомим еталонам точності, правильності та стабільності, переважно національним або міжнародним; там, де такі еталони відсутні, положення, на яких базувалася повірка, і все це необхідно документувати. Перевірка контрольно-вимірювального та випробувального устаткування й методів випробувань розповсюджується на всіх субпідрядників.

Якщо процеси вимірювань не піддаються перевіркам або контрольне, вимірювальне та випробувальне устаткування не відповідає необхідним границям калібрування, передбачається застосування корегуючих дій. При цьому оцінюють їх вплив на закінчену роботу й визначають обсяг необхідних робіт, які пов'язані з повторною переробкою, випробуванням, перекалібрування або їх повним виключенням у випадку необхідності. Важливо також дослідити причину для її передбачення у майбутньому. Вона може містити аналіз методів та періодичність калібрування, підготовку випробувального устаткування та його перевірку на відповідність.

Щоб запобігти суттєвих витрат, які пов'язані з дублюванням робіт або додатковими капіталовкладеннями, для здійснення робіт з вимірювання й калібрування можна запросити сторонні організації за умов дотримання встановлених вимог.

4.2 Застосування статичних методів під час контролю продукції

У процесі керування якістю продукції провідні менеджери розвинених країн враховують не тільки фактори виробничої діяльності, але й фактори, які стосуються діловодства, галузі матеріально-технічного постачання, соціальної галузі.

Основним методом підвищення якості є цикл менеджменту PDCA (див. рис. 3.5),

де **P(Plan)** — складання плану роботи;

D(Do) — виконання плану;

C(Check) — перевірка відхилення отриманого результату від запланованого;

A(Action) — прийняття керівних дій для зменшення відхилення.

Після завершення першого циклу знову переходять до складання нового плану, до якого вносять корекцію з урахуванням попередньої помилки. Цикл повторюється, поки результат не збігатиметься з планом.

Джерела даних під час здійснення контролю якості:

1. Інспекційний контроль, який складається з реєстрації даних вхідного контролю готових виробів, інспекційного контролю, проміжного контролю (процесу).
2. Виробництво та технології, що складається з реєстрації даних контролю процесу: щоденна інформація про здійснені операції, реєстра-

- ція даних контролю устаткування (неполадки, ремонт, технологічне обслуговування), патенти з періодичних видань тощо.
3. Постачання матеріалів та збут продукції: реєстрація руху через склади (вхідне та вихідне навантаження); реєстрація збуту продукції (дані про отримання та виплату грошових сум, контроль терміну постачання) тощо.
4. Керування та діловодство: реєстрації прибутку, поверненої продукції, обслуговування постійних клієнтів; журнал реєстрації продажу; реєстрація обробки рекламаций; матеріали аналізу ринку тощо.
5. Фінансові операції: таблиця складання дебету та кредиту; реєстрація підрахунків втрат; економічні розрахунки.

5 Класифікація статистичних методів

На сьогодні відомі такі категорії статистичних методів, які класифікують за ступенем складності:

1. Елементарні статистичні методи, які містять так звані «7 інструментів» (1962 р.):

1. Діаграма Парето;
2. Причинно-наслідковий аналіз (діаграма Ішикава (石川));
3. Групування даних за загальними ознаками (діаграма спорідненості);
4. Контрольний аркуш;
5. Гістограма;
6. Діаграма розкиду;
7. Контрольна мапа.

До цих методів іноді додають:

8. Точковий графік
9. Табличний результат контролю

Елементарні статистичні методи можуть застосовувати абсолютно всі робітники підприємств — від головних керівників до робітників не тільки у виробничому відділі, але й у відділі планування, маркетингу, матеріально-технічного постачання тощо. Вони прості у застосуванні, але без них неможливо оволодіти більш складними методами. У Японії цими методами користуються навіть випускники шкіл.

Чому є корисними ці методи?

Основна корисна властивість елементарних методів — це забезпечення об'єктивності та розуміння того, як **ми виконуємо роботу (відбувається процес)**. Вони допомагають відокремити думки від логічних висновків, які базуються на даних, тим самим дозволяючи оперувати фактами.

80 % усіх проблем можна вирішити, застосовуючи тільки три з сімох елементарних методів: контрольний аркуш, діаграму Парето, діаграму Ішикави.

95 % усіх проблем можна вирішити за допомогою семи методів.

Як застосовуються ці методи?

Ці методи можуть використовуватися кожним.

Вони містять робочий процес: внески для його початку, діяльність під час виконання, результати.

Треба слідкувати за фактичними змінами в процесі, роблячи записи так, щоб можна було зробити аналіз змін та з'ясувати, як добре йдуть справи, де необхідно щось змінити або поліпшити.

Поступово вивчаються засоби аналізу того, що можуть повідомити дані (прості засоби статистичного аналізу).

Коли застосовуються ці методи? Застосовуються як в індивідуальній роботі, так і в командній для дослідження та поліпшення як власне робочого процесу, так і його результатів. Ці методи особливо необхідні для команд з поліпшення якості через те, що вони надають загальні засоби для кооперування та розробки рішень.

2. Проміжні статистичні методи (7 нових методів статистичного контролю 1977 р.):

1. Теорія вибіркового дослідження;
2. Статистичний вибірково-контроль;
3. Методи здійснення статистичних оцінок та визначення критеріїв;
4. Методи застосування сенсорних перевірок (експертні оцінки);
5. Методи планування та розрахунків експериментів;
6. Кореляційний та регресійний аналіз.

До цих методів також належать:

7. Діаграма спорідненості;
8. Діаграми залежності;
9. Системна діаграма;
10. Матрична діаграма;
11. Стрілкова діаграма;
12. Діаграма планування оцінки процесу;
13. Аналіз матричних діаграм.

Друга група методів Застосування цієї групи методів дозволяє вирішувати до 99 % усіх виробничих проблем. Її використовують не тільки у виробничих галузях, але й у діловодстві, сфері послуг, управління тощо. Вона розрахована на інженерно-технічних робітників та спеціалістів у галузі керування якістю.

Це — розвиток вирішення проблем якості, які відповідають сучасним вимогам науково-технічного прогресу (модифікація концепції)

3. Передові статистичні методи

1. Передові методи планування й розрахунку експериментів;
2. Багатофакторний (дисперсійний) аналіз;
3. Методи дослідження операцій;
4. Методи двоетапного проектування;
5. Аналіз проблем тощо

Методи третьої групи

1. Вирішують 100 % усіх виробничих проблем у сполученні з іншими методами
2. Використовують для складних виробничих процесів
3. Призначені для обмеженого кола фахівців через те, що застосовують дуже складні процеси аналізу формування якості.
4. На цих методах базується створення високого рівня технології та її експорту.

Паралельно із застосуванням цих методів робітники мають розуміти концепцію якості, яка базується на тому, що наступний виробничий процес є споживачем твоєї продукції, вони мусять діяти за схемою «планування — виконання — перевірка — дія» (цикл PDCA Шухарта - Демінга). Робітники всіх структурних підрозділів, котрі використовують статистичні методи мають опікуватися статистичними категоріями, знати про розкид даних й застосовувати їх під час визначення статистичних оцінок, приймати рішення щодо здійснення необхідних засобів та визначати дійсні статичні критерії.

Існує принцип, згідно з яким важливість статистичного методу дорівнює його математичному потенціалові, помноженому на ймовірність його застосування. Отже, коли йдеться про широке застосування статистичних методів, слід розглядати тільки ті, які зрозумілі та можуть легко застосовуватися нефахівцями.

Для вирішення проблем, які пов'язані з якістю продукції, знаходять широке застосування елементарні методи — «7 інструментів», а також проміжні. Відомий японський спеціаліст з якості професор Каору Ішикава (石川) казав: "Базуючись на досвіді своєї діяльності, можу сказати, що 95 % усіх проблем фірми можуть бути вирішені за допомогою цих сімох заходів."

4. Додаткові методи управління якістю:

1. Точковий графік;
2. Табличний результат контролю;
3. Теорія вибірових досліджень;
4. Статистичний вибіровий контроль;
5. Методи здійснення статистичних оцінок;
6. Методи застосування сенсорних перевірок (експертне оцінювання);
7. Методи планування та розрахунків експериментів;
8. Кореляційний та регресійний аналіз;
9. Діаграми залежності;
10. Матрична діаграма;
11. Стрілкова діаграма;
12. Діаграма планування оцінювання процесу (PDPC);
13. Аналіз матричних діаграм;
14. Передові методи планування та розрахунків експериментів;
15. Багатофакторний (дисперсійний) аналіз;
16. Методи дослідження операцій;

17. Методи двоетапного проектування;
18. Аналіз проблем;
19. Розшарування;
20. Графіки;
21. Методи Тагучі — 43 навчальних курси (1969 - 1988 р.);
22. Бенчмаркінг;
23. Мережний графік;
24. Діаграма зв'язків;
25. Матриця пріоритетів;
26. FMEA-аналіз;
27. Будиночок якості;
28. П'ять чому;
29. Методологія 6σ.

6 Застосування статистичних методів під час керування якістю

Різноманітні статистичні методи обробки інформації стандартизовані та рекомендовані для застосування у керуванні якістю.

Міжнародний каталог стандартів (ICS ISO) має розділ 03.120 — якість та підрозділ 03.120.30 — використання статистичних методів. Тобто «використання статистичних методів у забезпеченні якості». Цей підрозділ (03.120.30) налічує більш ніж 70 чинних стандартів та настанов. Зокрема:

- ISO/TR 10017:2003 Настанова щодо статистичних методів для ISO 9001;
- ISO 22514 – 1-8 Статистичні методи в менеджменті процесів;
- ISO 3534 – 1-4 Статистика. Словник та умовні позначення;
- ISO 3951-1-5 Процедури відбору проб для перевірки по змінних;
- ISO 7870-1-9 Контрольні мапи;
- ISO 10576-1-6 Статистичні методи. Настанови з оцінювання відповідності вказаним вимогам;
- ISO 11462-1-2 Настанови з імплементації статистичного контролю процесів (SPC);
- ISO 13053-1-2 Кількісні методи поліпшення процесів. Шість Сігм.

У таблиці 6.1 наведено галузі застосування деяких «інструментів» якості.

Таблиця 6.1 — Засоби та методи поліпшення якості

№	Засоби та методи	Примітки
1	Форма збирання даних	Збирання даних для отримання чіткої картини фактів
Засоби та методи контролю для нечислових даних		
2	Контрольний аркуш	Список питань, які треба обговорити, або кроків, які необхідно здійснити
3	Діаграма спорідненості	Групування великої кількості ідей, думок чи проблем за окремою темою
4	Встановлення конкурентноспроможності	Порівняння процесу з процесами визнаних лідерів з метою ідентифікації сприятливих можливостей поліпшення якості
5	Метод «мозкового штурму»	Ідентифікація всіх можливих рішень проблем та потенційних можливостей поліпшення якості
6	Причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ішикава)	Аналіз діаграми залежності між причиною та наслідком і звіт про це. Сприяє вирішенню проблеми від симптому до причини
7	Мапа технологічного процесу	Опис існуючого технологічного процесу. Проектування нового процесу
8	Діаграма у вигляді дерева (систематична діаграма, дерево рішень)	Показує зв'язок між темою та її складовими елементами
Засоби та методи контролю для числових даних		
9	Контрольна мапа	<u>Встановлення характеру несправностей:</u> надає оцінку стабільності процесу. <u>Керування:</u> визначає, коли процес потребує регулювання і коли його можна залишити таким, яким він є. <u>Підтвердження:</u> підтверджує поліпшення процесу
10	Гістограма	Діаграма зміни даних. Передає візуально інформацію про поведінку процесу. За результатами приймають рішення, де зосередити зусилля з поліпшення
11	Діаграма Парето	Відображає в порядку важливості внесок кожного об'єкту у загальний результат. Класифікує можливості поліпшення якості
12	Діаграма розкиду	Залежність між двома пов'язаними наборами даних. Підтверджує очікувану залежність між цими наборами даних

7 Форма збирання даних

Форма збирання даних використовується для накопичення даних на систематичній основі з метою отримання чіткої картини фактів, послідовного збирання інформації та полегшення процедури аналізу. Вона є шаблоном для збирання та реєстрації даних.

Коли мету збирання даних встановлено, вона стає основою для визначення характеру порівнянь, які треба здійснити, та типу даних, які треба збирати.

Для аналізу зібраних даних використовують різноманітні статистичні методи, які призначено для перетворення даних у джерело інформації. Важливо в процесі збирання даних ретельно їх упорядкувати, щоб полегшити їх подальшу обробку.

По-перше, треба чітко зареєструвати джерело даних. Без такої реєстрації дані можуть стати “мертвими”.

По-друге, дані треба реєструвати так, щоб їх було легко використовувати.

Процедура збирання даних поділяється на такі етапи:

1. Установіть конкретну мету збирання цих даних (питання, які хочуть вирішити);
2. Ідентифікуйте дані, які є необхідними для досягнення мети (вирішення питання);
3. Визначте, як і ким аналізуватимуться дані (через статистичні засоби);
4. Складіть форму для реєстрації даних. Залиште місце для запису такої інформації:
 - хто збирав дані;
 - де, коли і як вони збиралися;
5. Перевірте ще раз форму через збирання та реєстрацію деяких даних;
6. Проаналізуйте та перегляньте форму, якщо це необхідно.

Розглянемо таку форму. Кількість дефектів під час тиражування друкованого документа за кожним видом залежності від тієї чи іншої причини можна зібрати за такою формою (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 — Форма збирання даних

Причини дефектів	Види дефектів			
	Відсутні сторінки	Забруднені копії	Порушення послідовності сторінок	Всього
Заїдання апарату				
Вологість				
Відтінок				
Стан оригіналу				
Якість паперу				
Інші (точно вказати)				
Усього				
Хто збирав дані:				
Дата:				
Де:				
Як:				

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть методи, що належать до елементарних статистичних методів. У чому користь цих методів?
2. Як та коли застосовуються елементарні статистичні методи?
3. Назвіть методи, що належать до проміжних статистичних методів. Чим вони відрізняються від елементарних?
4. Назвіть методи, що належать до передових статистичних методів. Як їх використовують та для чого вони призначені?
5. Назвіть додаткові методи управління якістю.
6. Наведіть галузі застосування засобів і методів контролю для нечислових даних.
7. Наведіть галузі застосування засобів і методів контролю для числових даних.
8. Для чого використовується форма збирання даних?
9. Назвіть етапи збирання даних.

8 Засоби та методи контролю для нечислових даних

Деякі рішення про поліпшення якості можуть будуватися на нечислових даних. Такі дані відіграють важливу роль у маркетингу, дослідженнях та розробках, а також у рішеннях, які приймає керівництво. Для правильної обробки даних цього типу рекомендовано використовувати відповідні засоби, щоб перетворити їх у корисну інформацію для прийняття рішень.

8.1 Встановлення конкурентноздатності

Встановлення конкурентноздатності застосовують для порівняння процесу з процесами визнаних лідерів з метою ідентифікації сприятливих можливостей поліпшення якості. Воно надає можливість порівняти процеси та технічні характеристики виробів та послуг з процесами та характеристиками виробів та послуг визнаних лідерів. Це дозволяє ідентифікувати цілі й встановити пріоритети підготовки планів, які призведуть до підвищення конкурентноздатності на ринку.

Поетапна процедура використання цього методу полягає в наступному:

1. Визначіть пункти, за якими треба встановлювати конкурентноздатність:
 - ці пункти мають містити основні характеристики процесів та їх результати;
 - результати процесу, який порівнюється, мусять бути безпосередньо пов'язані з вимогами споживача.
2. Визначіть коло конкурентів:
 - організації можуть бути безпосередніми конкурентами та (або) неконкурентами. Ці організації є визнаними лідерами у питанні, яке вас цікавить.
3. Зберіть дані:
 - дані на характеристики процесу й потреби споживача можуть бути зібрані через прямий контакт, спостереження, опитування, особисті чи професійні контакти, а також через технічні журнали, комп'ютерні мережі.

4. Проаналізуйте дані:

- аналіз спрямуйте на вироблення найвищих практичних цілей з усіх відповідних пунктів.

5. Встановіть конкурентноздатність

- ідентифікуйте сприятливі можливості поліпшення якості, які базуються на потребах споживача та характеристиках продукції і послуг як конкурента, так і неконкурента.

8.2 Мапа технологічного процесу

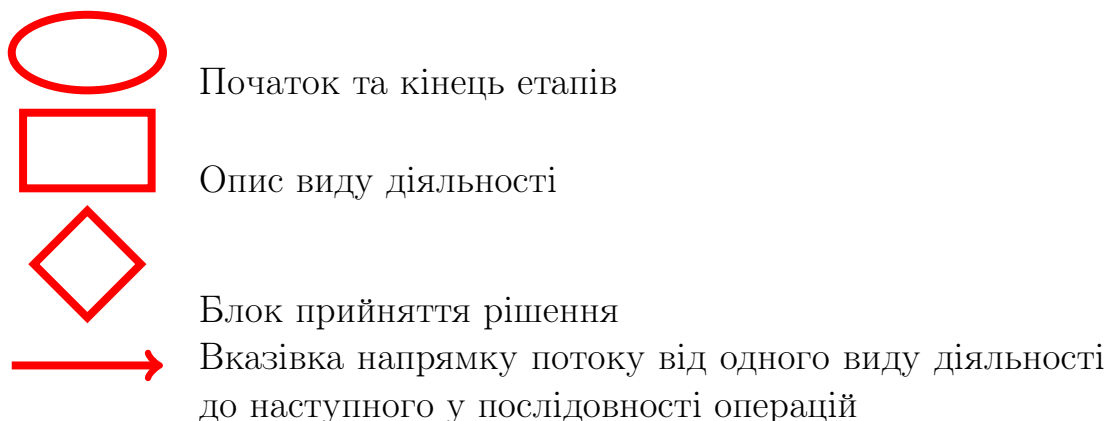
Мапа технологічного процесу є наочним відображенням етапів процесу та може бути корисною під час вивчення сприятливих можливостей поліпшення якості через те, що дозволяє глибше зрозуміти, як фактично відбувається процес. Вивчаючи, як різні етапи процесу пов'язані один з одним, часто можна виявити потенційні джерела порушень.

Мапи технологічного процесу можна застосовувати до усіх аспектів будь-якого процесу від постачання матеріалів до етапів збуту або технічного обслуговування продукту.

Галузь застосування:

- для опису наявного технологічного процесу;
- для проектування нового процесу.

Щоб побудувати мапу технологічного процесу, необхідно встановити систему символів, які легко розпізнати. Нижче наведено символи, що широко застосовують (аналогічні символи застосовуються й у ЄСПД ГОСТ 19):



Етапи побудови мапи для **наявного технологічного процесу** полягають у наступному:

1. Ідентифікуйте початок та кінець процесу.
2. Дослідіть весь процес від початку до кінця.
3. Визначіть етапи процесу (діяльність, прийняття рішень, вхід, вихід).
4. Побудуйте проект мапи технологічного процесу, щоб уявити процес.
5. Проаналізуйте цей проект мапи з людьми, котрі мають відношення до процесу.
6. Внесіть поліпшення до мапи технологічного процесу на базі цього аналізу.
7. Перевірте мапу технологічного процесу, порівнявши з фактичним процесом.
8. Датуйте мапу для посилань та використання у майбутньому (вона слугуватиме як зареєстрований запис фактичного плину процесу й може використовуватися для ідентифікації сприятливих можливостей поліпшення).

Етапи побудови мапи при **проектуванні нового процесу** багато чому збігаються з попередніми рекомендаціями й полягає у наступному:

1. Ідентифікуйте початок та кінець процесу
2. Чітко уявіть собі етапи процесу, які треба розробити (діяльність, прийняття рішень, вхід, вихід)
3. Визначіть етапи вище перелічених процесів
4. Створіть проект мапи технологічного процесу, щоб уявити процес
5. Проаналізуйте цей проект мапи з людьми, які мають відношення до процесу
6. Внесіть поліпшення до мапи технологічного процесу на базі даного аналізу

7. Датуйте мапу для посилань та використання у майбутньому (вона слугуватиме як зареєстрований запис фактичного плину процесу й може використовуватися для ідентифікації сприятливих можливостей поліпшення проекту)

Як приклади розглянемо мапи технологічних процесів копіювання документа (рис. 8.1) та походу до кіна (рис. 8.2)

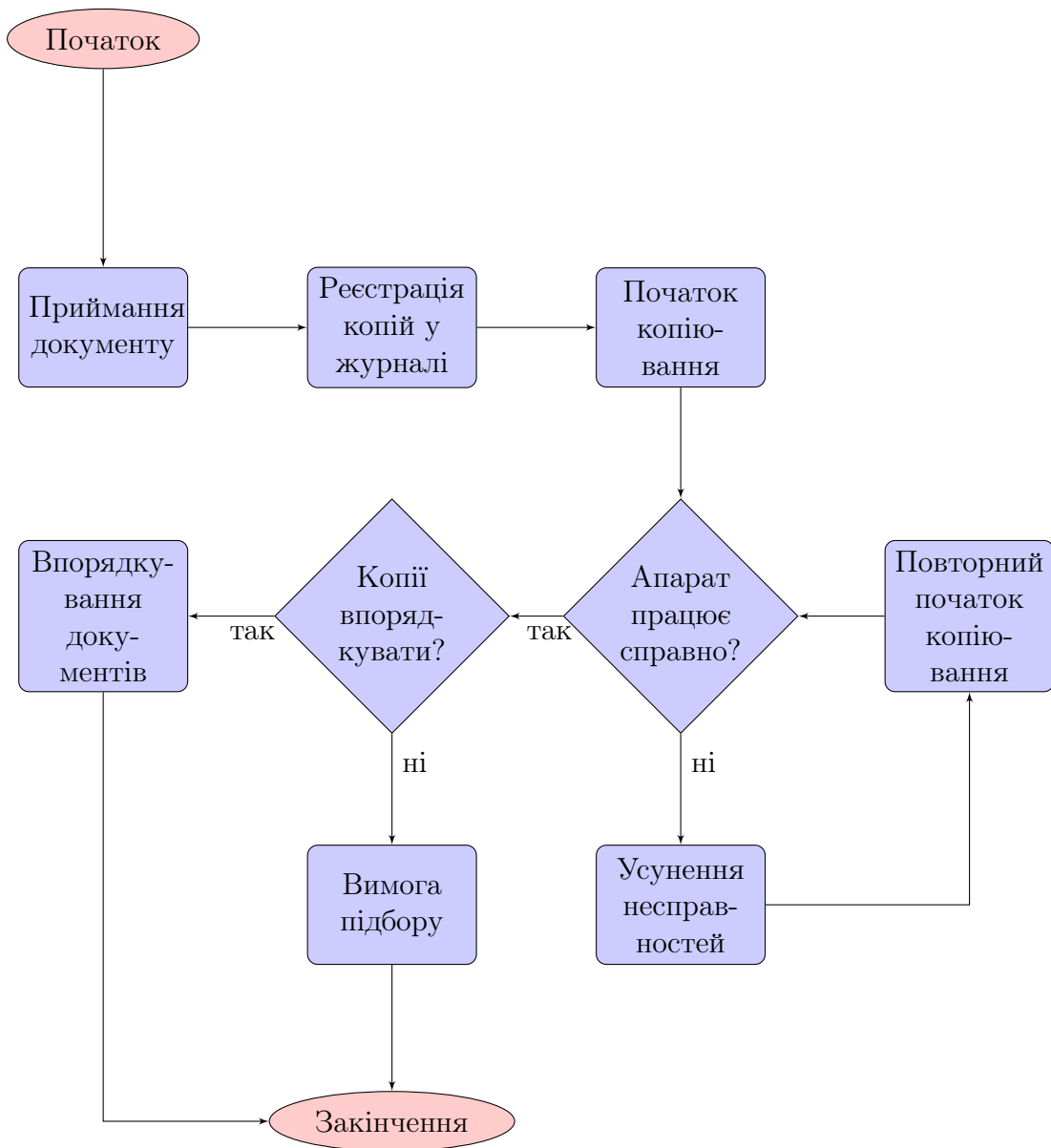


Рисунок 8.1 — Технологічна мапа процесу копіювання

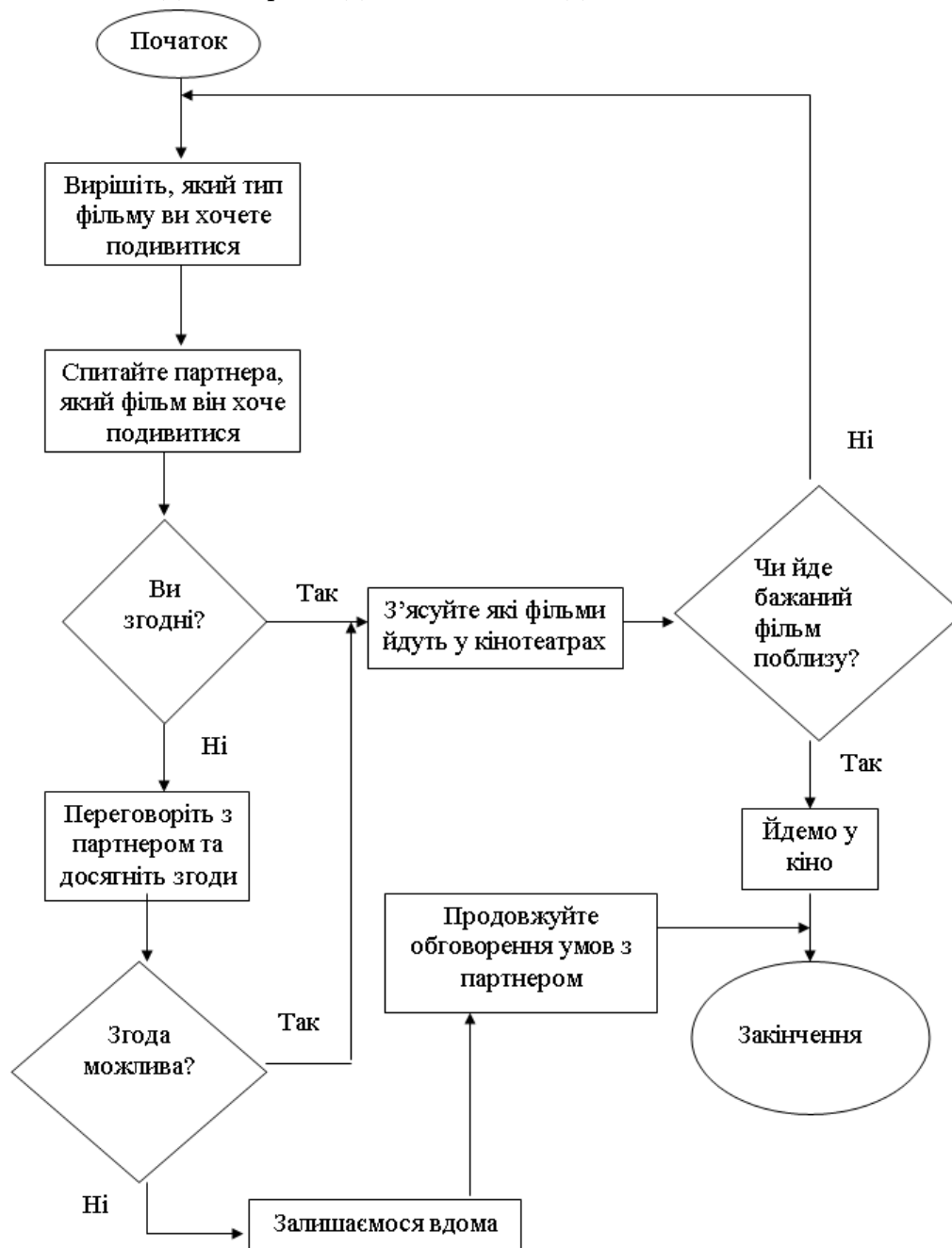


Рисунок 8.2 — Технологічна мапа процесу походу до кіна

8.3 Метод «мозкового штурму» (атаки, облоги)

Метод «мозкового штурму» було запропановано А.Ф. Осборном у США у 1953 році.

«Мозковий штурм» — метод приведення в дію творчого мислення групи для генерування та прояснення переліку ідей, проблем чи питань.

Цей метод використовується для ідентифікації можливих вирішень проблем та потенційних можливостей поліпшення якості.

Процедура використання методу містить два етапи:

1. **Етап генерування.** Організатор реалізує керівні вказівки з «мозкового штурму» й призначає засідання. Потім члени групи складають перелік ідей. Основне завдання — генерувати як можна більше ідей.
2. **Етап прояснення.** Група аналізує перелік ідей, щоб впевнитися, що кожен розуміє всі ідеї, а оцінка ідеям надаватиметься після завершення засідання із застосуванням цього методу.

Як здійснюється «мозковий штурм»?

- організатора визначено;
- лідер створює групу людей (порядку 5 - 9 осіб), котрі знайомі з тією галуззю, де виникла проблема;
- призначення засідання із застосуванням методу «мозкового штурму» чітко встановлено;
- лідер знайомить з об'єктом для «мозкового штурму», уточнює його;
- вибирається протоколіст, щоб записувати ідеї;
- кожний член групи виступає по черзі протягом 5 - 15 хвилин, пропонуючи одну ідею;
- по можливості, учасники враховують ідеї інших членів групи;
- на цьому етапі ідеї не обговорюються;
- ідеї реєструються та, щоб усі учасники могли бачити запис;
- цей процес продовжується до тих пір, поки ідеї генеруються;
- усі ідеї аналізуються з метою їх прояснення;
- команда переглядає список ідей, щоб впевнитися, що кожен член команди розуміє всі пункти, які занесено у список, а також запобігти повторенню;
- команда знову переглядає список ідей, щоб викреслити всі пропозиції, які є недоречними або не можуть бути реалізовані.

Коли застосовується «мозковий штурм»?

Мозковий штурм застосовується як засіб для збирання інформації, коли необхідно:

- зібрати разом усі можливості для поліпшення або проблемних ділянок;
- визначити можливі причини під час складання діаграми Ішикава (5И);
- запропонувати можливі контрзаходи;
- визначити завади та допоміжні засоби і методи.

Чим корисний «мозковий штурм»?

Мозковий штурм допомагає об'єднати команду, документально оформити те, що ми як команда знаємо. Він стимулює творчу активність команди, дозволяє кожному бути включеним у діяльність.

«Мозкова атака» триває 1 - 1,5 години.

«Мозковий штурм», на відміну від «мозкової атаки», триває 3 - 4 години (половина робочого дня).

«Мозкова облога» — від одного до кількох робочих днів.

8.4 Діаграма спорідненості

Діаграма спорідненості — це інструмент, який дозволяє виявити основні порушення процесу або можливості його поліпшення через об'єднання споріднених усних даних, що зібрано в результаті «мозкового штурму».

Діаграму спорідненості застосовують для групування великої кількості ідей, думок чи питань з окремої теми.

Коли набирається велика кількість ідей, думок та інших питань з окремої теми, цей засіб дозволяє групувати інформацію за категоріями на базі природних взаємозв'язків, які існують між ними. Процес призначено для стимулювання творчості й участі всього персоналу й діє найкраще у невеликих за розміром групах (рекомендується максимум вісім), учасники яких звикли працювати разом. Цей засіб часто використовують для систематизації ідей, які отримано за допомогою методу «мозкового штурму».

Поетапна процедура використання цього методу полягає у наступному:

Таблиця 8.1 — Згруповані дані (Етап 5)

Згруповані дані	Принцип групування
Повідомлення зі змінним форматом; Штамп з позначкою дати та часу; Не підраховує «зависання»; Показує кількість повідомлень	Вхідні повідомлення
Код доступу до секретної інформації; Гніздо навушників	Збереження тайни (інформації)
Чіткі інструкції; Картка швидких довідок	Інструкції
Чітко марковані засоби керування; Легкий у використанні; Може працювати від дистанційного телефону	Засоби керування
Легко стирається Стерти «відібрані» повідомлення	Стирання

1. Позначте тему, яка має бути вивчена, у загальних рисах (подробиці можуть пошкодити відповіді);
2. Запишіть щонайбільше ідей, думок чи питань на окремих картках (по одному на кожній картці);
3. Перемішайте картки й розкладіть їх у довільний спосіб на великому столі;
4. Згрупуйте споріднені картки разом так:
 - розсортуйте картки, які здаються спорідненими, за групами;
 - обмежте кількість груп до десяти, не вставляючи примусово поодинокі картки в групи;
 - знайдіть або створіть основну картку, яка охоплює ідею кожної групи;
 - покладіть цю основну картку вгорі.
5. Перенесіть інформацію з карток у таблицю, яку розкреслено за групами.

Коли відбувається групування, то картки можна позначати кольором, особливо якщо це робиться на комп'ютері.

Нижче наведено приклад групування карток з характеристиками телефонного автовідповідача (етапи 3 (рис. 8.3) та 5 (табл. 8.1)):

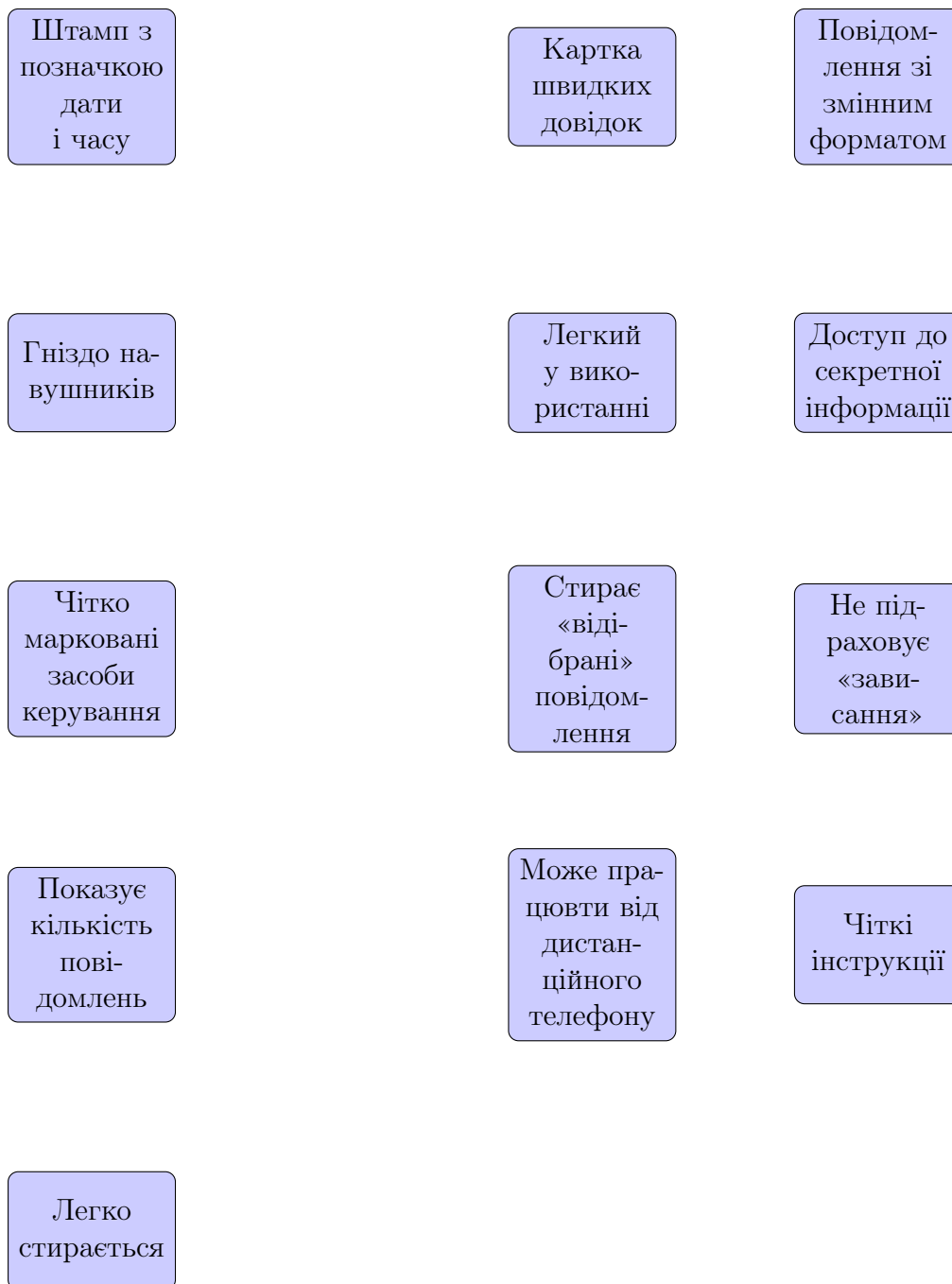


Рисунок 8.3 — Етап 3

8.5 Діаграма у вигляді дерева (систематична діаграма, дерево рішень)

Діаграма у вигляді дерева може бути використана для розвинення теми на її складові елементи. Ідеї, що згенеровано під час «мозкового штурму» й зображені чи згруповані за допомогою діаграми спорідненості, перетворюються на діаграму у вигляді дерева з метою візуалізації

логічних зв'язків та їх послідовності. Цю спорідненість можна використовувати під час планування й вирішення проблем, які виникають з якістю продукції тощо.

Поетапна процедура використання цього методу полягає у наступному:

1. Чітко сформулюйте тему, яку бажано вивчити.
2. Визначіть основні категорії теми, застосовуючи метод «мозкового штурму» або використовуючи картки з діаграми спорідненості.
3. Побудуйте діаграму, розташувавши тему у прямокутнику ліворуч, поступово розгалужуючи основні категорії по горизонталі праворуч.
4. Для кожної основної категорії визначіть складові елементи та будь-які піделементи.
5. Складові елементи та піделементи для кожної основної категорії розгалужуйте по горизонталі праворуч.
6. Проаналізуйте діаграму, щоб впевнитись у тому, що немає пропусків у послідовних чи логічних зв'язках.

Як приклад на рис. 8.4 наведено діаграму, яка демонструє характеристики телефонного автовідповідача.

8.6 Причинно–наслідкова діаграма (діаграма Ішикава(魚川))

Причинно–наслідкова діаграма є засобом, який використовується для розуміння й відображення залежності між даними і наслідком (змінюваність характеристик якості) та його потенційними причинами. Багато потенційних причин зводяться до головних категорій та підкатегорій так, що виявляється збіг зі скелетом риби. Звідси цей засіб відомий також як діаграма «риб'ячий скелет».

Причинно–наслідкова діаграма (діаграма 魚川), що графічно впорядковує зв'язок причин та результатів, які з них впливають, зараз знаходять широке застосування. Її автор професор Токійського університету Каору Ішикава (魚川) розглядаючи проблеми якості, почав узагальнювати дослідження у формі діаграми причин та результатів. Діаграму Ішикава (魚川) включено у промисловий стандарт JIS Q 9024:2003 на термінологію в області контролю якості.

Вона використовується для:

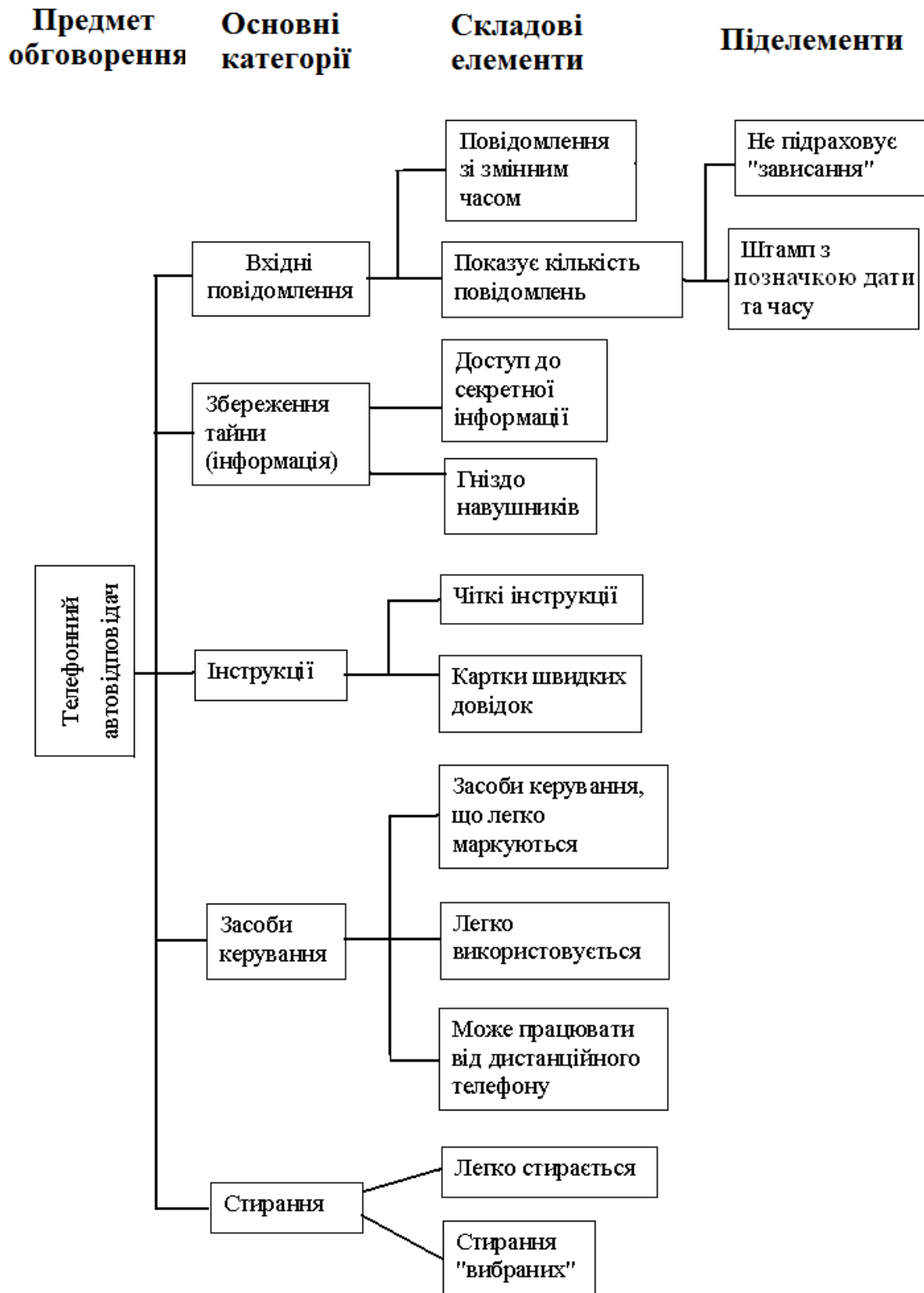


Рисунок 8.4 — Систематична діаграма

- аналізу залежності між причиною та наслідком;
- надання залежності між причиною та наслідком;
- полегшення вирішення проблеми від симптому до причини.

Побудова діаграми Ішикава (石川) здійснюється через розвинення головних факторів (факторів, які визначають кінцевий результат показника, який аналізують) на більш прості. Під час побудови діаграми необхідно забезпечити правильність підпорядкування та взаємозв'язку факторів.

Процедура побудови поділяється на етапи:

Етап 1. Визначається показник якості, який треба аналізувати. У першу чергу це показник з переліку головних факторів за діаграмою Парето. Найменування показника записується всередині аркуша праворуч і підкреслюється горизонтальною прямою, яка сприймається як даний показник. Пряма називається «хребет».

Етап 2. Визначаються головні фактори — фактори першого порядку — і записуються значно вище й нижче «хребта» та поєднуються нахиленими лініями у бік найменування показника якості. Кожна з цих ліній називається «великою кісткою».

Етап 3. За кожним головним фактором визначаються головні складові, які на нього впливають, — фактори другого порядку — «середні кістки».

Етап 4. За кожним фактором другого порядку визначаються причини, які на нього діють — фактори третього порядку, котрі розташовуються у вигляді прямих — «дрібні кістки», що примикає до відповідної «середньої кістки».

Етап 5. Записують інформацію у визначеному порядку.

Етап 6. Розподіляють (ранжують) фактори за значущістю й виділяють особливо важливі з них, які мають найбільший вплив на фактор, котрий безпосередньо їм стосується. Ранжування факторів за значущістю можна здійснювати за допомогою діаграми Парето.

Фактори, які розглядатимуть, мають містити:

- системи даних та інформації;

- навколишні умови;
- устаткування;
- матеріали;
- засоби вимірювання;
- методи;
- людей.

На рис. 8.5 наведено причинно-наслідкову діаграму в узагальненому вигляді.

Фактори будь-якого порядку, які мають найбільший вплив на діаграмі Ішикава (骨), спеціально позначають, що надає можливість оперативно відслідковувати причини, котрі негативно впливають на об'єкт аналізу, й виробити заходи з їх усунення.

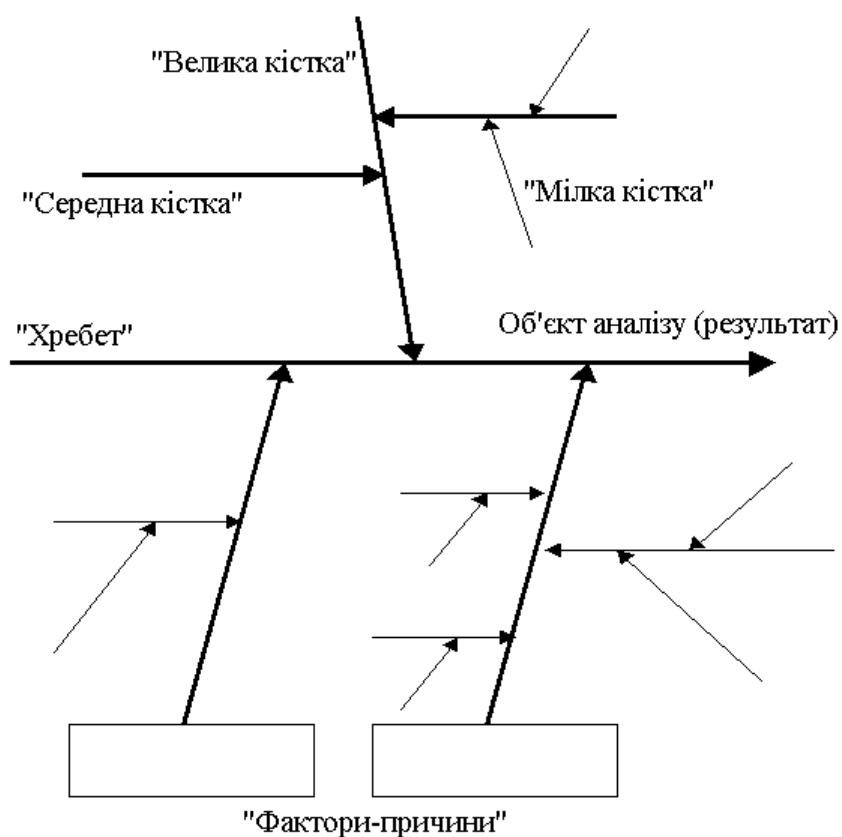


Рисунок 8.5 — Причинно-наслідкова діаграма Ішикава

На рис. 8.6 наведено причинно-наслідкову діаграму для телефонного автовідповідача.

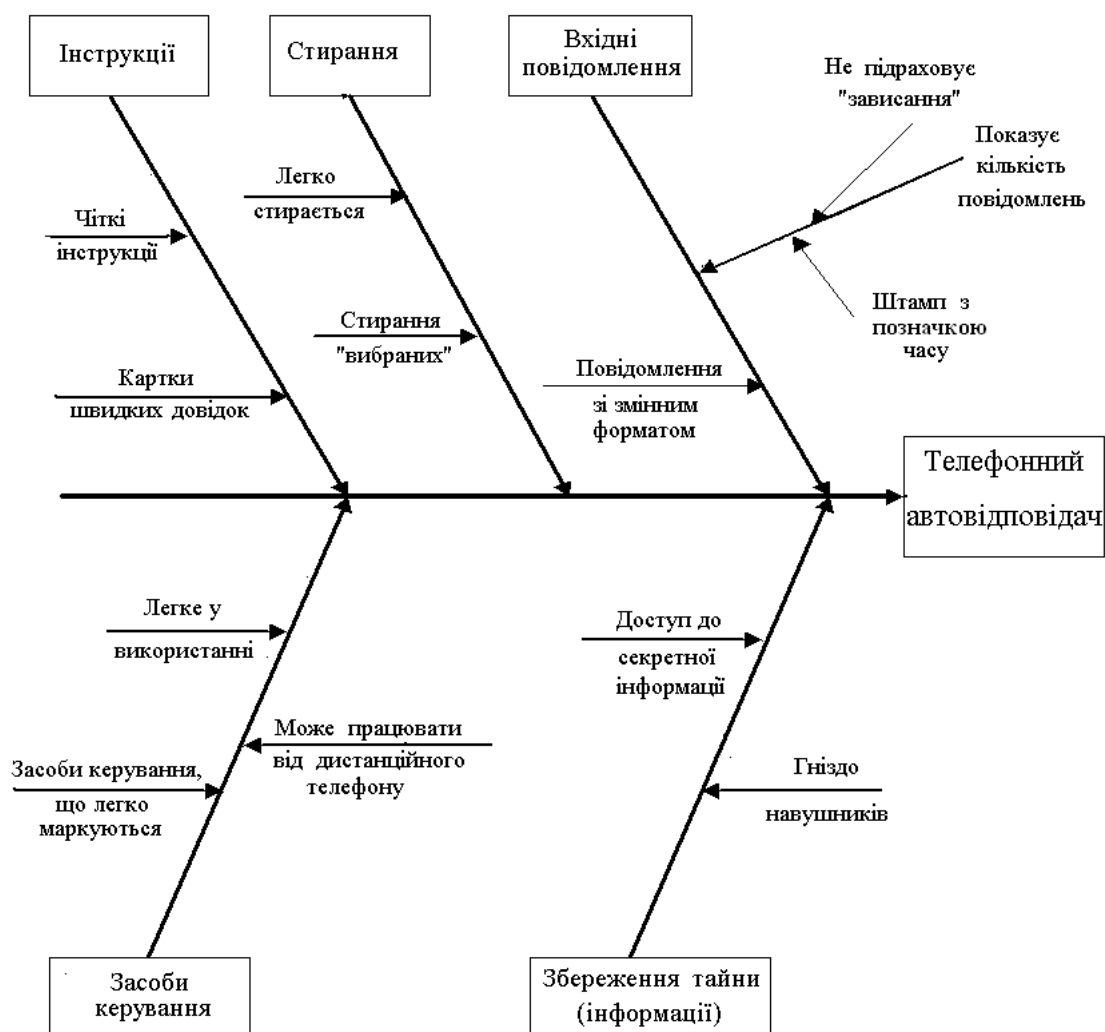


Рисунок 8.6 — Причинно-наслідкова діаграма Ішикава для телефонного автовідповідача

8.7 Контрольний аркуш

Контрольний аркуш — це просто список питань, які треба обговорити, або кроків, які необхідно здійснити. Під час збирання даних — це сховище інформації, яку збирають так, щоб можна було проконтролювати прогрес у збиранні даних, так, щоб бути певним, що ми маємо всі дані.

Контрольний аркуш є нескладним організаційним засобом просування вперед. Він забезпечує закінченість і, використовуючи його, легше збирати дані.

Під час складання контрольного аркуша необхідно мати на увазі ту інформацію, яка потрібна, і порядок, в якому її треба збирати. «Мозковий штурм» допоможе створити досить повний контрольний аркуш.

Планування контрольного аркуша на стадії аналізу виключить необхідність у майбутньому додавати якісь пункти.

Контрольний аркуш використовується, коли необхідно впевнитись, що всі операції виконуються організовано. Його також можна використовувати, щоб пересвідчитись у відповідності з низкою стандартів.

Приклад Перевірка бензину в літаку

	Контрольний аркуш	Відмітка про виконання
1	Перевірте, щоб колектор був чистим	
2	Вставте колектор для забору бензину в лівий бензобак	
3	Злийте бензин/воду, інші речовини з бензобаку	
4	Після цього перевірте колір бензину (со- тий октановий авіаційний бензин мусить бу- ти світло-блакитного кольору без присутно- сті води або інших речовин; обов'язково добре джерело світла, наприклад, сонячне світло)	
5	Повторіть етапи 2 — 4 для правого бензобаку	
6	Відкрийте капот двигуна й потім відкрийте клапан для стоку бензину	
7	Злийте бензин на борт протягом 3–5 сек	
8	У злитому бензині перевірте наявність води (обов'язково добре джерело світла)	
9	Якщо вода є, тоді злийте бензин з карбюра- тора, поки не з'явиться вода	
10	Перевірте рівень бензину, вилучаючи кришку з правого бензобака (обов'язково добре дже- рело світла). Не використовуйте сірників та запальничок	
11	Перевірте рівень бензину, вилучаючи кришку з лівого бензобака (обов'язково добре джере- ло світла). Не використовуйте сірників та за- пальничок.	

Запитання для самоперевірки

1. Для чого застосовується метод встановлення конкурентоздатності?

2. Які етапи використання методу встановлення конкурентоздатності?
3. Для чого використовується мапа технологічного процесу?
4. Які етапи побудови мапи для наявного технологічного процесу?
5. Які етапи побудови мапи під час проектування нового технологічного процесу?
6. Для чого використовується метод «мозкового штурму»? У чому його користь?
7. Коли застосовується «мозковий штурм»?
8. Який порядок здійснення «мозкового штурму»?
9. Що таке діаграма спорідненості? Для чого вона використовується?
10. Які етапи використання діаграми спорідненості?
11. Для чого використовується діаграма у вигляді дерева?
12. Які етапи використання діаграми у вигляді дерева?
13. Для чого використовується причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ішикава)?
14. Які етапи побудови діаграми Ішикава?
15. Що собою таке та для чого використовується контрольний аркуш?

9 Статистичний ряд та його характеристики

Вибірка — частина даних, що отримано з генеральної сукупності, щодо якої, базуючись на даних вибірки, роблять відповідні висновки. Якщо вибірка досить добре репрезентує відповідні характеристики генеральної сукупності, то таку вибірку називають *репрезентативною*.

Дані, отримані на основі вибірки, є первинним статистичним матеріалом, який підлягає обробці, осмисленню та науковому аналізу.

Для керування процесом прагнуть на базі зібраних даних виявити факти, а потім, спираючись на ці факти, здійснити необхідні дії. Збирання даних не є метою, а засобом пошуку тих фактів, які стоять за даними.

Збирання та реєстрація даних на перший погляд здаються легкою справою, а в дійсності це досить складно.

Упорядковане зображення даних називають **ранжуванням**. Для отримання **статистичного ряду** необхідно не тільки ранжувати статистичний матеріал, але й здійснити його додаткову обробку, об'єднавши одні й ті ж значення в групи. Слід зауважити, що вибіркові дані є випадковими, тому що величина, яку досліджують, є **випадковою**.

Кількість випадків у групі для кожного значення, які повторюються, називають **абсолютною частотою**, або **статистичною вагою** цього значення випадкової величини.

Варіаційним рядом називають вибірку, елементи якої перенумеровано у порядку зростання.

Кожна статистична вибірка має характеристики, що суттєво відображають властивості випадкової величини, яку досліджують. Основні характеристики:

Середнє значення вибірки, або вибірковий аналог математичного сподівання

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

де n — кількість елементів у вибірці;
 x_i — значення i -го елемента у вибірці.

Дисперсією вибірки, або вибірковим аналогом дисперсії, називається величина

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

Середньоквадратичне відхилення (СКВ). Цю характеристику називають також стандартним відхиленням.

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

Крім цих величин під час аналізу та контролю процесів стикаються з іншими характеристиками: **медіаною** та **модою**.

Медіана — це значення параметра, яке поділяє варіаційний ряд на дві рівні за обсягом групи. Значення медіани буде

$$Me = x_{i+1},$$

де $n = 2i + 1$

або

$$Me = \frac{x_i + x_{i+1}}{2},$$

де $n = 2i$.

Модою випадкової величини називається її значення, яке найчастіше зустрічається у цьому ряді.

У математичній статистиці для відображення розкиду застосовують низку характеристик. Найпростішою з них є **розмах** R . Розмах дуже зручно застосовувати у контрольних мапах. **Розмах** визначається як різниця між найбільшим та найменшим значеннями випадкової величини:

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

Відношення стандартного відхилення до середнього арифметичного, яке виражено у відсотках, називають **коефіцієнтом варіації** V

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Коефіцієнт варіації показує відносно коливання окремих значень біля середнього арифметичного. Коефіцієнт варіації є безрозмірною величиною і є зручним для порівняння розкиду випадкової величини з її середнім значенням.

Дуже важливим етапом, який передуює прийняттю рішення під час керування процесом, є визначення **закону розподілу випадкової величини**, що досліджують, за вибірковими даними.

Для виявлення лінійної функціональної залежності між вибірками використовують вибіркові **кореляцію** та **коваріацію**.

Коефіцієнтом кореляції двовимірної вибірки $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ або **вибірковим коефіцієнтом кореляції** називають величину

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}.$$

Якщо $r = 0$, то зв'язок між вибірками є **стохастичним** (чисто випадковим або функціонального зв'язку немає), якщо $r = 1$, то маємо лінійний зв'язок.

Аналогічно визначається **вибіркова коваріація**, вона дорівнює

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Задачі

1. Побудуйте варіаційний ряд з таких даних: 10,9; 10,1; 9,8; 11,3; 10,7; 10,0; 11,1; 10,4; 10,6.
2. Для таких даних розрахуйте середнє значення, дисперсію, середньоквадратичне відхилення, медіану, розмах та коефіцієнт варіації: 10,9; 10,1; 9,8; 11,3; 10,7; 10,0; 11,1; 10,4; 10,6.
3. Для двох груп даних розрахуйте вибірковий коефіцієнт кореляції та вибіркову коваріацію:

група 1: 10,9; 10,1; 9,8; 11,3; 10,7; 10,0; 11,1; 10,4; 10,6

група 2: 10,8; 10,2; 11,1; 9,7; 10,6; 9,9; 11,0; 10,9; 10,5

10 Засоби та методи контролю для числових даних

Прийняття рішень про поліпшення якості має базуватися, де це можливо, на числових даних. Рішення, які стосуються розходжень, тенденцій та змін числових даних, мають базуватися на правильній статистичній інтерпретації.

10.1 Контрольна мапа

Зараз широке застосування отримали методи керування якістю з використанням контрольних мап.

Методом, який би дозволив визначити моменти прояву причин і сприяв би встановленню цих причин, стали запропоновані В. Шугартом **контрольні мапи**. Методологія контрольних мап, яка розвивається з 30-х років ХХ століття, стала основним засобом статистичного управління процесами. Завдяки можливості високого ступеня формалізації контрольні мапи стали популярним засобом управління якістю в усьому світі.

Контрольні мапи слугують для наочного відбиття протікання процесу й вчасного розпізнання невіпадкових відхилень або порушень процесу. Контрольні мапи дозволяють запобігти подальшому з'явленню продукції, яка не відповідає заданим показникам якості.

Контрольна мапа не вказує, яка причина порушень, визначення причини — завдання майстра. Правильне застосування контрольних мап підвищує ефективність та продуктивність праці.

Відповідно до ISO 7870–1:2014 **контрольна мапа** — мапа для графічного відображення зміни рівня настроювання та точності процесу, до якої заносять значення статистичних характеристик чергових вибірок або спроб, і фіксують технологічні параметри або режими. Найчастіше контрольна мапа будується на бланку з сіткою з тонких вертикальних та горизонтальних ліній. По вертикалі позначають значення величини показника якості, а по горизонталі — дату, зміну, порядкові номери вибірок або спроб та час.

Контрольна мапа є графічним засобом оцінювання певної ознаки якості, виміряні значення якої наносять на графік відповідно до порядку отримання у часі. Графік контрольної мапи складається з вертикальної осі, на яку наносять мірило (масштаб) ознаки якості, що досліджують, та горизонтальної осі, яка характеризує послідовність отриманих даних.

На графіку знаходиться центральна лінія, яка відповідає середньому значенню ознаки якості та двох ліній, які мають назви меж регулювання: верхньої (UCL — Upper Control Limit) та нижньої (LCL — Lower Control Limit) (рис. 10.1).

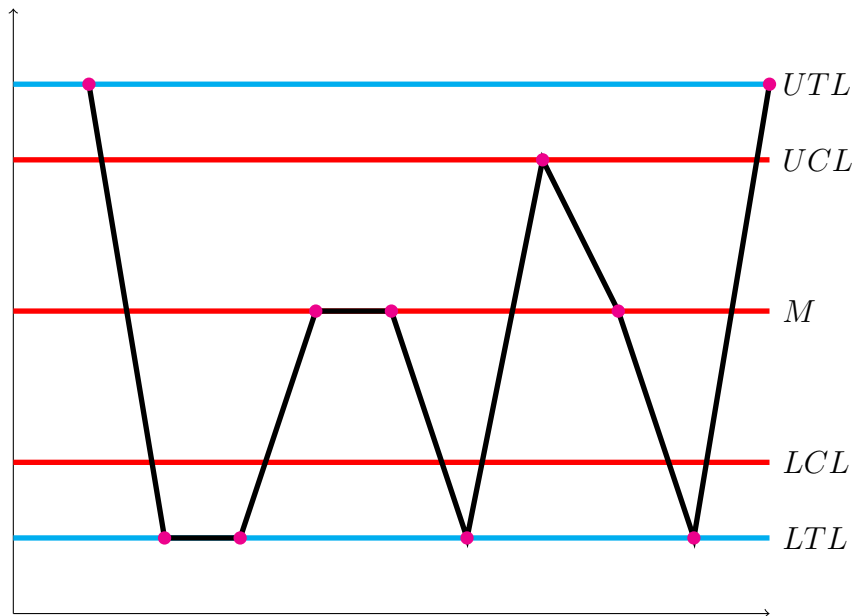


Рисунок 10.1 — Зразок контрольної мапи

Кожне значення показчика якості, яке позначається на контрольній мапі хрестиком або кольоровим кружком, оцінюється, чи знаходиться воно в обмеженій області біля середньої лінії, і порівнюється з попередньо позначеними значеннями.

Кількісні ознаки складаються з вимірювання таких показників, як вага, довжина, розмір, температура, час, фізичні величини тощо. Вони містять більше інформації, ніж якісні дані, і тому мапи, які використовують кількісні ознаки, є більш інформативними, ніж ті, які використовують якісні.

Лінія, яка з'єднує точки середніх арифметичних значень вибірок, відбиває динаміку зміни рівня настроювання процесу, а лінія, яка з'єднує точки розмахів вибірок, відбиває в динаміці зміни точності процесу (див. рис. 10.1).

Межі регулювання обираються так, що поки на процес впливають лише випадкові причини варіації, майже всі значення вибірових статистичних показників ознаки якості, які наносять на мапу, знаходяться між ними. Поки точки вибірових спостережень розташовані в

межах регулювання, вважається, що процес знаходиться у стані статистичного управління або є стабільним.

У тому випадку, якщо точка, яка відповідає певному вибірковому спостереженню, знаходиться поза межами регулювання, існує підстава вважати, що процес вийшов зі стану стабільності. У цьому випадку необхідно вжити коригувальних дій і здійснити поглиблений аналіз ситуації з метою визначення причин та їх подальшого усунення.

Відстань від меж регулювання до центральної лінії контрольної мапи було запропоновано В. Шугартом вимірювати у середньоквадратичних відхиленнях вибіркової статистики.

Виділяють три етапи застосування контрольних мап:

А: Створення мапи На цьому етапі збираються дані і разом з відповідною статистикою на графік наносять межі регулювання. Дані, які збирають, можуть бути історичними і такими, що зібрано попередньо для інших цілей, або збиратися спеціально з метою створення контрольної мапи. Основною характеристикою цього етапу є те, що межі регулювання обчислюються після того, як дані було зібрано. У більшості випадків набір даних не надає можливості зробити позитивний висновок про стан статистичної стабільності, й обчислені межі регулювання можна охарактеризувати як «випробувальні межі регулювання». Якщо на мапі є сигнал про вихід процесу зі стану стабільності й дані є відносно застарілими, то може бути доволі складно дослідити виникнення надзвичайних причин. Якщо є такі сигнали, то розглядається можливість переобчислення меж шляхом вилучення з 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. У будь-якому разі, коли цей етап завершується, слід мати межі регулювання, з якими вже можна здійснювати ведення контрольної мапи в реальному масштабі часу.

В: Вдосконалення процесу На мапу, використовуючи межі регулювання, які оцінено на етапі А, наноситься інформація з її надходженням. Здійснюється пошук сигналів і, якщо вони трапляються, визначаються причини, які призвели до їхньої появи. У разі вдалого визначення джерела цих причин, його необхідно усунути, щоб певною мірою вдосконалити процес. Коли обсяг даних, враховуючи дані етапу А, стає великим, перевищує 100 спостережень, то межі

регулювання переобчислюють. Те ж саме здійснюється й 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.

С: Моніторинг процесу Навіть якщо здійснена на етапі В 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 мапи продовжується, щоб визначити нові надзвичайні причини. При цьому можна змінити або частоту збирання даних, або навіть тип контрольної мапи.

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 мапа подає сигнали про можливі зміни в процесі. У ситуації, коли існують сигнали контрольної мапи, персонал може вживати певні дії з регулювання процесу. Така дія регулювання може бути у формі:

- a) обстеження джерел походження причини;
- b) налагодження процесу на бажаному рівні;
- c) зупинки процесу для здійснення поглибленого аналізу.

Під час побудови контрольних мап треба дотримуватися таких рекомендацій:

- бажано, щоб контрольна мапа була довгою та вузькою (довжина мусить бути у кілька разів більшою за ширину);
- мапа повинна мати примітки, які пояснюють заходи, що застосовувалися у різний час.

Під час спостереження за стабільним технологічним процесом протягом якогось проміжку часу за допомогою контрольних мап можна

визначити статистичні розподіли показників якості, притаманні цьому процесові. Якщо немає впливу особливих похибок, то зі зростанням кількості виміряних значень цей розподіл все більше наблизатиметься до нормального закону.

Після попередньої оцінки процесу ($n = 100 \div 150$) визначають σ й обчислюють межі регулювання та наносять їх на мапу. Межі регулювання визначаються за умови нормального проходження процесу.

Межі регулювання будуються залежно від характеристик виробничого процесу, ймовірності похибки α ($\alpha = 1 - \gamma$) та обсягу вибірки n .

Допоки значення показника, який досліджують, знаходяться всередині меж — процес відбувається нормально; якщо ж значення показників якості вийшло за межі, то можливі два випадки:

1. Значення, яке випадає, — воно хоч і має відношення до генеральної сукупності, але може випасти, базуючись на вибраній статистичній надійності; У цьому випадку в технологічний процес втручатися не слід;
2. Значення вийшло за межі регулювання, тобто щось змінилося в режимі або в обслуговуванні. Отже воно має відношення до іншої генеральної сукупності й вихід за межі регулювання не є випадковим. У цьому випадку необхідно дослідити причину порушень процесу й усунути її.

Щоб відрізнити два випадки, здійснюють аналіз стану технологічного процесу на попередньому відрізку часу, тобто визначають систематичний чи випадковий характер відносин.

Поряд з межами регулювання на мапу наносяться попереджувальні межі. Вихід за ці межі є сигналом до уважного спостереження за межами. Інтервал між попереджувальними межами зазвичай становить біля 65 % інтервалу між межами регулювання. Зазвичай статистичну надійність вибирають 99 %.

На практиці застосовуються обсяг вибірок, які дорівнюють 4, 5, 6 або 7. Бажано непарні (бо легше знайти медіану). За наявності обчислювальних засобів застосовуються вибірки великих обсягів $n > 25$.

10.1.1 Класифікація контрольних мап

Контрольні мапи Шугарта переважно є мапами двох типів: контрольні мапи кількісних змінних та контрольні мапи альтернативних

ознак. Для кожного типу контрольних мап існують дві відмінні ситуації (рис. 10.2):

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

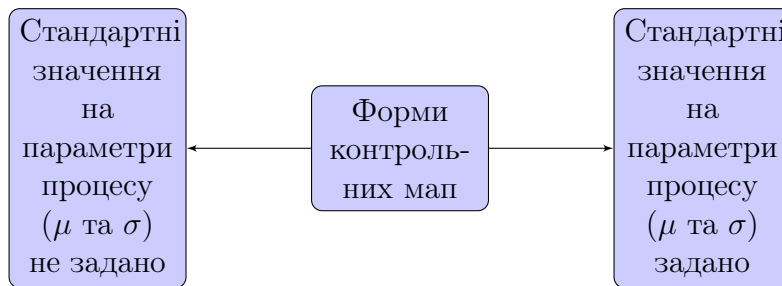


Рисунок 10.2 — Форми контрольних мап

Стандартними значеннями є певні спеціальні вимоги або цільові значення, які встановлено для відповідних параметрів процесу.

Стандартні значення можуть базуватися на:

- наявних попередніх даних (що отримано з досвіду застосування контрольної мапи без встановлених стандартних значень);
- економічних значеннях, які встановлено на підставі розгляду потреб послуг та кошторису виробництва;
- бажаних або цільових значеннях, які визначено у технічних умовах.

Першою формою є контрольна мапа без встановлених стандартних значень. Ці мапи використовують межі регулювання, значення яких визначають на основі вибірових статистичних показників, що наносять на мапи, і які у свою чергу розраховані для спеціально зібраних даних. Оскільки найчастіше дані для створення мапи збираються протягом попереднього періоду часу, то ця форма ще має назву мап, які створено за ретроспективним сценарієм. Ця форма контрольної мапи використовується, щоб визначити, чи відрізняються вибірові значення, які спостерігають, від величини загальної характеристики процесу на величину більшу, ніж слід було б очікувати тільки внаслідок випадкових причин. Контрольні мапи, які створюють на базі вибірових оцінок, використовують, щоб виявити будь-яку причину відсутності стабільності системи. Ця форма мап 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 або послуга такими, що відтворюються.

Іншою формою є контрольна мапа, межі регулювання якої базуються на прийнятих стандартних значеннях, що застосовуються до статистичних показників, які нанесено на мапу. При цьому попереднє збирання вибірових спостережень з процесу для встановлення значень меж регулювання є непотрібними. Ця форма контрольної мапи використовується, щоб виявити, чи відрізняються вибірові значення, які спостерігають, від прийнятих стандартних значень на величину більшу, ніж очікувана тільки внаслідок дії випадкових причин.

Необхідно зауважити, що ця форма контрольної мапи не тільки оцінює наявність сталості системи, але також оцінює те, чи є вона стабільною відносно прийнятих стандартних значень. Тому процес може бути стабільним відносно встановлених значень і нестабільним відносно параметрів, які визначено на базі ретроспективної оцінки або навпаки.

10.1.2 Типи контрольних мап

Існує три основних типи контрольних мап:

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

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

Приймальні контрольні мапи призначені для встановлення відповідності продукції, яку виготовлено, наявним вимогам.

Адаптивні контрольні мапи використовують для того, щоб регулювати технологічний процес за допомогою передбачення тенденцій його розвитку і здійснення попереднього налагодження на підставі таких передбачень.

10.1.3 Види контрольних мап

Залежно від статистичних показників, на основі яких конструюють контрольні мапи Шугарта, розглядають такі їх види:

Залежно від виду контролю розрізняють дві групи контрольних мап.

До першої групи належать контрольні мапи, які застосовують під час контролю та регулювання за кількісною ознакою, при цьому одиниці продукції мають числові значення одного або кількох показників. Отримані при цьому розподіли підпорядковуються закону Гауса.

До контрольних мап першої групи належать:

- контрольна мапа середніх арифметичних значень — мапа \bar{x} ;
- контрольна мапа медіан — мапа \tilde{x} ;
- контрольна мапа індивідуальних значень — мапа x_i ;
- контрольна мапа середніх квадратичних відхилень — мапа σ або S ;
- контрольна мапа розмахів — мапа R .

Найзручнішим виявилось застосування одночасно двох та більше контрольних мап.

Наприклад, «метод середніх арифметичних значень та розмахів ($\bar{x} - R$)» та регулювання за мапою \tilde{x} та мапою x_i — «метод медіан та індивідуальних значень ($\tilde{x} - x_i$)»:

- мапи середніх арифметичних значень та медіан застосовуються переважно для спостереження за зміною середніх (заданих) значень показника якості;
- мапи середніх квадратичних відхилень та розмахів слугують для спостереження за змінами амплітуди розподілу, за величиною розкиду.

Точніше відбивають протікання процесу мапи \bar{x} та σ , але коли обчислювальні операції не автоматизовані, використовують \tilde{x} та R .

Мапи індивідуальних значень x_i здебільшого застосовують для спостереження за технологічними процесами, які є повільними, і для вивчення статистичних характеристик процесу.

До другої групи належать контрольні мапи, які застосовують під час контролю та регулювання для альтернативної ознаки, коли одиниці продукції поділяються на дві категорії: придатні та дефектні.

Розроблено кілька типів контрольних мап з контролю та регулювання за альтернативною ознакою. Порівняно з мапами для кількісної ознаки вони мають ту перевагу, що за допомогою однієї мапи можна контролювати одночасно кілька показників, вважаючи за дефектний той виріб, у якого будь-який показник якості виходить за межі допуску. З іншого боку, ефективність подібної мапи менша через те, що відносно певної ознаки якості можливі лише дві відповіді.

Залежно від призначення відрізняють три типи мап за альтернативною ознакою:

- мапи «р» (частка браку);
- мапи «с» (кількість дефектів у одиниці продукції);
- мапи «u» (відношення кількості дефектів до кількості одиниць продукції).

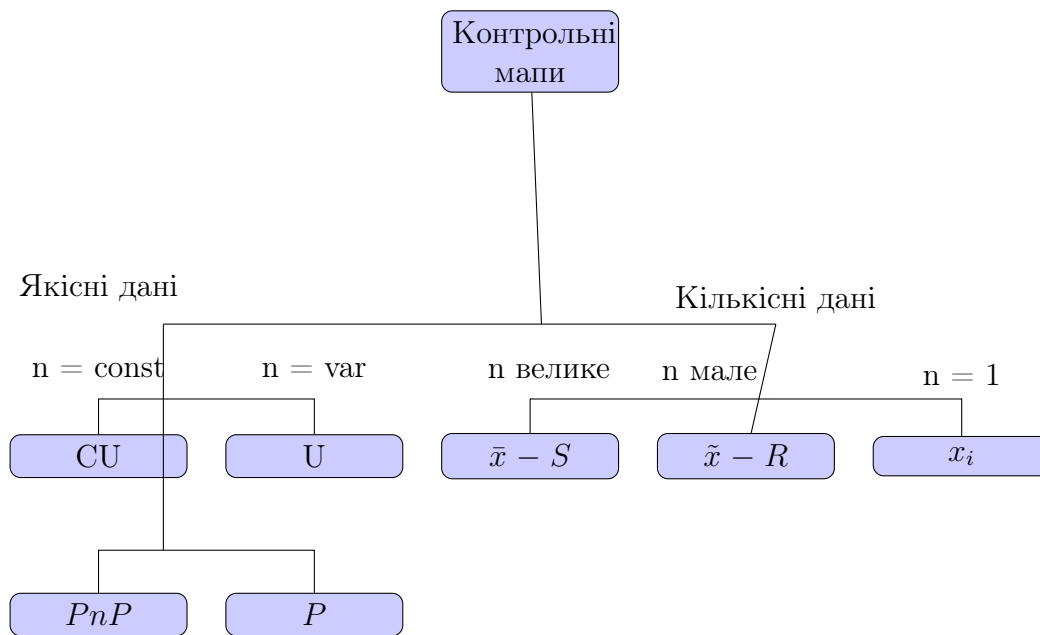
Їх побудова є аналогічною до побудови мап для кількісної ознаки й полягає у визначенні середньої лінії та меж регулювання. Далі на мапу наносять значення ознаки для кожної вибірки.

Найрозповсюдженішими контрольними мапами з альтернативної ознаки є:

- контрольні мапи частини браку — p -мапа;
- контрольна мапа кількості бракованих виробів — np -мапа;
- контрольні мапи дефектів — c -мапа та u -мапа (c — кількість дефектів на одиницю виробу, $u = \frac{c}{n}$ — кількість дефектів, поділена на кількість одиниць продукції).

Найчастіше значення показника якості під час контролю за альтернативною ознакою розподіляють за законом Пуассона або за біномним законом. Загальний порядок вибору типу контрольних мап наведено на рис. 10.3.

Кількісні дані зображують результати спостережень, які отримано вимірюванням ознаки якості, що може набувати для кожної одиниці продукту у підгрупі, за якою спостерігають, нескінчену кількість можливих значень у певному інтервалі. Наприклад, довжина у метрах, опір у Омах, шум у децибелах тощо. Мапи кількісних змінних і, особливо найуживаніші форми — \bar{x} та R -мапи, є класичним застосуванням контрольної мапи для управління процесом.

Рисунок 10.3 — Схема вибору контрольних мап (n — обсяг вибірки)

Контрольні мапи для кількісних змінних є особливо корисними з деяких причин:

1. Більшість процесів та їх результати мають характеристики, які вимірюють, тому потенційне застосування є досить широким.
2. Кількісне значення ознаки містить більше інформації, ніж атрибутивне твердження «так» або «ні».
3. Результати виконання процесу можна проаналізувати, незважаючи на його специфікації. Мапи починають діяти разом з самим процесом і надають незалежну картину того, що створює процес. Потім результати процесу можна порівняти зі специфікаціями на окремі вироби.
4. Незважаючи на те, що отримання окремого виміряного значення у загальному випадку більш витратне, ніж отримання одного конкретного значення даних типу «відповідає вимогам — не відповідає вимогам», тобто альтернативним даним, розміри підгруп майже завжди набагато менші, ніж для альтернативних змінних, і тому більш ефективні. Це допомагає зменшити загальну вартість контролю і скоротити розрив у часі між виготовленням частини продукції та коригувальними діями.

10.1.4 Приймальні контрольні мапи

Приймальна контрольна мапа є графічним методом оцінювання процесу і застосовується з подвійною метою:

1. Визначення того, перебуває чи ні процес у стані статистичного контролю по відношенню до отриманих вибіркових спостережень.
2. Встановлення того, чи можна очікувати, що характеристики, які вимірюють, задовольняють вимоги, що висуваються до товару або послуги.

Основним у приймальній мапі, на відміну від звичайної контрольної мапи, є те, що процесу не має потреби залишатися у контрольованому стані біля певного єдиного стандартного рівня, навпаки — доти, поки відхилення у середині вибіркових підгруп залишаються під контролем, процес може відбуватися на будь-якому рівні чи рівнях у середині певної зони рівнів процесу, які встановлені з емпіричних міркувань. Допускається, що певні причини призведуть до зсувів у рівні процесу, які є достатньо малими щодо вимог, які висувають до товару або послуги, тому було б неекономним намагатися контролювати їх занадто ретельно. Тобто занадто точне налагодження може бути дуже дорогим для виготовлення певної продукції, а також може спричинити ще більше відхилення від потрібних значень. З іншого боку, деякі зсуви рівня процесу можуть бути занадто великими, і важливо враховувати ризик невдачі їхнього виявлення. Однією з сильних сторін приймальних контрольних мап є відсутність ситуації так званого переконтролювання, тобто необґрунтованих дій, які спрямовано на корегування процесу. Наслідком такого надмірного регулювання часто є менш стабільний процес, тому що налагодження процесу часто є неточним і призводить до змін у процесі. Для процесу, рівень якого перебуває у середині зони, що задовольняє вимогам процесу, ефект від корегувальних дій може швидше призвести до виходу процесу зі стану стабільності, ніж зменшити наявне відхилення.

Ключовою рисою, яка відрізняє приймальні контрольні мапи від контрольних мап Шугарта і споріднених з ними, є розгляд вимог, які не є елементом стану статистичного контролю.

Особа, котра спостерігає за якістю, або експерт з якості визначає зони приймальних процесів, які обмежено їх рівнями, і встановлює бракувальні рівні. Потім визначається обсяг вибірки, який необхідний, щоб задовольнити встановленому α -ризиком забракувати продукцію, яку слід

було б прийняти, і β -ризик прийняти продукцію, яку насправді варто було б забракувати. На базі цих характеристик обчислюють спеціальні межі регулювання, які належить нанести на мапу як критерій для прийняття рішень особою, котра контролює хід процесу. З метою перевірки стану статистичного контролю також необхідна контрольна мапа оцінки відхилень у середині окремих вибірових підгруп продукції. Існує значна гнучкість розробки контрольних мап цього виду, включаючи, де це доречно, використання несиметричних меж.

До найбільш розповсюджених типів приймальних контрольних мап належать їх такі види:

1. Приймальні контрольні мапи середніх значень \bar{x} та розмахів R .
2. Приймальна контрольна мапа часток p невідповідної продукції.
3. Приймальна мапа кількості c дефектів.

10.1.5 Адаптивні контрольні мапи

Адаптивна контрольна мапа корисна для ситуацій, у яких може бути здійснено налагодження процесу і для якого важливим є суворе дотримання стандартного рівня. Її застосування містить використання моделей передбачення різних ступенів складності, що вимагають визначити, де буде процес, якщо його залишити у поточному стані і прийняти підказану коригувальну дію, аби запобігти відходу процесу від стандартного рівня. Оскільки параметри моделі, на базі якої здійснюється передбачення, значно залежать від особливостей процесу, адаптивні контрольні мапи звичайно є унікальними для кожного окремого випадку. Ці мапи, на відміну від двох попередніх типів, використовують оцінку передбачень рівнів процесу, яка заснована на припущенні, що процес продовжуватиметься відповідно до поточного стану, і застосовують для внесення попередніх змін у процес, щоб уникнути будь-якого передбаченого відхилення від цільового значення процесу. Коли прогнозна модель має високий ступінь відповідності наявним умовам, цей підхід може бути дуже ефективним для зменшення варіації процесів. Якщо модель не відповідає умовам здійснення процесу, у результаті ймовірним є збільшення відхилень від встановленого рівня.

10.1.6 Контрольні мапи з пам'яттю

Контрольні мапи з пам'яттю використовують дані, що накопичено більше ніж з однієї підгрупи даних для розрахунку кожного наступного значення статистичної величини, на базі якої створюється відповідна контрольна мапа.

Головною особливістю контрольних мап Шугарта є те, що вони використовують лише ту інформацію про процес, що отримана під час останнього спостереження. При цьому ігнорують інформацію, яку надає вся послідовність попередніх спостережень. Ця особливість робить мапи Шугарта відносно нечутливими до незначних змін у процесі під час його моніторингу. Під незначними розуміють зміни у $1, 5\sigma$ або менше. Тому мапи Шугарта іноді називають контрольними мапами без пам'яті. На відміну від них, було розроблено мапи з пам'яттю. До них належать мапи кумулятивних сум (CUSUM-мапи) та мапи експоненційно зважених ковзних середніх (EWMA), а також мапи ковзних середніх та ковзних розмахів. Ці види контрольних мап різною мірою використовують результати всіх спостережень, і тому в багатьох випадках є ефективнішими, ніж традиційні мапи Шугарта.

10.1.7 Критерії ефективності контрольних мап

Призначенням контрольних мап є подання сигналів про несподіваності, до яких можна віднести зсуви у рівні процесу. Існує два типи помилок, які є властивими будь-якій статистичній процедурі для підтримки прийняття рішення. Для застосувань контрольних мап це:

1. Помилки першого роду (тип I або α -ризик), коли робиться висновок, що мав зсув параметрів процесу, коли насправді його не було. Ці помилки призводять до витрат, які зумовлено переконтролюванням (надмірним налагодженням) або дослідженням проблем, що не існують.
2. Помилки другого роду (тип II або β -ризик), коли зсув у рівні процесу не виявляється, тоді як він насправді відбувся. Ці помилки призводять до витрат, що пов'язані з незадовільним ходом процесу (результатами якого є істотна кількість одиниць товарної продукції чи послуг, що не відповідають вимогам), який вчасно не був зупинений внаслідок відсутності можливостей розпізнати причини відхилень у процесі.

Для заданої конфігурації контрольної мапи, включаючи обсяг вибірки і межі, які використовують, може бути додана так звана крива операційної характеристики. Вона зображує ймовірність розпізнавання змін рівня процесу за певний час як функцію його рівня. Цей підхід може бути застосований тільки для контрольних мап Шугарта і приймальних контрольних мап, які є критерієм рішення про хід процесу, що базується на поточній оцінці даних кожного спостереження. Для мап експоненційно зважених ковзних середніх і мап кумулятивних сум, які містять інформацію з попередніх спостережень, цей підхід із застосуванням кривої операційної характеристики не є практично корисним, і часто набагато зручніше мати справу з середньою довжиною серії вибірок між сигналами (ARL).

У цьому контексті довжина серії вибірок визначається як кількість підгруп, які перевірено за час відтоді, як трапилась зміна у процесі до того моменту, як контрольна мапа подасть сигнал, що відбувся зсув. На рис. 10.4 зміна у середньому процесі трапилась між точками 5 і 6, але не було подано сигналу, аж поки не було нанесено 9-ту точку. Отже, довжина серії вибірок становить 4 підгрупи. В інших випадках, коли відбуваються зміни у середньому процесі при такому ж обсягу вибірки, довжина серії вибірок могла б становити 5 або 10 підгруп або іншу кількість залежно від випадкових відхилень тієї ознаки, що спостерігається. Отже, для змін різних розмірів існує розподіл можливих довжин серії вибірок. З метою розробки контрольних мап зручно використовувати середнє значення цього розподілу, середню довжину серії. Середню довжину серії можна застосувати з метою визначення тривалості часу, протягом якого контрольна мапа зреагує на вихід процесу зі стану статистичного контролю. При цьому слід пам'ятати, що в кожному окремому випадку справжня довжина серії вибірок буде довшою або коротшою, ніж розраховане для цієї мапи значення середньої довжини серії.

Для будь-якої контрольної мапи Шугарта середня довжина серії обернено залежить від імовірності того, що за наявного стану процесу за межами регулювання знаходиться принаймні одна точка. Середня довжина серії легко може бути визначена зі співвідношення

$$MLS = \frac{1}{p},$$

де p — ймовірність того, що точка знаходиться за межами регулювання.

Концепція середньої довжини серії є корисною для порівняння різних контрольних мап і оцінки їх ефективності.

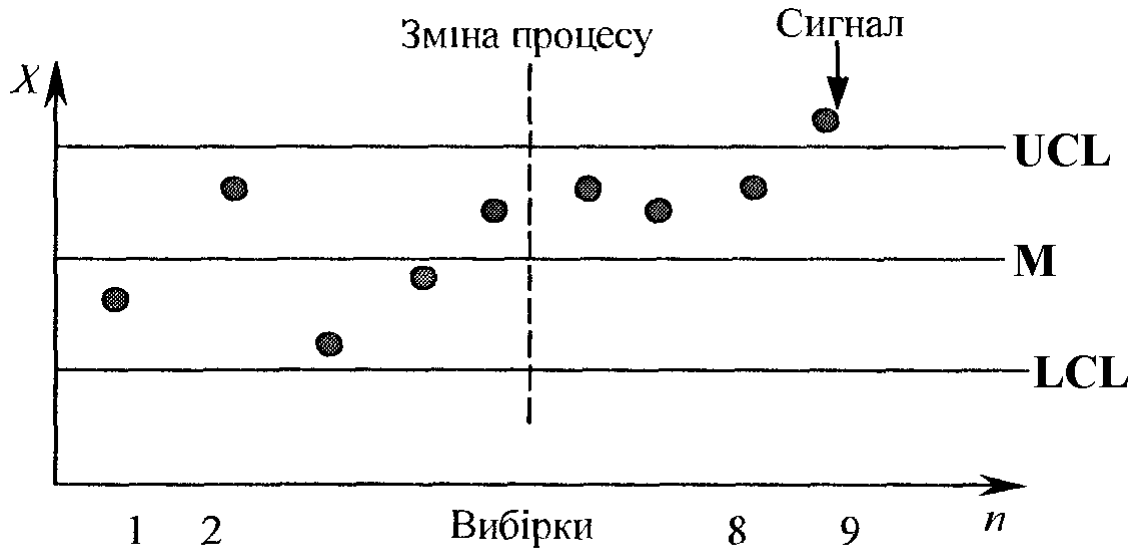


Рисунок 10.4 — Приклад довжини серії вибірок у 4 підгрупи між зміною процесу і сигналом контрольної мапи

Довга середня довжина серії бажана для процесу, який розташовано на його визначеному рівні (щоб мінімізувати виклики фахівців для непотрібних досліджень або коригувальних дій), а коротка — бажано для процесу, що зсунувся на деякий небажаний рівень (щоб негайно була застосована корегувальна дія). Отже, найбільш ефективною буде та контрольна мапа, яка матиме найбільшу середню довжину серії за стабільного процесу, і найменша для випадку, коли процес перестав бути стабільним, і в ньому відбулися зміни. Криві середньої довжини серії можна використовувати, щоб описати відносну швидкість у визначенні зсувів для будь-яких контрольних мап.

10.1.8 Інтерпретація контрольних мап

Визначення сигналів контрольних мап здійснюється на базі оцінки розташування значень, які нанесено на мапу відносно одне одного і меж регулювання. Найчастіше про наявність особливих причин свідчить наявність точок за межами регулювання, і це завжди є основним сигналом, який подає мапа.

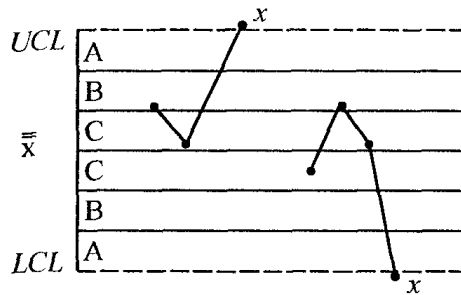
На контрольній мапі виділяють 3 зони, які називають *A*, *B*, *C*, і які обмежують відстанню від центральної лінії:

- зона *C* — $\pm 1\sigma$ від центральної лінії;
- зона *B* — $\pm 2\sigma$ від центральної лінії;

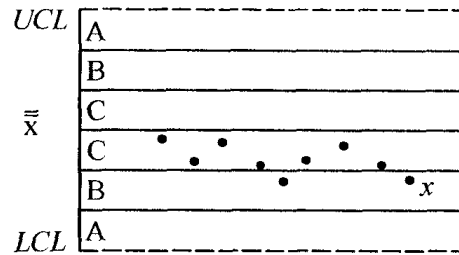
- зона A – $\pm 3\sigma$ від центральної лінії.

В узагальненому вигляді ці тести наведено на таких рисунках (10.5).

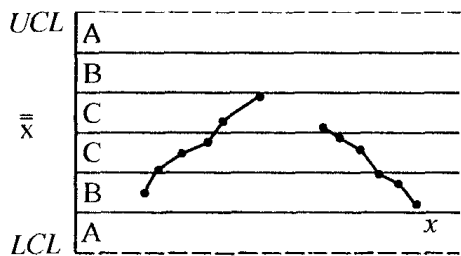
ТЕСТИ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ НАЯВНОСТІ УСТАНОВЛЮВАНИХ ПРИЧИН



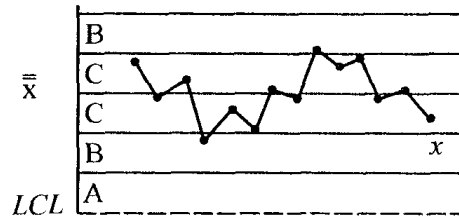
Тест 1: Одна точка за зоною A



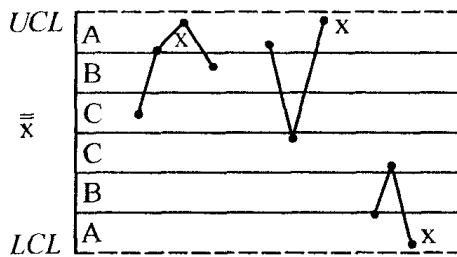
Тест 2: Дев'ять точок у рядку у зоні C по одну сторону від центральної лінії



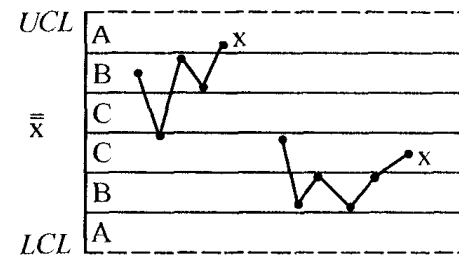
Тест 3: Шість стійко зростаючих чи спадаючих точок у рядку



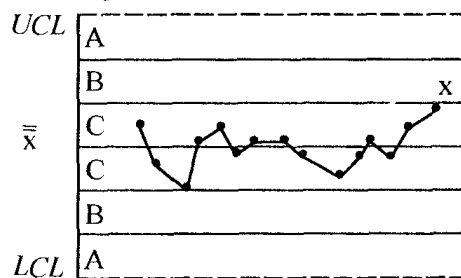
Тест 4: Чотирнадцять точок у рядку змінюються знизу догори



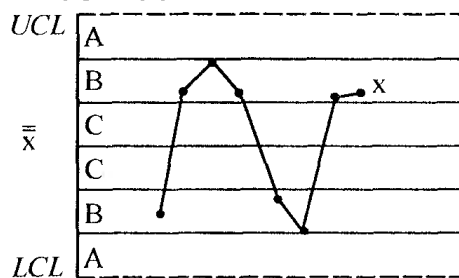
Тест 5: Дві з трьох точок у рядку у зоні A або за межами



Тест 6: Чотири з п'яти точок у рядку у зоні B або за межами



Тест 7: П'ятнадцять точок у рядку у зоні C над або під центральною лінією



Тест 8: Вісім точок у рядку по обидві сторони від центральної лінії

Рисунок 10.5 — Тести

Можливі наступні варіанти результатів процесу:

1. Існування лише випадкових причин варіації. У цьому випадку процес є статично стабільним, на контрольній мапі при цьому немає ніяких сигналів.
2. У наслідок дії особливих причин змінилася тільки центрованість процесу, тобто середнє значення певної кількості спостережень. Контрольна мапа середніх значень подає відповідний сигнал.
3. У наслідок дії особливих причин змінилася тільки варіація процесу, відповідна контрольна мапа подає сигнали.
4. У наслідок дії особливих причин змінилася як середня, так і варіація процесу. Контрольні мапи подають сигнал виходу зі стану статистичного контролю.

10.2 Приклади контрольних мап

Всі приклади контрольних мап взято з книжки Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю : навч. посіб. — Київ : Центр навчальної літератури, 2005. — 340 с.

КОНТРОЛЬНІ МАПИ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК

10.2.1 Мапи середніх значень і розмахів: $\bar{X} - R$ -мапи

Контрольну мапу середніх значень та розмахів найбільше використовують. Це пов'язано з відносною простотою обчислення \bar{X} та R . Контрольну мапу середніх значень та розмахів створюють у такій послідовності.

За відсутності стандартних значень параметрів процесу спочатку конструюють R частину мапи, а потім, оскільки межі для мапи середніх значень визначають на базі розмахів варіації, вже мапу середніх.

По-перше, для кожної вибірки оцінюють її розмах R_i .

Потім знаходять середній розмах для всіх вибірок

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k},$$

де k — кількість вибірок (зазвичай 20 — 25).

Середня лінія визначається як загальна середня всіх розмахів

$$ML = \bar{R}.$$

Верхня та нижня контрольні межі для контрольної мапи розмахів:

$$\begin{aligned} UCL(\bar{R}) &= \bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} \cdot D_4, \\ LCL(\bar{R}) &= \bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} \cdot D_3, \end{aligned}$$

коефіцієнти D_3 та D_4 вибирають з таблиць коефіцієнтів для контрольних мап (Додаток 1).

Якщо варіація процесу є стабільною, її оцінку можемо використати для створення мапи середніх значень.

Далі конструюють \bar{X} -частину контрольної мапи.

Для кожної вибірки знаходять середнє значення \bar{X} , на основі яких визначають середню $\bar{\bar{X}}$ як середню з вибірових середніх:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}.$$

Межі регулювання та центральну лінію визначають як:

$$\begin{aligned} UCL(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}, \\ LCL(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}, \\ ML(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}}. \end{aligned}$$

Середньоквадратичне значення вибірових спостережень оцінюють через вибірові розмахи варіації

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Іноді існує можливість визначення стандартних значень для середньої ознаки процесу та її стандартного відхилення. Ці значення використовують для створення контрольних мап без отримання попередніх даних. Припустимо, що існують стандартно встановлені величини для генерального середнього μ і генерального стандартного відхилення σ . Тоді параметри мапи середніх значень будуть такі:

$$\begin{aligned} UCL(\bar{X}) &= \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \\ LCL(\bar{X}) &= \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \\ ML(\bar{X}) &= \mu. \end{aligned}$$

Приклад 1. З певного процесу виготовлення деталей збирають вибіркві дані про певний розмір деталі виробу, який виготовляють. Обсяг кожної вибірки становить 5 деталей. Результати вибіркових спостережень для 20 послідовних вибірок зведено у таблицю.

№	1	2	3	4	5	Сума	Середня	Розмах
1	1,002	1,001	1	1,001	1	5,004	1,0008	0,002
2	1,002	1,002	1,001	1,003	1	5,008	1,0016	0,003
3	1,001	1,003	1,002	1,002	1	5,008	1,0016	0,003
4	1,001	1,003	1,004	1	1,001	5,009	1,0018	0,004
5	1,004	1,003	1,002	1,002	1,002	5,013	1,0026	0,002
6	1,002	1,001	1,001	1,002	1,002	5,008	1,0016	0,001
7	1	1,002	1,002	1,001	1,001	5,006	1,0012	0,002
8	1	1,004	1	1,002	1,001	5,007	1,0014	0,004
9	1,002	1,002	1,004	1,002	1,002	5,012	1,0024	0,002
10	1,004	1,002	1,001	1,004	1,001	5,012	1,0024	0,003
11	0,999	1,002	1,002	1,002	1,004	5,009	1,0018	0,005
12	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003	5,011	1,0022	0,002
13	1,001	1,002	1,001	1,002	1	5,006	1,0012	0,002
14	1,002	1,003	1,002	1	1,002	5,009	1,0018	0,003
15	1,003	1,003	1	1,001	1,001	5,008	1,0016	0,003
16	1,003	1,004	1,003	1,005	1	5,015	1,003	0,005
17	1,004	1,002	1	0,999	1	5,005	1,001	0,005
18	1,001	1,002	1,003	1,002	1,001	5,009	1,0018	0,002
19	1,001	1,002	1,003	1,004	1	5,01	1,002	0,004
20	0,999	1	1,001	1,002	1	5,002	1,0004	0,003

Спочатку створюють частину розмахів контрольної мапи. Середній вибірковий розмах визначають як середнє з усіх вибіркових розмахів:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{R}_i}{k} = \frac{0,06}{20} = 0,003.$$

За формулами розраховуємо межі регулювання мапи розмахів:

$$\begin{aligned} UCL(\bar{R}) &= \bar{R} \cdot D_4 = 0,003 \cdot 2,114 = 0,0063, \\ LCL(\bar{R}) &= \bar{R} \cdot D_4 = 0,003 \cdot 0 = 0, \\ ML(\bar{R}) &= \bar{R} = 0,003. \end{aligned}$$

Тепер можна побудувати контрольну мапу розмахів (рис. 10.6).

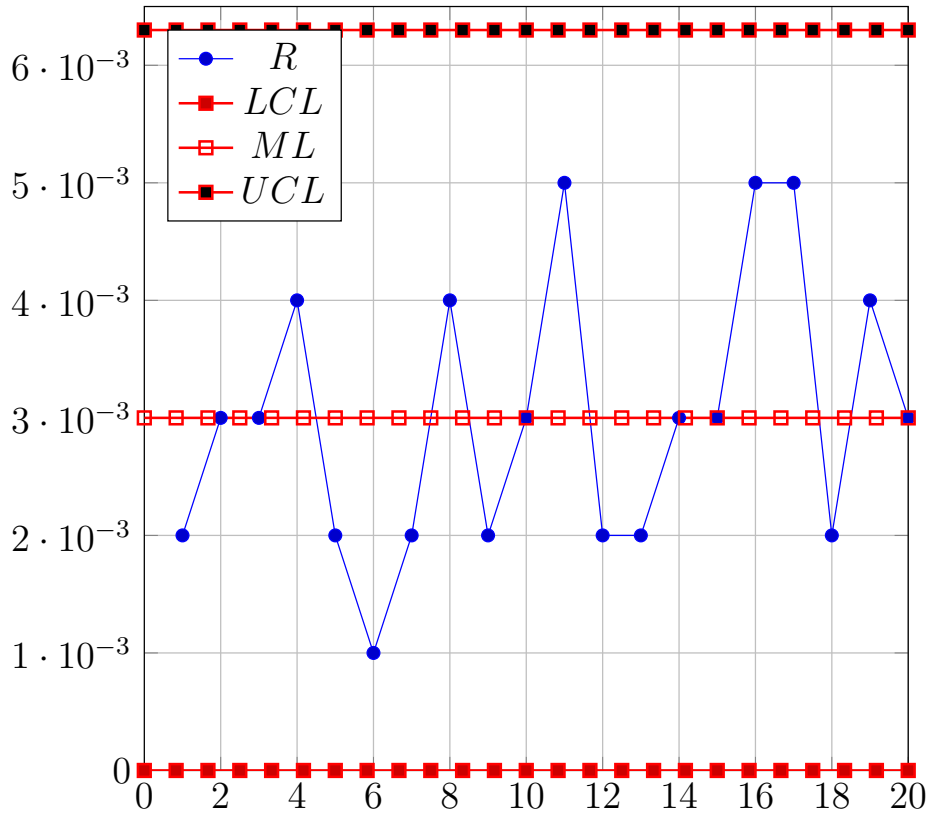


Рисунок 10.6 — Контрольна мапа розмахів

Оскільки не існує сигналів про вихід зі стану статистичної керованості, то можна використати значення середнього розмаху для визначення варіації процесу під час створення мапи середніх.

Розраховуємо середнє значення $\bar{\bar{X}}$ як

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = 1,0017.$$

За формулами розрахуємо межі регулювання мапи середніх:

$$\begin{aligned} UCL(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} + \bar{R} \cdot A_2 = 1,0017 + 0,003 \cdot 0,577 = 1,0034, \\ LCL(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} - \bar{R} \cdot A_2 = 1,0017 - 0,003 \cdot 0,577 = 1, \\ ML(\bar{X}) &= \bar{\bar{X}} = 1,0017. \end{aligned}$$

Тепер можна побудувати контрольну мапу середніх значень (рис. 10.7).

Висновки. Обидві частини контрольної мапи розмахів і середніх показують, що процес є стабільним. Отже, визначені параметри кон-

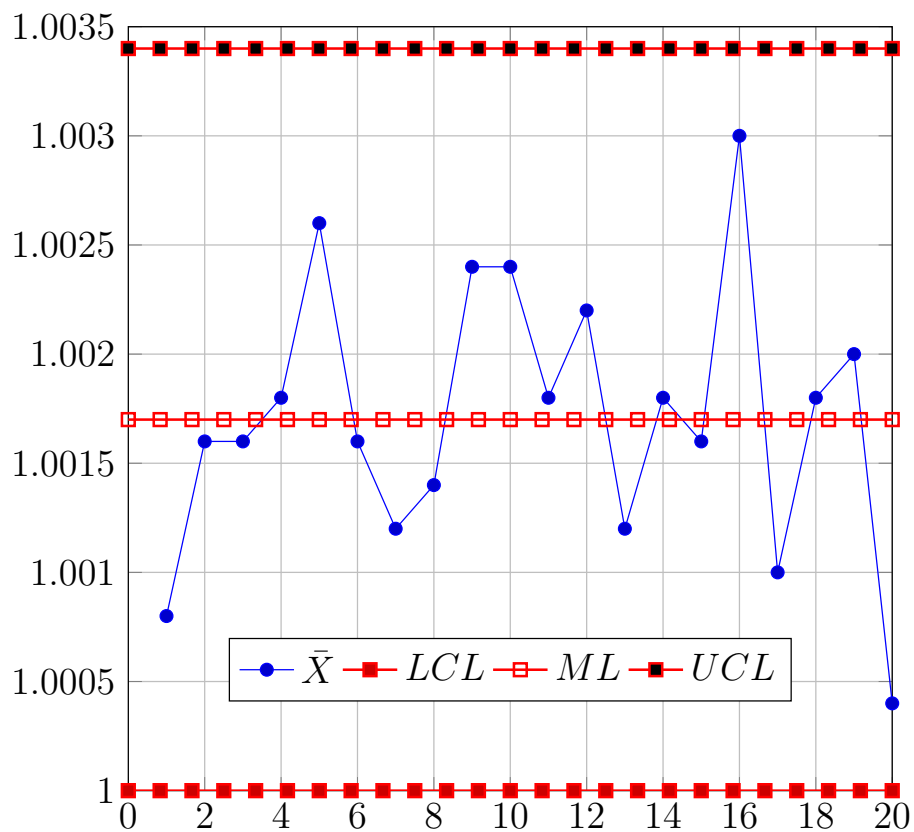


Рисунок 10.7 — Контрольна мапа середніх значень

трольних мап можна застосовувати для моніторингу статистичної стабільності процесу у майбутньому.

Приклад 2. Кожні півгодини виконують чотири вимірювання. У табл. подано результати вимірювань.

№	1	2	3	4	Середня	Розмах
1	0,1898	0,1729	0,2067	0,1898	0,1898	0,0338
2	0,2012	0,1913	0,1878	0,1921	0,1931	0,0134
3	0,2217	0,2192	0,2078	0,198	0,2117	0,0237
4	0,1832	0,1812	0,1963	0,18	0,1852	0,0163
5	0,1892	0,2263	0,2066	0,2091	0,2078	0,0371
6	0,1621	0,1832	0,1914	0,1783	0,1788	0,0293
7	0,2001	0,1927	0,2169	0,2082	0,2045	0,0242
8	0,2401	0,1825	0,191	0,2264	0,21	0,0576
9	0,1996	0,198	0,2076	0,2023	0,2019	0,0096
10	0,1783	0,1715	0,1829	0,1961	0,1822	0,0246
11	0,2166	0,1748	0,196	0,1923	0,1949	0,0418
12	0,1924	0,1984	0,2377	0,2003	0,2072	0,0453
13	0,1768	0,1986	0,2241	0,2022	0,2004	0,0473
14	0,1923	0,1876	0,1903	0,1986	0,1922	0,011
15	0,1924	0,1996	0,212	0,216	0,205	0,0236
16	0,172	0,194	0,2116	0,232	0,2024	0,06
17	0,1824	0,179	0,1876	0,1821	0,1828	0,0086
18	0,1812	0,1585	0,1699	0,168	0,1694	0,0227
19	0,17	0,1567	0,1694	0,1702	0,1666	0,0135
20	0,1698	0,1664	0,17	0,16	0,1666	0,01

Визначимо загальну середню і середній розмах:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = 0,192625,$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = 0,02767.$$

Першим кроком буде накреслити R-мапу і оцінити стан статистичної контрольованості (рис. 10.8).

Параметри R-мапи:

$$UCL(R) = \bar{R} \cdot D_4 = 0,02767 \cdot 2,282 = 0,06321,$$

$$LCL(R) = \bar{R} \cdot D_3 = 0,02767 \cdot 0 = 0,$$

$$ML(R) = \bar{R} = 0,02767.$$

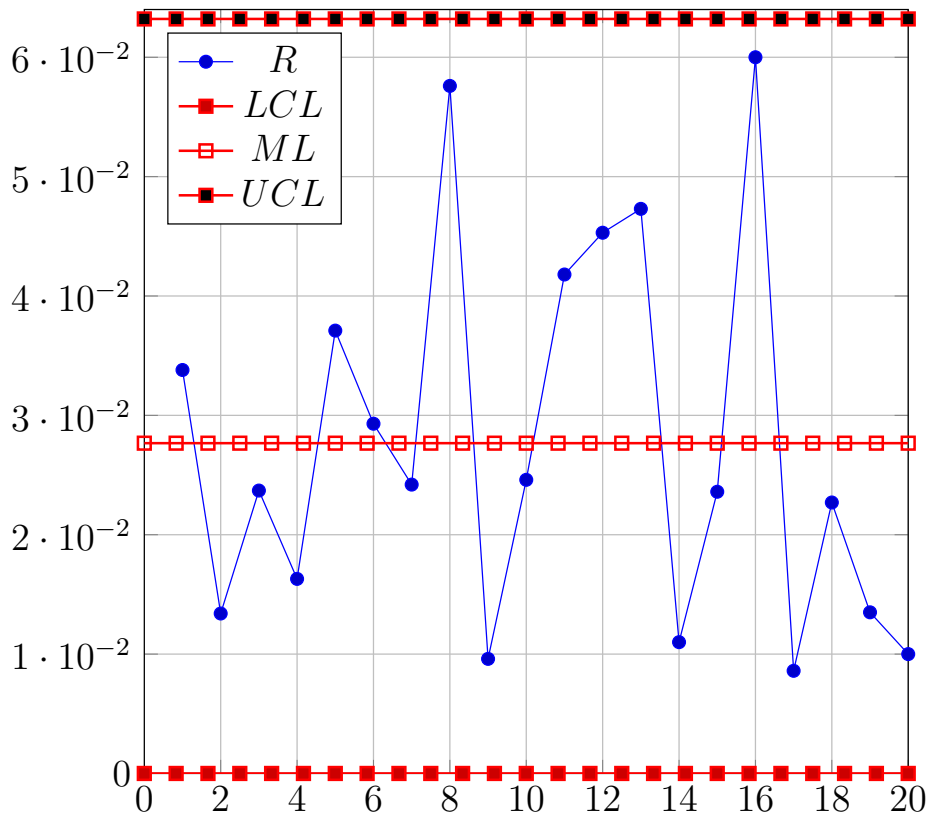


Рисунок 10.8 — Контрольна мапа розмахів

Оскільки значення вибірових розмахів на рис. 10.8 знаходяться у межах регулювання R-мапи, то частина розмахів показує наявність стану статистичного контролю. Значення середнього розмаху \bar{R} тепер можна використати, щоб обчислити межі регулювання \bar{X} -мапи.

Параметри \bar{X} -мапи:

$$UCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + \bar{R} \cdot A_2 = 0,192625 + 0,02767 \cdot 0,729 = 0,21279643,$$

$$LCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - \bar{R} \cdot A_2 = 0,192625 - 0,02767 \cdot 0,729 = 0,17245357,$$

$$ML(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} = 0,192625.$$

Тепер можна побудувати контрольну мапу середніх значень (рис. 10.9).

Проміжний висновок. Аналіз \bar{X} -мапи виявляє, що останні три точки знаходяться поза межами регулювання. Це вказує на те, що можуть бути певні технологічні причини. Якщо межі було обчислено за попередніми даними, діяти треба було б, починаючи з точки 18.

Для цієї точки потрібно вивчити причини і запобігти їх подальшому повторюванню. Створення контрольної мапи продовжують встановлен-

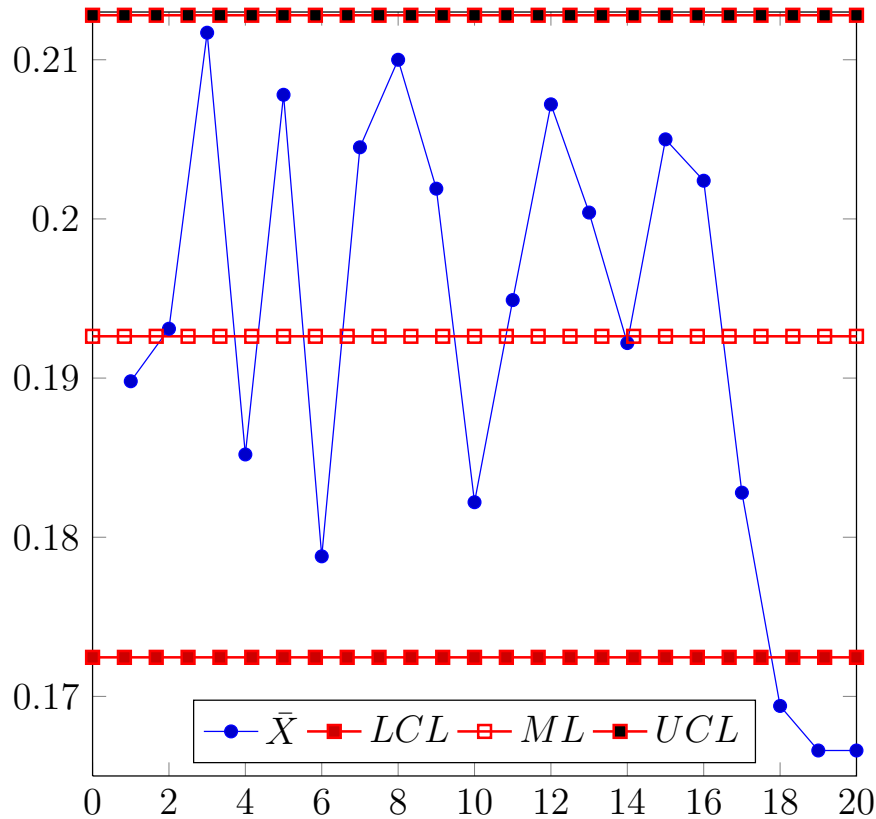


Рисунок 10.9 — Контрольна мапа середніх значень

ням переглянутих меж регулювання і вилученням точок, що знаходяться за межами контролю, тобто значень вибірок під номерами 18, 19 та 20.

Значення $\bar{\bar{X}}$, $\bar{\bar{R}}$ та лінії контрольної мапи переобчислюють так:

1. Поновлене значення середнього розмаху варіації:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \frac{0,5072}{17} = 0,029835294.$$

2. Параметри поновленої R-мапи:

$$UCL(R) = \bar{R} \cdot D_4 = 0,029835294 \cdot 2,282 = 0,068084141,$$

$$LCL(R) = \bar{R} \cdot D_3 = 0,029835294 \cdot 0 = 0,$$

$$ML(R) = \bar{R} = 0,029835294.$$

3. Поновлене значення загальної вибіркової середньої:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \frac{3,3499}{17} = 0,197052941.$$

4. Параметри поновленої \bar{X} -мапи:

$$UCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + \bar{R} \cdot A_2 = 0,1971 + 0,0298 \cdot 0,729 = 0,2188,$$

$$LCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - \bar{R} \cdot A_2 = 0,1971 - 0,0298 \cdot 0,729 = 0,1753,$$

$$ML(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} = 0,1971.$$

Поновлені мапи наведено на рис. 10.10, 10.11.

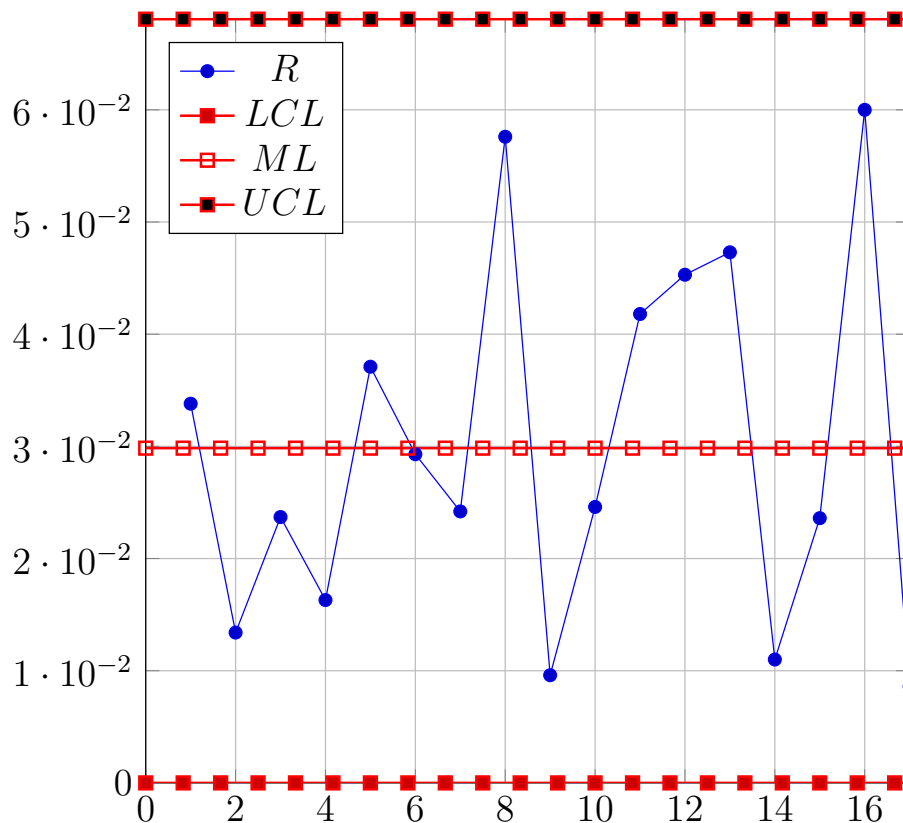


Рисунок 10.10 — Поновлена контрольна мапа розмахів

Висновки. З урахуванням поновлених меж регулювання процесу, який проявляє стан статистичної керованості, може бути обчислена відтворюваність процесу.

Відтворюваність процесу визначають як відношення припустимих меж процесу до дійсної варіації процесу. Припустимі межі задаються межами допуску, які встановлено технологічною специфікацією виробництва. Дійсну варіацію процесу визначають як інтервал у 6 стандартних відхилень. За умови нормального розподілу характеристики виготовленої продукції, у цей інтервал має потрапити 99,73 % всієї продукції. Ін-

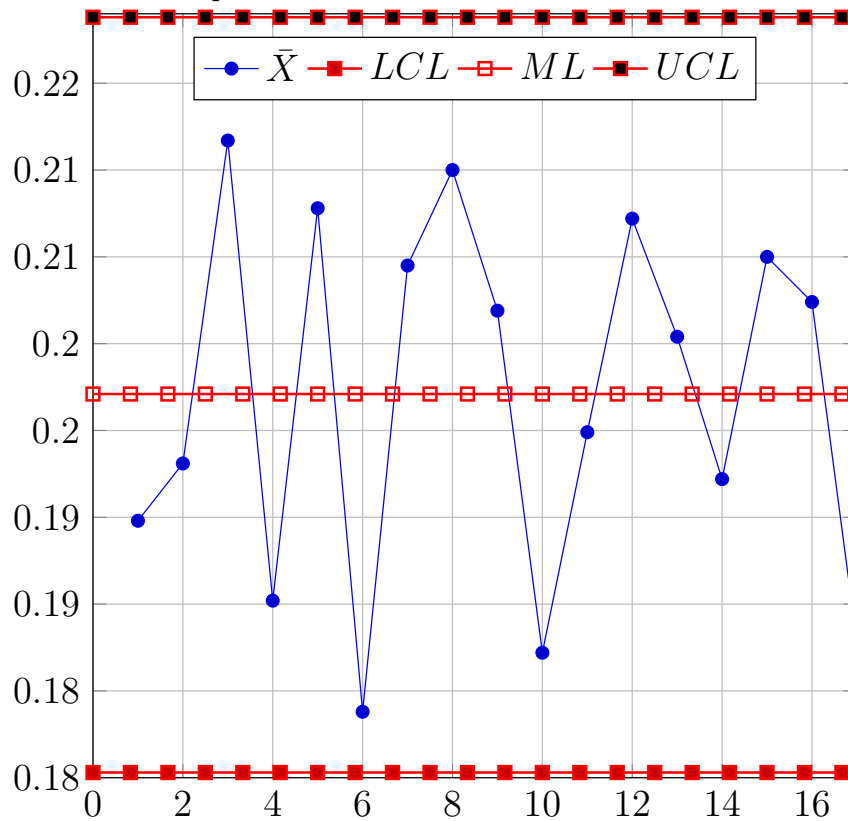


Рисунок 10.11 — Поновлена контрольна мапа середніх

декс відповідності (відтворюваності) обчислюють так:

$$PCI = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = d_2 \frac{UTL - LTL}{6\bar{R}} = 2,059 \frac{0,219 - 0,125}{6 \cdot 0,02984} = 1,08102.$$

Оскільки PCI більший за 1, процес можна вважати таким, що відповідає вимогам специфікації на виготовлення продукції. Проте, за уважного вивчення, можна помітити, що процес не відцентровано належно з урахуванням специфікації. Отже, близько 11,8 % окремих значень перебуватимуть за верхньою межею специфікації. Отже, перед оцінюванням остаточних параметрів контрольної мапи доцільно зробити спробу відцентрувати процес належно за одночасного забезпечення стану статичної керованості.

10.2.2 Мапи середніх значень та середньоквадратичних відхилень: $\bar{X} - S$ -мапи

Контрольна мапа середніх значень і середньоквадратичних відхилень є другим типом мапи, який застосовують для оцінювання стабіль-

ності процесів та моніторингу за стабільністю середньої та варіації процесу.

Цей тип контрольних мап ґрунтується на визначенні середнього квадратичного відхилення процесу на основі вибірових середніх квадратичних відхилень замість вибірових розмахів як для $\bar{X} - R$ -контрольної мапи. Незважаючи на більшу складність розрахунків, цей тип контрольних мап є особливо ефективним, якщо обсяг окремих вибірок становить 10 - 12 виробів чи більше, або якщо обсяг змінюється від вибірки до вибірки.

Контрольну мапу середніх та середньоквадратичних відхилень створюють у тій же послідовності, що й $\bar{X} - R$ -контрольну мапу.

Спочатку для кожної підгрупи знаходимо вибірове середнє квадратичне відхилення S_i .

Воно визначається як

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}.$$

На його основі визначаємо загальне середнє квадратичне відхилення

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k}.$$

Середнє квадратичне відхилення процесу можливо виразити як $\sigma = \frac{\bar{S}}{c_4}$, де c_4 — константа, що залежить від обсягу вибірки n .

Контрольні межі мапи середніх квадратичних відхилень встановлюють як $\bar{S} \pm \sigma_S$.

Середнє квадратичне відхилення процесу, яке оцінене через середні квадратичні відхилення вибірок, буде $\sigma_S = \sigma \sqrt{1 - c_4}$, тоді:

$$UCL(S) = \bar{S} + 3\sigma \sqrt{1 - c_4} = \bar{S} + \frac{3\bar{S}\sqrt{1 - c_4}}{c_4} = \bar{S} \left(1 + \frac{3\sqrt{1 - c_4}}{c_4} \right) = \bar{S} \cdot B_4$$

$$LCL(S) = \bar{S} - 3\sigma \sqrt{1 - c_4} = \bar{S} - \frac{3\bar{S}\sqrt{1 - c_4}}{c_4} = \bar{S} \left(1 - \frac{3\sqrt{1 - c_4}}{c_4} \right) = \bar{S} \cdot B_3.$$

У свою чергу, для \bar{X} частини контрольної мапи маємо розташування меж регулювання

$$UCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{S};$$

$$LCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{S}.$$

Крім середнього стандартного відхилення, варіація процесу може визначатися на основі медіани стандартних відхилень \bar{S} . У цьому випадку межі регулювання для мапи середніх квадратичних відхилень визначають як:

$$\begin{aligned}UCL &= B_{10} \cdot \bar{S}; \\ML &= \bar{S}; \\LCL &= B_9 \bar{S},\end{aligned}$$

а мапи середніх:

$$\begin{aligned}UCL &= \bar{\bar{X}} + A_{10} \cdot \bar{S}; \\ML &= \bar{\bar{X}}; \\LCL &= \bar{\bar{X}} - A_{10} \cdot \bar{S}.\end{aligned}$$

Оскільки для отримання незсунутого стандартного відхилення його необхідно скорегувати на величину c_4 , то центральна лінія мапи середньоквадратичних відхилень зі стандартними значеннями дорівнює

$$ML = c_4 \cdot \sigma.$$

Враховуючи, що σ є відомим, то маємо

$$\begin{aligned}UCL &= B_6 \cdot \sigma; \\LCL &= B_5 \cdot \sigma.\end{aligned}$$

Приклад 3. Для прикладу 1 побудуємо мапи середніх значень та середніх квадратичних відхилень.

№	1	2	3	4	5	Сума	Середня	СКВ
1	1,002	1,001	1	1,001	1	5,004	1,0008	0,0007
2	1,002	1,002	1,001	1,003	1	5,008	1,0016	0,001
3	1,001	1,003	1,002	1,002	1	5,008	1,0016	0,001
4	1,001	1,003	1,004	1	1,001	5,009	1,0018	0,0015
5	1,004	1,003	1,002	1,002	1,002	5,013	1,0026	0,0008
6	1,002	1,001	1,001	1,002	1,002	5,008	1,0016	0,00049
7	1	1,002	1,002	1,001	1,001	5,006	1,0012	0,00075
8	1	1,004	1	1,002	1,001	5,007	1,0014	0,0015
9	1,002	1,002	1,004	1,002	1,002	5,012	1,0024	0,0008
10	1,004	1,002	1,001	1,004	1,001	5,012	1,0024	0,00146
11	0,999	1,002	1,002	1,002	1,004	5,009	1,0018	0,0016
12	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003	5,011	1,0022	0,00075
13	1,001	1,002	1,001	1,002	1	5,006	1,0012	0,00075
14	1,002	1,003	1,002	1	1,002	5,009	1,0018	0,00098
15	1,003	1,003	1	1,001	1,001	5,008	1,0016	0,0012
16	1,003	1,004	1,003	1,005	1	5,015	1,003	0,00167
17	1,004	1,002	1	0,999	1	5,005	1,001	0,0018
18	1,001	1,002	1,003	1,002	1,001	5,009	1,0018	0,00075
19	1,001	1,002	1,003	1,004	1	5,01	1,002	0,0014
20	0,999	1	1,001	1,002	1	5,002	1,0004	0,001

Варіацію процесу при цьому визначатимемо на базі загального середньоквадратичного відхилення:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k}.$$

Отже, спочатку знаходимо середньоквадратичне відхилення для кожної вибіркової групи, а потім — середнє з цих значень. У нашому випадку:

$$\bar{S} = 0,001223.$$

Створимо частину стандартних відхилень контрольної мапи. Її характеристики будуть такими:

$$UCL = \bar{S} \cdot B_4 = 0,001223 \cdot 2,089 = 0,00255;$$

$$ML = \bar{S} = 0,001223;$$

$$LCL = \bar{S} \cdot B_3 = 0,001223 \cdot 0 = 0.$$

Першим кроком буде намалювати \bar{S} -мапу і оцінити стан статистичної контрольованості (рис. 10.12).

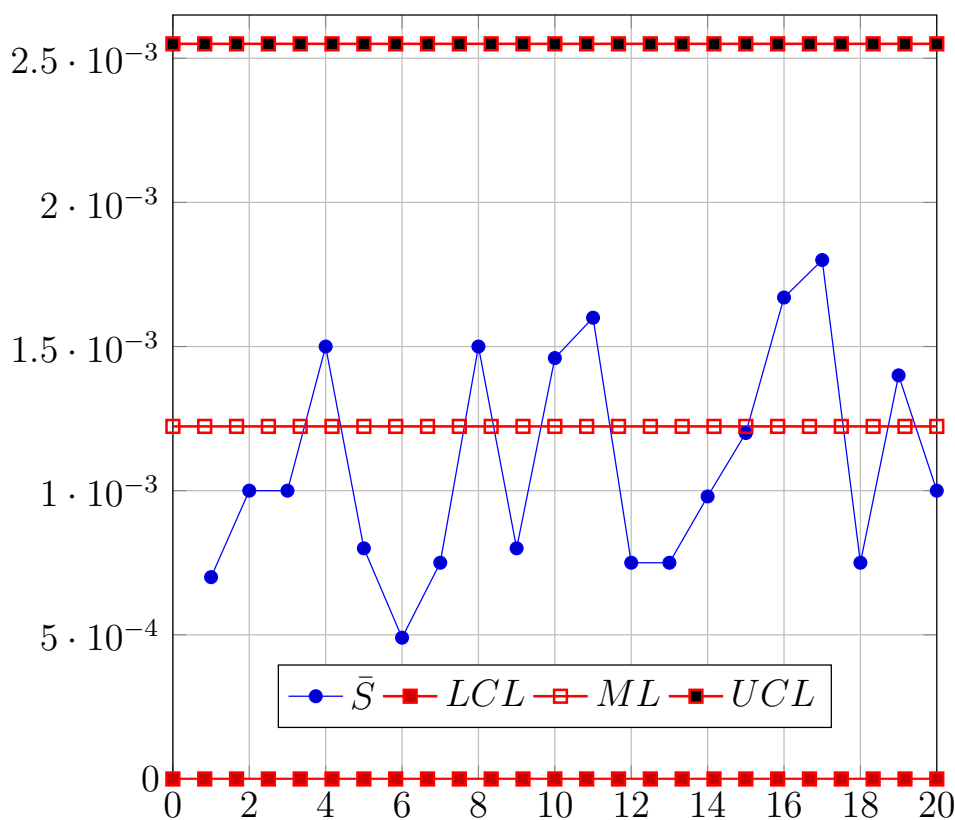


Рисунок 10.12 — Контрольна мапа середньоквадратичних відхилень

Мапа показує, що процес є в стані статистичного контролю, і ми можемо використати значення середнього стандартного відхилення для визначення варіації процесу.

Створюємо контрольну мапу середніх на базі середнього стандартного відхилення (рис. 10.13):

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} = 1,0017 + 1,427 \cdot 0,001223 = 1,003445;$$

$$ML = \bar{\bar{X}} = 1,0017;$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} = 1,0017 - 1,427 \cdot 0,001223 = 1.$$

Висновки. Контрольна мапа середніх значень показує, що процес є статистично стабільним.

Доцільно порівняти ці мапи з мапами з прикладу 1.

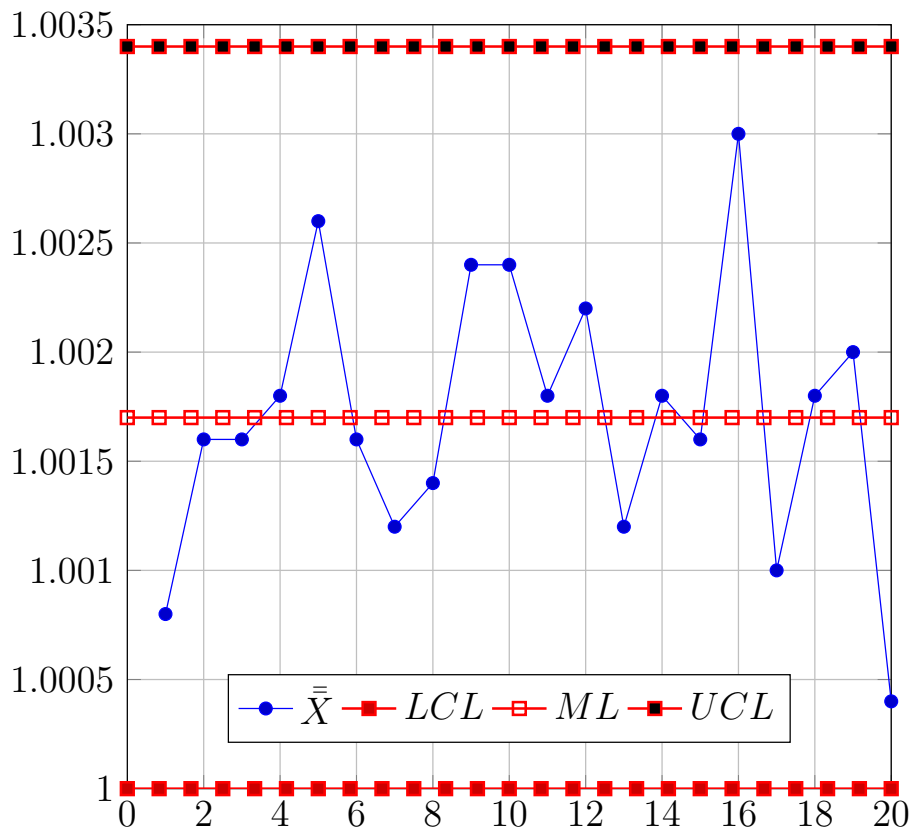


Рисунок 10.13 — Контрольна мапа середніх відхилень

10.2.3 Мапа медіан і розмахів $Me - R$ -мапа

Мапа медіан і розмахів варіації була впроваджена з метою спрощення розрахунків під час визначення стабільності процесу. Замість розрахунку середньої для кожної вибірки визначається її медіана. Цей вид контрольної мапи є особливо популярним під час створення контрольних мап без застосування обчислювальної техніки.

R частина контрольної мапи обчислюють аналогічно до частини розмахів $\bar{X} - R$ -мап. Якщо варіація процесу є стабільною, її оцінку можемо використати для створення мапи медіан.

Спочатку для кожної вибірки визначаємо медіану. Потім знаходимо загальну медіану для всіх підгруп як середню x вибірових медіан

$$\overline{Me} = \frac{\sum_{i=1}^k Me_i}{k},$$

вона і береться за центральну лінію контрольної мапи.

Межі регулювання мапи медіан будуть:

$$UCL(Me) = \overline{Me} + A_4 \cdot \bar{R};$$

$$LCL(Me) = \overline{Me} - A_4 \cdot \bar{R}.$$

Приклад 4. Побудувати контрольну мапу $Me - R$ для даних, які наведено в таблиці.

№	1	2	3	4	5	Медіана	Розмах
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 мапи медіан і розмахів розраховуємо:

1. Середню вибірових медіан та розмахів

$$\overline{Me} = \frac{\sum_{i=1}^k Me_i}{k};$$

$$\overline{Me} = \frac{12 + 10 + 12 + \dots + 11}{15} = \frac{172}{15} = 11,4(6);$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k};$$

$$\bar{R} = \frac{6 + 5 + 7 + \dots + 7}{15} = \frac{86}{15} = 5,7(3).$$

2. Параметри мапи розмахів обчислюються як

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{R} \cdot D_4 = 5,7(3) \cdot 2,114 = 12, (1); \\ ML &= \bar{R} = 5,7(3); \\ LCL &= \bar{R} \cdot D_3 = 5,7(3) \cdot 0 = 0. \end{aligned}$$

Будуємо контрольну мапу розмахів (рис. 10.14):

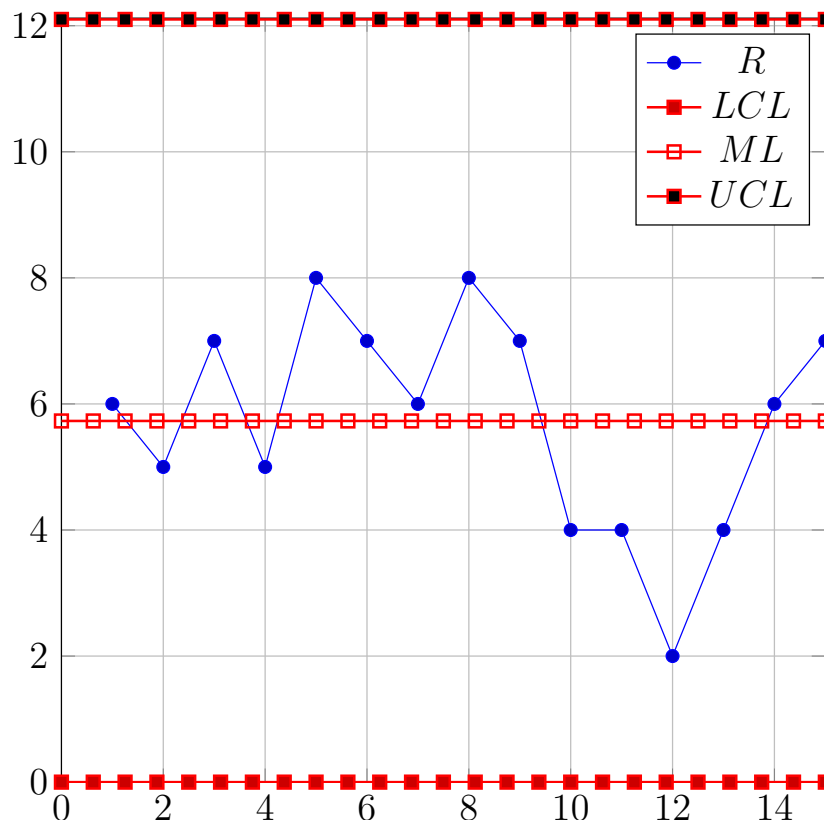


Рисунок 10.14 — Контрольна мапа розмахів

Оскільки мапа розмаху проявляє стан контрольованості, можна обчислити лінії мапи медіан і побудувати її (рис. 10.15).

3. Параметри мапи медіан:

$$\begin{aligned} UCL &= \overline{Me} + \bar{R}A_4 = 11,4(6) + 5,7(3) \cdot 0,594 = 14,87; \\ ML &= \overline{Me} = 11,4(6); \\ LCL &= \overline{Me} - \bar{R}A_4 = 11,4(6) - 5,7(3) \cdot 0,594 = 8,066. \end{aligned}$$

Висновки. Контрольна мапа показує, що процес є статистично стабільним.

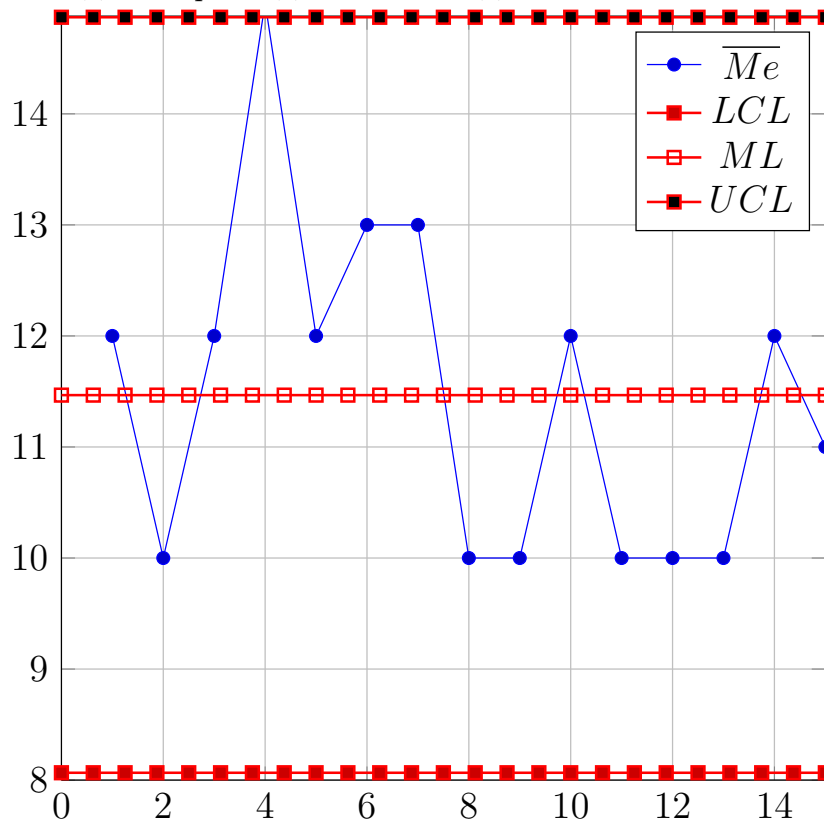


Рисунок 10.15 — Контрольна мапа медіан

10.2.4 Контрольні мапи індивідуальних спостережень

У деяких ситуаціях контролю процесу або неможливо, або непрактично отримати вибірку обсягом, більшим за один виріб. У таких ситуаціях доцільно застосовувати контрольні мапи індивідуальних спостережень.

У випадку мап індивідуальних спостережень варіація процесу визначається через ковзні розмахи, які є абсолютною різницею між наступним і попереднім значеннями

$$MR = |X_i - X_{i-1}|.$$

Перед створенням власне мапи окремих значень потрібно оцінити стабільність варіації процесу за допомогою мапи ковзних розмахів. Вона будується подібно до мапи розмахів, але замість середнього розмаху беруть середній ковзний розмах, при цьому $D_3 = 0$ і $D_4 = 3,267$.

Якщо варіація процесу є стабільною, то оцінку ковзного розмаху використовують для створення контрольної мапи окремих спостережень.

Межі регулювання для мапи окремих спостережень визначають як:

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{X} + A_4 \cdot \overline{MR}; \\
 ML &= \bar{X}; \\
 LCL &= \bar{X} - A_4 \cdot \overline{MR}.
 \end{aligned}$$

Приклад 5. Створити мапу індивідуальних значень за даними таблиці.

Партія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
%	2,9	3,2	3,6	4,3	3,8	3,5	3	3,1	3,6	3,5
R	—	0,3	0,4	0,7	0,5	0,3	0,5	0,1	0,5	0,1

Визначимо \bar{X} та \overline{MR}

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= \frac{2,9 + 3,2 + 3,6 + \dots + 3,5}{10} = \frac{34,5}{10} = 3,45; \\
 \overline{MR} &= \frac{0,3 + 0,4 + 0,7 + \dots + 0,1}{9} = \frac{3,4}{9} = 0,3(7).
 \end{aligned}$$

Характеристики контрольної мапи ковзних розмахів

$$\begin{aligned}
 UCL &= \overline{MR} \cdot D_4 = 0,3(7) \cdot 3,267 = 1,24; \\
 ML &= \overline{MR} = 0,3(7); \\
 LCL &= \overline{MR} \cdot D_3 = 0,3(7) \cdot 0 = 0.
 \end{aligned}$$

Характеристики контрольної мапи індивідуальних спостережень

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{X} + A_4 \cdot \overline{MR} = 3,45 + 0,3(7) \cdot 2,66 = 4,46; \\
 ML &= \bar{X} = 3,45; \\
 LCL &= \bar{X} - A_4 \cdot \overline{MR} = 3,45 - 0,3(7) \cdot 2,66 = 2,44.
 \end{aligned}$$

Контрольні мапи наведено на рис. 10.16, 10.17.

Висновки. Контрольні мапи показують, що процес є статистично керованим, тому отримані значення параметрів контрольних мап можуть бути використані для подальшого моніторингу стабільності.

КОНТРОЛЬНІ МАПИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ОЗНАК

10.2.5 Контрольна мапа частки невідповідностей: *P*-мапа

Контрольні мапи для атрибутивних ознак створюють для процесів, кількісну характеристику яким можна надати шляхом підрахунку кількості об'єктів у загальній сукупності, що відповідають певним умовам.

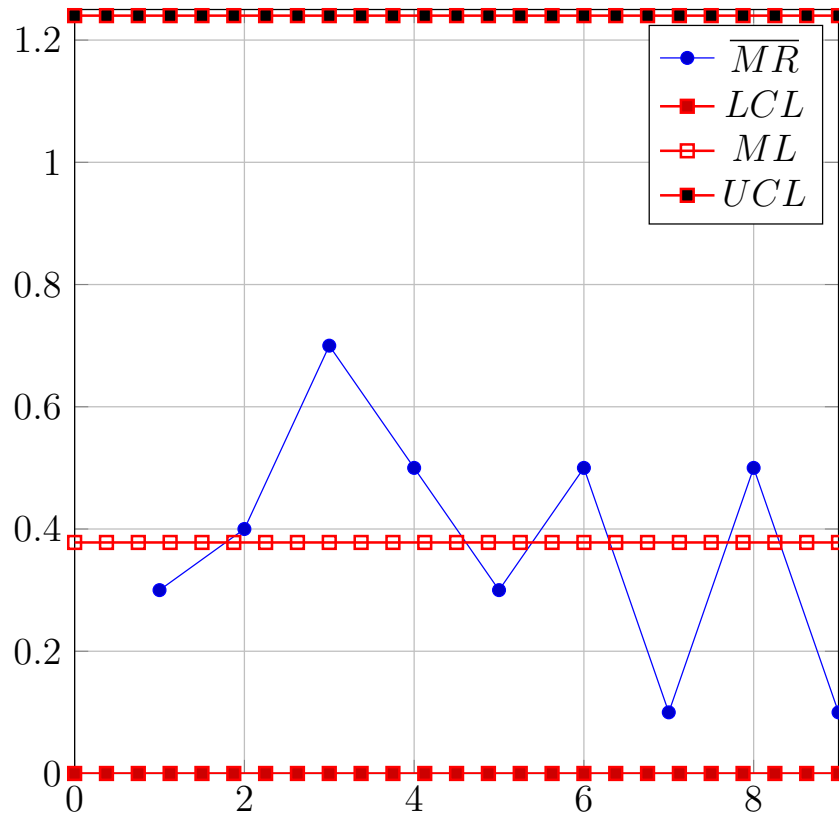


Рисунок 10.16 — Контрольна мапа ковзних розмахів

Найбільш розповсюдженою характеристикою є кількість дефектних виробів у партії виготовленої продукції. Можливі значення такої кількості невідповідних виробів базуються на біноміальному законі розподілу або законі розподілу Пуассона.

Розробка контрольної мапи для частки невідповідностей починається з визначення частки невідповідних виробів у кожній вибірковій партії. Частку невідповідностей визначають як відношення кількості невідповідних елементів або виробів до загальної кількості елементів (виробів) $p = \frac{d}{n}$, тут d — кількість невідповідних виробів у партії; n — обсяг партії.

У такому випадку центральну лінію контрольної мапи визначають як

$$ML = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i},$$

де k — кількість досліджених партій.

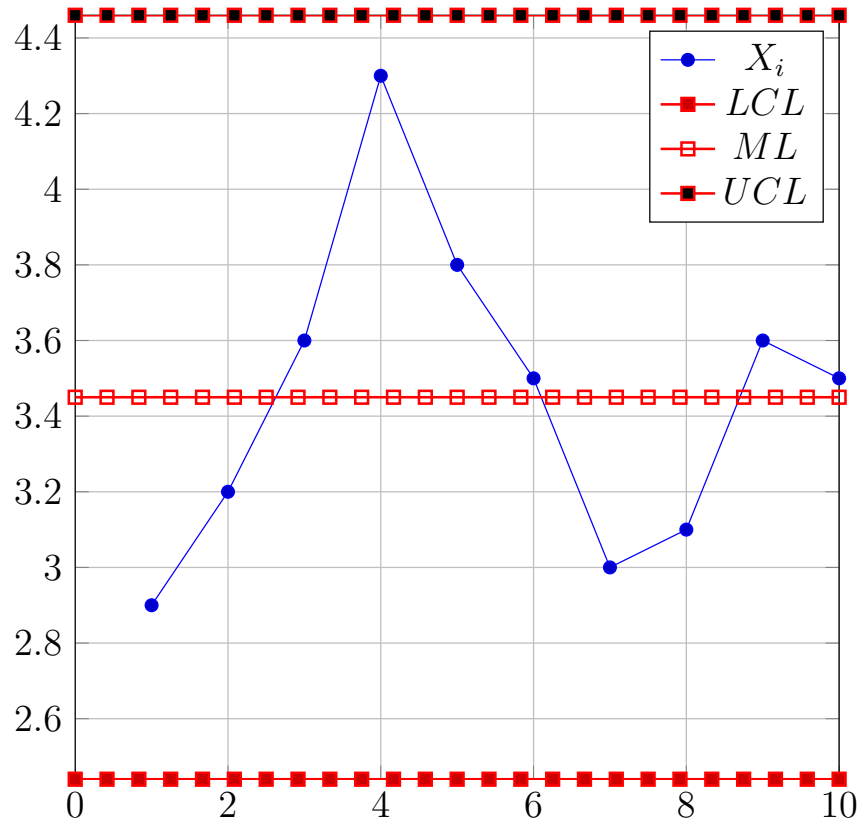


Рисунок 10.17 — Контрольна мапа індивідуальних значень

Отже, середню частку невідповідних виробів визначають як відношення загальної кількості невідповідних виробів до загальної кількості перевірених виробів.

Оскільки дисперсію якісної ознаки визначають як $\sigma^2 = p(1 - p)$, то середнє квадратичне відхилення процесу оцінюють як $\sigma = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})}$, і для вибірки обсягом n одиниць, вибіркоче стандартне відхилення обчислюється як

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}},$$

і межі регулювання для контрольної мапи часток встановлюють на відстані три середніх квадратичних відхилення процесу від центральної лінії й визначають як

$$\begin{aligned}
 UCL(p) &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}; \\
 LCL(p) &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}.
 \end{aligned}$$

Цей підхід застосовують, коли всі вибірки мають однакову кількість одиниць, тобто для постійного обсягу. Обсяг вибірки має бути достатньо великим.

Якщо обсяг вибірок, які досліджують, є різним, то змінюватимуться і контрольні межі. Тому під час конструювання контрольної мапи у цьому випадку найточнішим буде обчислення контрольних меж окремо для кожної підгрупи, хоч це й ускладнює візуальний аналіз процесу.

У цьому випадку межі регулювання встановлюють як:

$$\begin{aligned}
 UCL(p) &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}; \\
 LCL(p) &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}},
 \end{aligned}$$

де n_i — обсяг вибірки i .

Іншим шляхом у цьому випадку може стати використання середнього обсягу вибірки, якщо він неістотно відрізняється від вибірки до вибірки. Використання такого підходу вважають можливим, якщо найбільша вибірка перевищує найменшу не більше ніж на 25 %. Середній обсяг вибірок визначають за формулою

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k},$$

де k — кількість вибірок.

Межі регулювання у цьому випадку визначають як:

$$\begin{aligned}
 UCL(p) &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}; \\
 LCL(p) &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}},
 \end{aligned}$$

Третім шляхом є обчислення двох пар контрольних меж для найбільшого і найменшого обсягу вибірки. Отже, отримуємо зовнішню та внутрішню межі регулювання:

зовнішні

$$UCL(p) = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_{min}}};$$

$$LCL(p) = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_{min}}},$$

внутрішні

$$UCL(p) = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_{max}}};$$

$$LCL(p) = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_{max}}}.$$

10.2.6 Контрольна мапа кількості дефектів: *NP*-мапи

Дуже часто кількість дефектів краще зрозуміти, якщо вони подані як цілі числа, а не як частини від загального. Число np є кількістю одиниць з певною характеристикою у підгрупі. Традиційно np -мапи використовують, якщо обсяг вибірки є постійним. Оскільки застосовують ті ж дані, що і для p -мап, то вони є взаємозамінними й надають однакові висновки.

Середнє квадратичне відхилення процесу визначають як $\sigma = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$, і тому контрольну мапу кількості дефектів створюють за характеристиками:

$$ML = n\bar{p};$$

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})};$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}.$$

Якщо ми бажаємо дослідити не кількість дефектних виробів у партії продукції, а кількість дефектів на певну кількість одиниць, то ми використовуємо мапи, які базуються на розподілі Пуассона, на відміну від p -

та np -мап, які базуються на біноміальному розподілі. У цьому випадку застосовують c -мапу та u -мапу.

Під час розробки контрольної мапи часток невідповідностей потрібно визначення трьох параметрів: частоти отримання вибірок, обсягу вибірки та відстань меж регулювання від центральної лінії.

Найчастіше контрольну мапу часток невідповідностей створюють за результатами 100 % перевірки виробів, які виготовлено протягом певного періоду часу.

Обсяг вибірки має бути досить великим, щоб встановити зміну частки невідповідностей на певну величину, принаймні з ймовірністю 0,5.

Приклад 1. Побудувати p - та np -мапи для даних, які наведено в таблиці.

№	Кількість перевірених перемикачів n	Кількість невідповідних перемикачів nr	Відсоток невідповідностей p
1	4000	8	0,2
2	4000	14	0,35
3	4000	10	0,25
4	4000	4	0,1
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	0,35
13	4000	12	0,3
14	4000	8	0,2
15	4000	15	0,375
16	4000	11	0,275
17	4000	9	0,225
18	4000	18	0,45
19	4000	6	0,15
20	4000	12	0,3
21	4000	6	0,15
22	4000	12	0,3
23	4000	8	0,2
24	4000	15	0,375
25	4000	14	0,35

Параметри p -мапи

$$ML = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{8 + 14 + \dots + 14}{4000 \cdot 25} = \frac{269}{100000} = 0,27\%;$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0027 + 3\sqrt{\frac{0,0027(1-0,0027)}{4000}} = 0,52\%;$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0027 - 3\sqrt{\frac{0,0027(1-0,0027)}{4000}} = 0,02\%.$$

Побудуємо p -мапу (рис. 10.18)

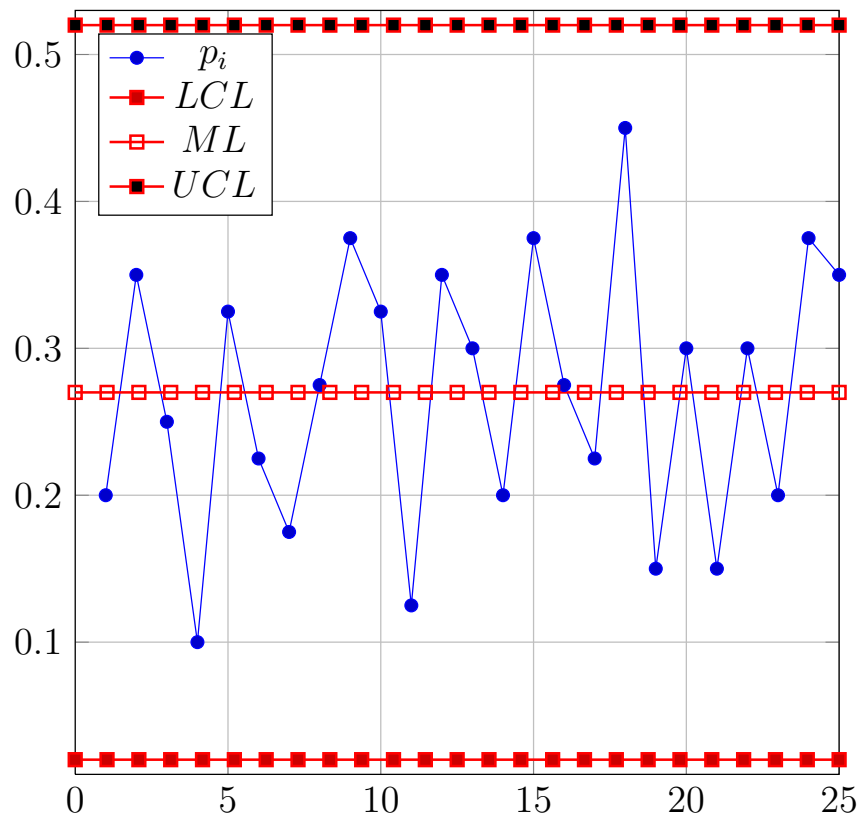


Рисунок 10.18 — p -мапа часток невідповідностей

Параметри np -мапи

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

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 20,59;$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} = 0,885.$$

Побудуємо np -мапу (рис. 10.19)

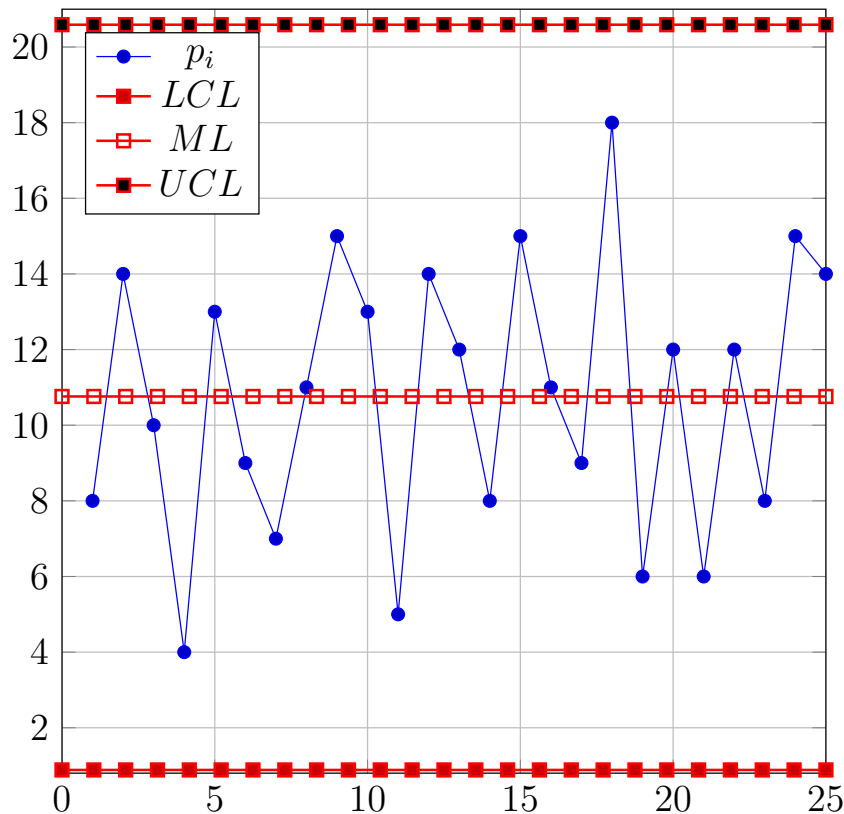


Рисунок 10.19 — np -мапа кількості дефектів

Висновки. Мапи вказують, що процес виготовлення перемикачів знаходиться у стані статистичної керованості, хоча відсоток невідповідностей, можливо, занадто великий. Тепер ці межі регулювання можна використовувати для майбутніх підгруп до того часу, поки процес не зміниться або ж не вийде зі стану статистичної керованості. Оскільки процес є статистично керованим, то будь-яке поліпшення не можна здійснити без зміни процесу.

Приклад 2. На великому торговельному підприємстві бажають оцінити процес розрахунків з постачальниками, оскільки від вчасності спла-

ти за товар залежить надходження нових партій і, отже, товарообіг підприємства. Для цього досліджують кількість рахунків на певний день, які не були вчасно сплачені. Кількість рахунків до сплати кожного дня різна. Тому кількість вчасно не виконаних розрахунків вирішено визначати як частку від загальної кількості розрахунків на поточний день. У результаті здійсненого протягом місяця дослідження за 22 робочі дні отримано такі результати.

День	Загальна кількість рахунків	Кількість несплачених рахунків	Частка вчасно несплачених рахунків
1	79	6	0,076
2	68	2	0,029
3	68	3	0,044
4	79	4	0,051
5	73	8	0,11
6	72	4	0,056
7	57	5	0,088
8	73	6	0,082
9	65	3	0,046
10	77	13	0,169
11	74	3	0,041
12	78	5	0,064
13	65	4	0,062
14	67	2	0,03
15	68	4	0,059
16	69	2	0,029
17	68	6	0,088
18	71	4	0,056
19	72	5	0,069
20	81	14	0,173
21	71	5	0,07
22	57	4	0,07
Усього	1552	112	0,072

На базі отриманих даних вирішено розробити мапу часток. Стандартно встановленого значення для припустимої частки неоплачених рахунків немає, тому для створення контрольної мапи використаємо на основі зібраних даних середню частку.

Середня частка вчасно неоплачених рахунків буде

$$\bar{p} = \frac{112}{1552} = 0,0721.$$

Отже, центральна лінія контрольної мапи часток становитиме

$$ML = 0,072.$$

Оскільки обсяг рахунків до оплати кожного дня є різним, то межі регулювання для кожного дня визначатимемо окремо.

$$UCL(p) = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}};$$
$$LCL(p) = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}},$$

День	Частка вчасно не-сплачених рахунків	UCL	LCL
1	0,076	0,16	-0,015
2	0,029	0,166	-0,022
3	0,044	0,166	-0,022
4	0,051	0,16	-0,015
5	0,11	0,163	-0,019
6	0,056	0,164	-0,019
7	0,088	0,175	-0,031
8	0,082	0,163	-0,019
9	0,046	0,168	-0,024
10	0,169	0,161	-0,016
11	0,041	0,162	-0,018
12	0,064	0,16	-0,015
13	0,062	0,168	-0,024
14	0,03	0,167	-0,023
15	0,059	0,166	-0,022
16	0,029	0,166	-0,022
17	0,088	0,166	-0,022
18	0,056	0,164	-0,019
19	0,069	0,164	-0,019
20	0,173	0,158	-0,014
21	0,07	0,164	-0,019
22	0,07	0,175	-0,031

Усі розраховані значення нижньої межі регулювання менші за 0, тому на мапу буде нанесено значення $LCL = 0$.

Побудуємо p -мапу (рис. 10.20)

Висновки. Контрольна мапа показує, що процес розрахунків є статистично нестабільним. У 10 та 20 за порядком робочі дні на процес розрахунків впливає певна особлива причина. Проведений аналіз показав, що ці дні — п'ятниця, кінець робочого тижня. У цей день у банку, через який здійснюють розрахунки, скорочений робочий день і тому значна кількість рахунків не встигає бути оплаченою. Керівництво вирішило доповнити бухгалтерську програму модулем, який попереджав бухгалтерів, що кінцева дата сплати рахунку припадає на п'ятницю, і тому рахунок краще сплатити в четвер.

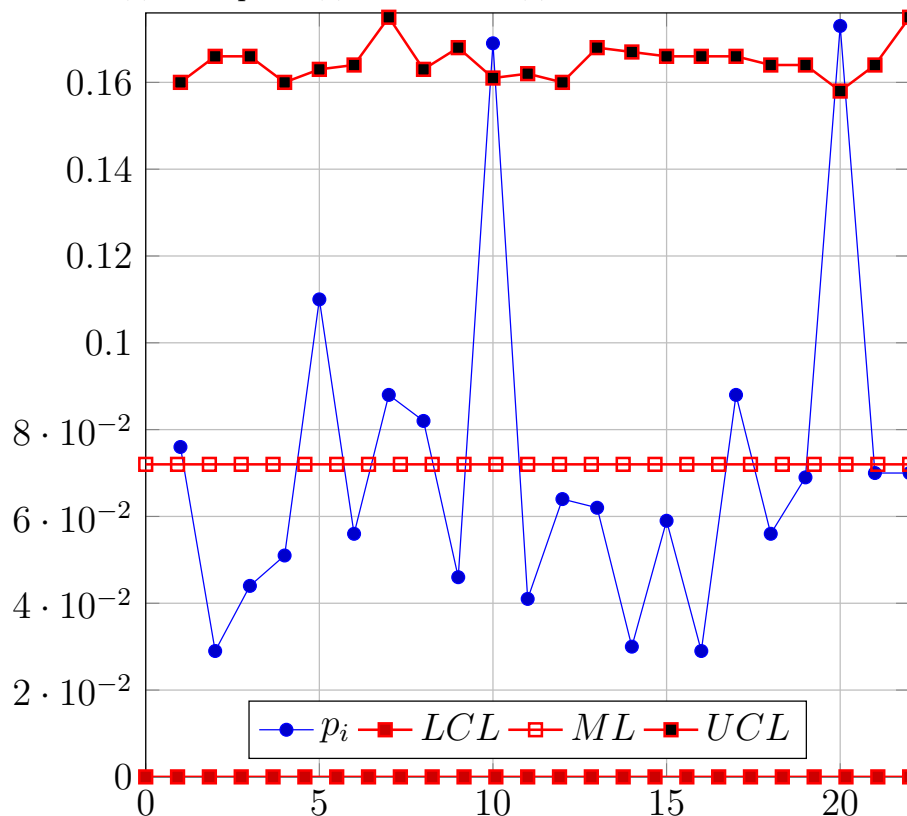


Рисунок 10.20 — Контрольна мапа часток вчасно несплачених рахунків

Оскільки особливу причину вдалося визначити, то спостереження, які відповідали сигналам контрольної мапи, можливо вилучити з перерахунку характеристик контрольної мапи для моніторингу процесу вчасності проведених розрахунків.

Після вилучення спостережень № 10 і 20 середня частка становить

$$\bar{p} = \frac{85}{1394} = 0,0609.$$

Перераховуємо межі регулювання контрольної мапи:

$$UCL(p) = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}};$$

$$LCL(p) = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}.$$

День	Частка вчасно не-сплачених рахунків	UCL	LCL
1	0,076	0,16	-0,015
2	0,029	0,166	-0,022
3	0,044	0,166	-0,022
4	0,051	0,16	-0,015
5	0,11	0,163	-0,019
6	0,056	0,164	-0,019
7	0,088	0,175	-0,031
8	0,082	0,163	-0,019
9	0,046	0,168	-0,024
11	0,041	0,162	-0,018
12	0,064	0,16	-0,015
13	0,062	0,168	-0,024
14	0,03	0,167	-0,023
15	0,059	0,166	-0,022
16	0,029	0,166	-0,022
17	0,088	0,166	-0,022
18	0,056	0,164	-0,019
19	0,069	0,164	-0,019
21	0,07	0,164	-0,019
22	0,07	0,175	-0,031

Усі розраховані значення нижньої межі регулювання менші за 0, тому на мапу буде нанесено значення $LCL = 0$.

Побудуємо p -мапу (рис. 10.21)

Висновки. Контрольна мапа показує, що процес розрахунків є статистично стабільним.

Приклад 3. Контролю піддавали електричний прилад за двома показниками якості. Якщо виріб має дефекти принаймні за однією ознакою, він визначається як невідповідний. Припустима частка браку встановлена на рівні $p_0 = 0,002$ (на тисячу виробів 2 дефектних). Кількість виробів у вибірках відрізняється, тому межі регулювання потрібно розраховувати для кожної вибірки окремо.

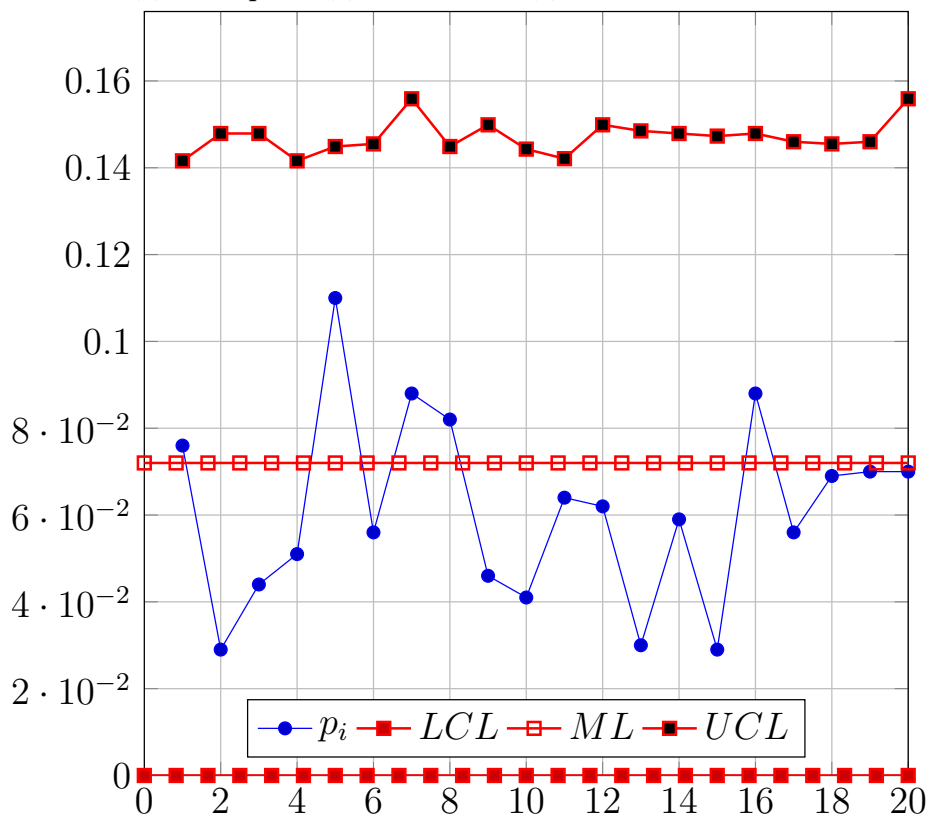


Рисунок 10.21 — Контрольна мапа часток вчасно несплачених рахунків після вилучення сигналів

Номер партії	Обсяг вибірки n	Кількість дефектів на виріб np	Частка браку p	UCL для np	UCL для p
1	600	2	0,003333	4,4863	0,0075
2	1300	2	0,001538	7,4374	0,0057
3	2000	1	0,0005	10	0,005
4	2500	1	0,0004	11,708	0,0047
5	1550	5	0,003226	8,382	0,0054
6	2000	2	0,001	10	0,005
7	1550	0	0	8,382	0,0054
8	780	3	0,003846	5,307	0,0068
9	260	0	0	2,6833	0,0103
10	2000	15	0,0075	10	0,005
11	1550	7	0,004516	8,382	0,0054
12	950	2	0,002105	6,0352	0,0063
13	950	5	0,005263	6,0352	0,0063
14	950	2	0,002105	6,0352	0,0063
15	35	0	0	0,8637	0,0247
16	330	3	0,009091	3,0972	0,0094
17	200	0	0	2,2974	0,0115
18	600	4	0,006667	4,4863	0,0075

Кількість дефектних виробів можна порівняти з межами регулювання для np безпосередньо за таблицею.

Висновки. Під час виготовлення 10 та 19 партій процес було порушено, через це необхідно вжити заходи для визначення причин та їх усунення.

10.2.7 Контрольна мапа кількості невідповідностей на виріб: c -мапа та u -мапа

Якщо сфера можливостей для появи дефектів має постійний обсяг, то використовують c -мапу. Сферу можливостей можна вимірювати такою кількістю продукції, яку зручно досліджувати і здійснювати реєстрацію даних.

Якщо стандартні значення не задані, то характеристики контрольної мапи встановлюють на основі визначеної середньої кількості невідповідностей для всіх виробів. Вона береться як центральна лінія контрольної мапи кількості невідповідностей на виріб:

$$ML = \bar{c} = \frac{\text{defects}}{\text{All}}.$$

Середня помилка вибірки дорівнює $\sqrt{\bar{c}}$, і межі регулювання для c -мапи визначають як:

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}; \\ LCL &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}. \end{aligned}$$

При цьому слід зазначити, що дані підрахунків дефектів на кожний виріб завжди є цілими числами, на відміну від елементів контрольної мапи.

Оскільки розподіл Пуассона не є симетричним, то для нього частка, яка знаходиться за межами 3σ , не збігається з частками, що знаходяться поза межами регулювання. Тому іноді доцільним є використання спеціальних імовірнісних контрольних меж, які стандартно встановлені для відповідної середньої кількості дефектів на основі розподілу Пуассона. Найчастіше їх використовують, коли кількість невідповідностей $\bar{c} < 20$.

Коли область можливих випадків не є постійною, використовують контрольну мапу середньої кількості невідповідностей на виріб (u -мапу). Якщо ми визначимо c_i як загальну кількість невідповідностей у вибірці

з a_i досліджених виробів, середня кількість невідповідностей на досліджений виріб становитиме:

$$u_i = \frac{c_i}{a_i}.$$

Центральну лінію мапи встановлюють на рівні загальної середньої

$$ML = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k a_i}.$$

Оскільки величина c_i має закон розподілу Пуассона, то середнє квадратичне відхилення процесу дорівнює $\sqrt{\frac{u_i}{a_i}}$, і тоді параметри контрольної мапи середньої кількості невідповідностей на виріб визначають так:

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{u_i}{a_i}};$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{u_i}{a_i}}.$$

Якщо $LCL < 0$, то використовують значення 0.

Оскільки межі регулювання визначають на основі області можливих випадків, а вона змінюється, то ми не можемо спрогнозувати майбутні значення меж, а отже, і використати їх під час поточного оцінювання процесу. Це призводить до втрат і затримок під час оцінювання наявності стану статистичного контролю.

Виходом з цієї проблеми є використання середньої області можливостей $\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^k a_i}{k}$. Тоді межі регулювання для u -мапи визначатимуть такими виразами:

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{a}}};$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{a}}}.$$

Приклад 5. Виробник відеоплівки бажає проконтролювати кількість дефектних плям на відеоплівці. Відеоплівка виготовляється довжиною 4000 м. Дані отримують перевіркою поверхні 20 бобін відеоплівки завдовжки 350 м. Для контролю цього процесу є намір використати *c*-мапу, на якій накреслено кількість дефектних плям. Дані наведено в таблиці.

Кількість дефектних плям у бобінах відеоплівки

Бобіна №	Кількість дефектних плям
1	7
2	1
3	2
4	5
5	0
6	6
7	2
8	0
9	4
10	4
11	6
12	3
13	3
14	3
15	1
16	6
17	3
18	1
19	5
20	6
Загалом	68

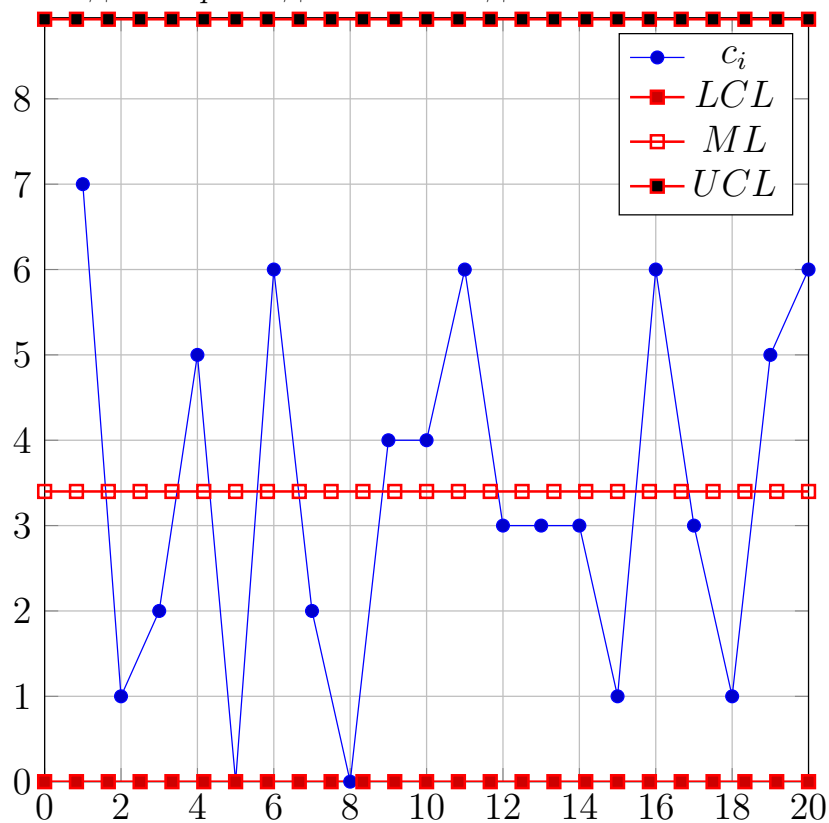
$$\bar{c} = \frac{68}{20} = 3,4;$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{3,4} = 8,932;$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{3,4} = -2,132.$$

Побудуємо контрольну *c*-мапу для дефектів відеоплівки (рис. 10.22).

Висновки. Попередні дані та випробувальні межі регулювання вказують на те, що процес є у стані статистичного контролю.

Рисунок 10.22 — Контрольна c -мапа для дефектів відеоплівки

Приклад 6. На заводі з виготовлення шин кожні пів зміни перевіряють 150 шин і протоколюють загальну кількість дефектів на один виріб u . Щоб вивчити стан наявності статистичного контролю процесу було вирішено побудувати u -мапу для кількості дефектів на один виріб. Дані спостережень наведено в таблиці.

Підгрупа №	Кількість дефектів c	Кількість дефектів на одиницю продукції u
1	4	0,0267
2	5	0,0333
3	3	0,02
4	6	0,04
5	2	0,0133
6	1	0,0067
7	5	0,0333
8	6	0,04
9	2	0,0133
10	4	0,0267
11	7	0,0467
12	5	0,0333
13	2	0,0133
14	3	0,02
Усього	55	0,0262

Середню лінію обчислюють так: загальну кількість дефектів c поділити на загальну кількість перевірених виробів ($14 \cdot 150$).

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n} = \frac{55}{14 \cdot 150} = 0,02619.$$

Характеристики u -мапи:

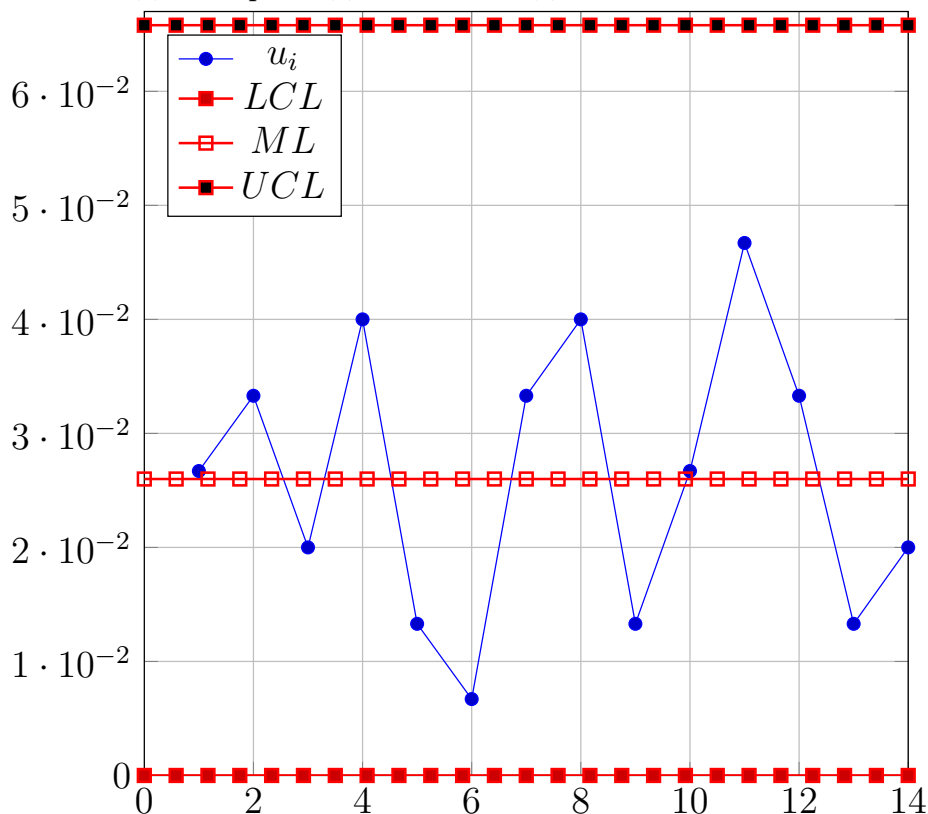
$$ML = 0,02619;$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 0,065831;$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = -0,01345.$$

Оскільки LCL має від'ємне значення, що є неможливим, то нижня межа дорівнює 0.

Побудуємо контрольну u -мапу для процесу виготовлення шин (рис. 10.23).

Рисунок 10.23 — Контрольна u -мапа для процесу виготовлення шин

Через те що обсяги підгруп є однаковими, можна було б використати c -мапу.

Висновки. Мапа вказує, що процес знаходиться у стані статистичного контролю.

Приклад 7. На підприємстві контролювали кількість дефектів, які припадають на один мідний злиток, при нормі один дефект на злиток. Мідний дріт, який виготовлено з таких злитків, не має містити великої кількості дефектів. Оскільки обсяг партії виготовлених злитків значно змінюється від дня до дня, складають план вибірок трьох різноманітних обсягів. При цьому використовують контрольну мапу середньої кількості дефектів на один виріб. Дані наведено в таблиці.

Результати контролю партії мідних злитків.

Номер партії	Обсяг вибірки n	Кількість дефектів c	Кількість дефектів на одиницю продукції u	UCL	LCL
1	100	75	0,75	1,3	0,7
2	100	138	1,38	1,3	0,7
3	200	212	1,06	1,21	0,788
4	400	444	1,11	1,15	0,85
5	400	508	1,27	1,15	0,85
6	400	312	0,78	1,15	0,85
7	200	168	0,84	1,21	0,788
8	200	266	1,33	1,21	0,788
9	100	119	1,19	1,3	0,7
10	100	130	1,3	1,3	0,7
11	100	58	0,58	1,3	0,7
12	400	480	1,2	1,15	0,85
13	400	316	0,79	1,15	0,85
14	200	162	0,81	1,21	0,788
15	200	178	0,89	1,21	0,788
Сума	3500	3566			

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{3566}{3500} = 1,019.$$

$$ML = \mu_u = 1$$

Межі регулювання визначають як

$$UCL = \mu_u + 3\sqrt{\frac{\mu_u}{n_i}};$$

$$LCL = \mu_u - 3\sqrt{\frac{\mu_u}{n_i}}.$$

Побудуємо контрольну u -мапу для вибірок неоднакового обсягу, коли μ_0 задано (рис. 10.24).

Висновки. Контрольна мапа показує, що процес статистично не керується (точки 2, 5, 8 та 12 знаходяться вище UCL, а точки 6, 11, 13 нижче LCL). Середній рівень якості (1,019 дефекти на один виріб) трохи нижче бажаного. Це свідчить про необхідність покращення виробничого процесу.

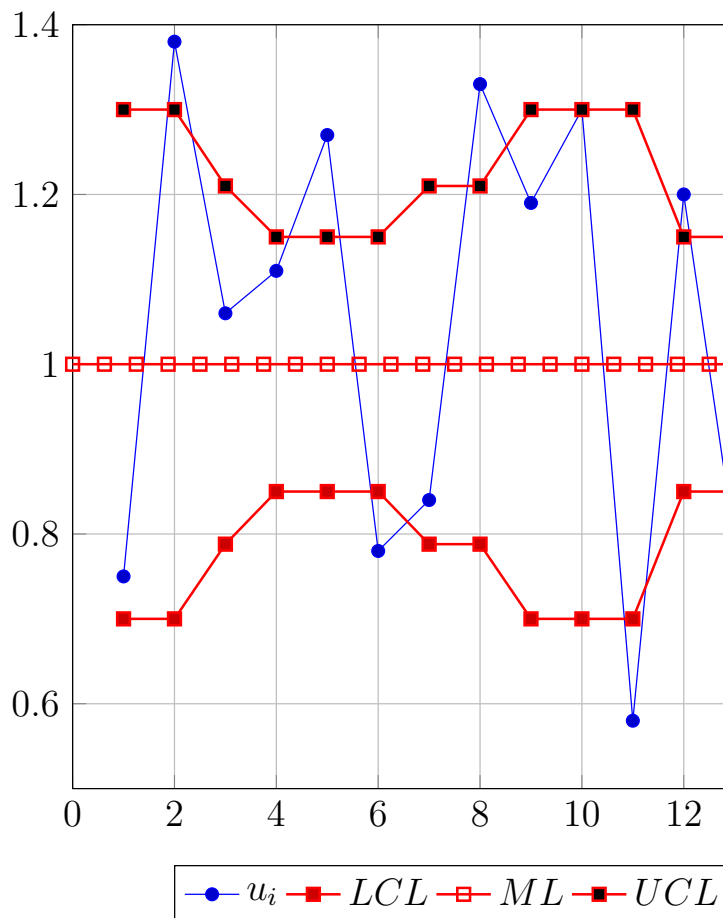


Рисунок 10.24 — Контрольна u -мапа для вибірок неоднакового обсягу, коли μ_0 задано

10.3 Гістограма

Гістограма (від строгрецької *ιστος* — стовп + *γραμμα* — риска, літера, написання) — спосіб графічного подання табличних даних. Гістограма є діаграмою, що складається з прямокутників без розривів між ними. Кількісні співвідношення деякого показника подані у вигляді прямокутників, площі яких пропорційні. Найчастіше для зручності сприйняття ширину прямокутників беруть однаковою, при цьому їх висота вказує співвідношення параметра, який відображають.

У нашому випадку **гістограмою вибірки** називають графічне зображення залежності частоти потрапляння елементів вибірки від відповідного інтервалу групування.

Як ординати тут беруть не власне частоту, а частоту, поділену на довжину інтервалу групування. Якщо всі інтервали групування мають однакову довжину, ділення на Δ пропускають й n_j або h_j використовую-

ють як ординати.

Гістограму застосовують тоді, коли необхідно дослідити й уявити розподіл даних про кількість одиниць у кожній категорії за допомогою стовпчикового графіка.

Іноді буває дуже корисно зобразити у вигляді стовпчикового графіка частоту, з якою з'являється певна подія (так званий частотний розподіл).

Гістограма визначає стан якості перевіреної партії виробів та допомагає розібратися у стані якості виробу у генеральній сукупності, знайти в ній розташування середнього значення.

У загальному випадку гістограму застосовують для:

- відображення картини змін;
- візуального передавання інформації про проведення процесу;
- прийняття рішення про те, де зосередити зусилля з поліпшення.

Поетапна процедура використання цього методу полягає в наступному:

1. Відберіть значення різноманітних показників.
2. Утворіть варіаційний ряд.
3. Визначіть діапазон даних через обчисленні розмаху $R = x_{max} - x_{min}$.
4. Визначіть кількість інтервалів $k = \lfloor \sqrt{n} \rfloor$ або $k = \lfloor \log_2 n + 1 \rfloor$.
5. Визначіть довжину інтервалу $\Delta = \frac{R}{k}$.
6. Визначіть межі інтервалів.
7. Побудуйте статистичний ряд.
8. Позначте на горизонтальній осі шкалу показників різних значень якості.
9. Позначте на вертикальній осі шкалу частот (кількість або відсоток спостережень).
10. Пакресліть висоту кожного інтервалу, яка дорівнює кількості показників значень, що потрапляють у межі інтервалу.

Приклад.

1. Відбираємо значення показників

13,39	13,42	13,38	13,53	13,51	13,30	13,40	13,40	13,28	13,43
13,46	13,53	13,55	13,29	13,24	13,34	13,54	13,66	13,43	13,42
13,38	13,34	13,57	13,26	13,33	13,43	13,50	13,44	13,53	13,48
13,48	13,34	13,36	13,59	13,36	13,44	13,34	13,33	13,25	13,28
13,49	13,33	13,26	13,26	13,55	13,54	13,37	13,31	13,37	13,33
13,54	13,32	13,52	13,39	13,62	13,40	13,21	13,45	13,47	13,56
13,42	13,45	13,32	13,44	13,58	13,50	13,36	13,40	13,50	13,37
13,30	13,50	13,40	13,28	13,31	13,64	13,31	13,53	13,57	13,58

2. Утворюємо варіаційний ряд

13,21	13,24	13,25	13,26	13,26	13,26	13,28	13,28	13,28	13,29
13,30	13,30	13,31	13,31	13,31	13,32	13,32	13,33	13,33	13,33
13,33	13,34	13,34	13,34	13,34	13,36	13,36	13,36	13,37	13,37
13,37	13,38	13,38	13,39	13,39	13,40	13,40	13,40	13,40	13,40
13,42	13,42	13,42	13,43	13,43	13,43	13,44	13,44	13,44	13,45
13,45	13,46	13,47	13,48	13,48	13,49	13,50	13,50	13,50	13,50
13,51	13,52	13,53	13,53	13,53	13,53	13,54	13,54	13,54	13,55
13,55	13,56	13,57	13,57	13,58	13,58	13,59	13,62	13,64	13,66

3. Визначаємо розмах

$$R = x_{max} - x_{min} = 13,66 - 13,21 = 0,45.$$

4. Визначаємо кількість інтервалів $k = \lfloor \sqrt{n} \rfloor$

$$k = \lfloor \sqrt{n} \rfloor = \lfloor \sqrt{80} \rfloor = 8,94427191 \approx 9.$$

5. Визначаємо довжину інтервалу

$$\Delta = \frac{R}{k} = \frac{0,45}{9} = 0,05.$$

6. Визначаємо межі інтервалів

$$X_i = x_{min} + i \cdot \Delta, i = 0 \dots k - 1,$$

13,21	13,26	13,31	13,36	13,41	13,46	13,51	13,56	13,61	13,66
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

7. Будуємо статистичний ряд

$$\begin{pmatrix} 13,21 \dots 13,26 & 6 \\ 13,26 \dots 13,31 & 6 \\ 13,31 \dots 13,36 & 16 \\ 13,36 \dots 13,41 & 12 \\ 13,41 \dots 13,46 & 11 \\ 13,46 \dots 13,51 & 9 \\ 13,51 \dots 13,56 & 11 \\ 13,56 \dots 13,61 & 6 \\ 13,61 \dots 13,66 & 3 \end{pmatrix}$$

8. Будуємо гістограму (рис. 10.25)

Рисунок 10.25 — Гістограма

10.4 Діаграма Парето

Стовпчикова діаграма, яку названо ім'ям італійського економіста В. Парето (1845 – 1923), котрий винайшов формулу, що показує нерівномірність розподілу благ, а саме, найбільша частина доходів або благ належить невеличкій кількості людей, але вони найбільше віддають. Подібний розподіл для класифікації проблем якості на малочисельні суттєво важливі й багаточисельні несуттєві вперше застосував американський вчений Дж. Джуран й назвав цей метод аналізом Парето, згідно з яким у більшості випадків переважна кількість дефектів та пов'язані з ними втрати виникають через невелику кількість причин.

Суть діаграми Парето полягає в тому, що під час її побудови у більшості випадків виявляють статистичну закономірність, так званий «Закон 80/20», який означає, якщо кількість дефектів прийняти за 100 %, то приблизно 80 % усіх дефектів має місце через приблизно 20 % усіх можливих причин. Економічно доцільним буде усунути 1/5 частину причин, які найбільше шкодять. Діаграма Парето дозволяє визначити основні причини виникнення проблем й відокремити їх від другорядних причин.

Порядок побудови діаграми полягає в такому.

На базі узагальнених даних первинного обліку у спеціальній таблиці впорядковують сукупність видів дефектів.

Код	Дефект або причина	Кількість дефектів	Сума дефектів	Відсоток дефектів	Кумулятивний відсоток дефектів
A	Відмова блоку 1	88	88	55	55
B	Відмова блоку 2	40	128	25	80
C	Відмова блоку 3	16	144	10	90
D	Помилка монтажу	4	148	2,5	92,5
E	Інші	12	160	7,5	100

Особливістю таблиці для побудови діаграми Парето є послідовність запису факторів (видів причин, дефектів) згори вниз у порядку зменшення значущості їх впливу на об'єкт аналізу.

Під час побудови діаграми Парето на осі абсцис відкладають дані стовпчиків 1 та 2, а по осі ординат дані стовпчика 3 у порядку зменше-

ння частоти появи дефектів, розташовуючи при цьому «інші дефекти» останніми (рис. 10.25).

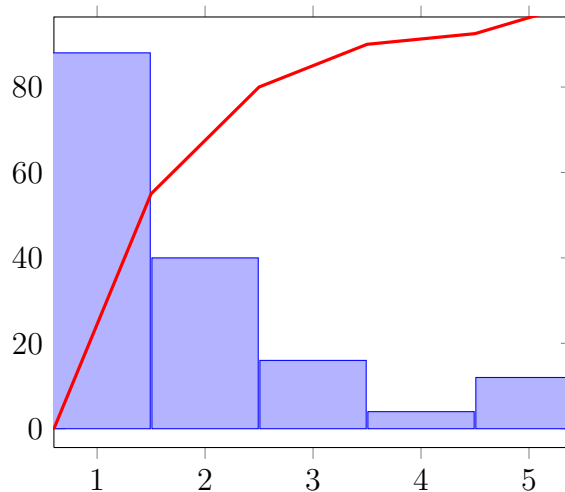


Рисунок 10.26 — Приклад діаграми Парето

За отриманими даними на осях абсцис та ординат будують стовпчиковий графік, де кожному факторові відповідає прямокутник (стовпчик), вертикальна сторона якого дорівнює значенню частоти повторення об'єкта, що розглядається, який відкладено на осі ординат. Ширина стовпчиків вибирається однаковою.

Крім стовпчикової діаграми, малюють криву Лоренця (криву кумулятивного відсотка), додавши попередньо праворуч додаткову ординату й визначивши на ній точки, які відповідають даним графі «Кумулятивний відсоток дефектів».

Сукупний графік, який об'єднує стовпчикову діаграму та криву Лоренця, називають діаграмою Парето.

З діаграми випливає, що фактор «Відмова блоку 1» має найбільшу вагу (55 %) і є головною причиною значної кількості рекламаций.

З кривої Лоренця, яка характеризує накопичення втрат залежно від рівнів ваги фактора, випливає, що підпорядковуючись закону «80/20», слід насамперед усі зусилля спрямувати на усунення виявлення двох факторів відмов блоку 1 (фактор А) та відмов блоку 2 (фактор Б), які мають сукупну вагу у появі рекламаций, яка дорівнює 80 % (55 % + 25 %).

Діаграма Парето є первинною, найгрубішою моделлю ступеня впливу дефектів на якість об'єкта.

Зазвичай здійснюють подальший аналіз цього впливу вже всередині

кожного виду дефекту, тобто здійснюють нібито «розшарування» первинної діаграми Парето за складовими елементами.

Узагальнюючи вищесказане, можна встановити загальний порядок побудови діаграми Парето.

1. Виберіть проблеми, які необхідно вирішити, і розташуйте їх у порядку важливості (через «мозкову атаку», використовуючи наявні дані — звіти).
2. Визначіть критерій для порівняння одиниць вимірювання (натуральні характеристики, цінові).
3. Визначіть період часу для вивчення.
4. Згрупуйте дані за категоріями, порівняйте критерій кожної групи.
5. Впорядкуйте категорії зліва направо на горизонтальній осі у порядку зменшення значення критерію. В останній стовпчик поставте категорію, яка має найменше значення.
6. Побудуйте криву Лоренця.

Поступово поділяючи головні причини на складові до першопричин й визначаючи за допомогою діаграми Парето найважливіші з них, можна побудувати розгалужену схему основних причин зв'язків (діаграму причин), яка надає можливість цілеспрямовано, з найменшими затримками розв'язати проблему, котру розглядають.

10.5 Діаграма розкиду

Діаграма розкиду є графічним методом вивчення залежності між двома пов'язаними наборами даних, які з'являються парами (наприклад, x та y — по одному від кожного набору). Дані, що зображено на діаграмі розкиду, утворюють поле кореляції. Залежність між пов'язаними наборами даних встановлюють на базі форми поля кореляції. Додатна залежність між x та y означає, що збільшення значень x пов'язано зі збільшенням значень y і навпаки.

Вигляд полів кореляції, що часто зустрічаються, наведено на рис. 10.27. Вивчаючи ці види, можна зрозуміти залежність між вказаним вище набором даних.



Рисунок 10.27 — Діаграми розкиду, які часто зустрічаються

Процедура побудови діаграми розкиду полягає у наступному:

1. Відберіть парні дані з двох пов'язаних наборів даних, залежність яких треба вивчити. Бажано мати до 30 пар даних.
2. Позначте осі (x та y).
3. Знайдіть мінімальне та максимальне значення для x та для y , нанесіть їх на осі, визначте мірило (масштаб) (обидві осі повинні мати однакову довжину).
4. Нанесіть на поле парні дані ($x; y$), причому якщо значення збігаються, позначте їх якимось іншим символом або кольором.
5. Дослідіть вигляд полів кореляції для встановлення типу та сили залежності.

Для більш точного визначення значення коефіцієнту кореляції й обґрунтування залежності користуйтеся формулами та рекомендаціями, які наводять у літературі з кореляційного та регресійного аналізу.

Запитання для самоперевірки

1. Для чого використовують контрольні мапи?
2. Наведіть зразок контрольної мапи. Позначте на ньому лінію середнього значення ознаки якості (M), верхню межу регулювання (UCL), нижню межу регулювання (LCL).
3. Назвіть три основних типи контрольних мап. Яке призначення кожного з них?
4. Які контрольні мапи належать до першої групи залежно від виду контролю? Для чого застосовують кожен з них?
5. Які контрольні мапи належать до другої групи залежно від виду контролю? Яку перевагу вони мають порівняно з мапами, що належать до першої групи?
6. Назвіть типи мап за альтернативною ознакою.
7. Розкрийте поняття «приймальна контрольна мапа». Чим приймальна контрольна мапа відрізняється від звичайної?
8. Назвіть найбільш розповсюджені типи приймальних контрольних мап.
9. Для чого використовується адаптивна контрольна мапа? Чим вони відрізняються від звичайних і приймальних?
10. Які типи помилок можуть виникнути під час застосування контрольних мап?
11. Які можливі варіанти результатів процесу можна визначити за допомогою контрольних мап. Наведіть приклади.
12. З процесу виготовлення деталей збирають вибіркові дані. Обсяг кожної вибірки становить 5 деталей. Результати вибірових спостережень для 15 послідовних вибірок зведено у таблицю. За даними

таблиці побудуйте $\bar{X} - R$ -мапу. Проаналізуйте технологічний про-

№	1	2	3	4	5
1	155	152	156	159	152
2	150	154	153	151	154
3	147	144	155	148	154
4	155	152	159	140	148
5	147	151	147	154	152
6	150	148	148	162	150
7	153	146	150	145	147
8	152	149	146	139	158
9	141	156	150	151	153
10	144	147	151	149	145
11	155	152	160	152	153
12	151	151	162	151	150
13	143	151	150	150	157
14	149	144	149	151	149
15	153	151	159	153	152

цес.

13. Для завдання п. 12 побудуйте $\bar{X} - S$ -мапу. Зробіть висновки про технологічний процес.
14. Побудуйте контрольну мапу $Me - R$ для даних, що наведені в таблиці. Зробіть висновки про технологічний процес.

№	1	2	3	4	5
1	27	13	29	22	16
2	12	23	15	16	17
3	28	13	17	21	18
4	8	14	24	19	13
5	28	20	18	15	14
6	21	28	21	12	14
7	26	22	25	25	15
8	23	27	24	15	12
9	10	26	30	12	22
10	18	21	28	30	22
11	20	19	34	32	14
12	22	15	18	21	22
13	15	17	23	11	20
14	15	15	21	11	24
15	16	25	22	35	24

15. Для яких процесів застосовуються контрольні мапи частки невідповідностей (p -мапи)? Як розраховуються межі регулювання для таких мап в таких випадках:
- вибірки, що досліджують, мають постійний обсяг;
 - вибірки, що досліджують, мають різний обсяг;
 - найбільша вибірка перевищує найменшу на 25 %;
 - найбільша вибірка перевищує найменшу більше ніж на 25 %.
16. Побудуйте p - та np -мапу для даних, які наведено в таблиці. Зробіть висновки про технологічний процес.

№	Кількість перевірних виробів n	Кількість невідповідних виробів np
1	2000	5
2	2000	9
3	2000	11
4	2000	3
5	2000	2
6	2000	5
7	2000	4
8	2000	11
9	2000	12
10	2000	5
11	2000	8
12	2000	2
13	2000	1
14	2000	7
15	2000	4
16	2000	10
17	2000	9
18	2000	6
19	2000	5
20	2000	4

17. Що таке гістограма? Для чого вона застосовується? Який порядок побудови гістограми?
18. Що таке діаграма Парето? Для чого її застосовують? Який порядок побудови діаграми Парето? Що таке крива Лоренця?
19. Для чого застосовують діаграму розкиду? Який порядок побудови діаграми розкиду?

11 Додаткові методи під час керування якістю

11.1 Бенчмаркінг

Бенчмаркінг — це нове (і модне) слово в управлінських колах. В Україні до цього поняття ставляться ще насторожено, побоюючись, що поняттям бенчмаркінг прикривають промислову розвідку. Насправді різниця між двома цими методами принципова. Бенчмаркінг — метод вивчення чужого досвіду, який не становить таємниці.

Уперше цей метод розроблений 1972 року для оцінки ефективності бізнесу Інститутом стратегічного планування у Кембриджі (США). Уперше цілеспрямовано використовувати бенчмаркінг почала компанія «Rank Xerox» у момент найтяжчої кризи 1979 року для аналізу витрат і якості власних продуктів у зіставленні з японськими продуктами. У найбільш загальному сенсі benchmark — це щось, що має певну кількість, якість і спроможність бути використаним як еталон порівняно з іншими предметами.

Першою метою бенчмаркінгу є пошук бізнесу, у якого справи йдуть краще, ніж у вас. Але цього недостатньо: після знаходження кращого способу управління і ведення справ, ви, як і раніше, маєте самотійно відшукувати відповідь на запитання «Як це зробити краще?».

Фактично бенчмаркінг — це альтернативний метод стратегічному плануванню, у якому завдання визначають не від досягнутого, а на основі аналізу показників конкурентів. Технологія бенчмаркінгу об'єднує в єдину систему розробку стратегії, галузевий аналіз і аналіз конкурентів.

Застосування бенчмаркінгу, по суті, полягає в чотирьох послідовних діях:

1. Розуміння деталей власних бізнес-процесів.
2. Аналіз бізнес-процесів інших компаній.
3. Порівняння результатів власних процесів з результатами компаній, роботу яких аналізують.
4. Впровадження необхідних змін для скорочення відриву.

Звідси виділяють такі види бенчмаркінгу:

- **внутрішній** — порівняння роботи підрозділів компанії;
- **конкурентний** — порівняння власного підприємства з конкурентами за різними параметрами;

- **загальний** — порівняння компанії з непрямими конкурентами за обраними параметрами;
- **функціональний** — порівняння за функціями (продажу, закупівлі тощо).

Досвід застосування бенчмаркінгу показує, що реалізація цього методу має складатися з таких етапів:

Етап 1. Виділення функціональних ділянок для аналізу

Поширена помилка на цьому етапі — спроба аналізувати все і одночасно. Бенчмаркінг вимагає часу, зусиль і уваги з боку керівництва. Це означатиме, що потрібно встановити пріоритетні функції підприємства, тобто визначити, за якими функціями треба проводити бенчмаркінг у першу, другу і третю черги, а за якими не проводити взагалі. Жодних встановлених правил відбору даних функцій не існує. Здоровий глузд підказує, що можна застосувати, наприклад, такі критерії:

- які функції займають найбільший відсоток у собівартості?
- які функції відіграють основну роль у конкурентній боротьбі?
- які функції мають максимальну можливість покращення?

Етап 2. Визначення факторів і показників, які аналізують.

Аналіз за системою бенчмаркінгу передбачає вимірювання певної управлінської функції за конкретними факторами і показниками (наприклад, кількість рахунків клієнтів, які контролює один працівник; обсяг відходів на одиницю продукту; тривалість циклу НДДКР; площа виробничих приміщень на одного працівника тощо). Цих факторів безліч, тому їх доводиться об'єднувати в групи.

Етап 3. Відбір лідерів галузі і поза нею.

Призначення бенчмаркінгового аналізу — визначення підприємств з кращими кількісними та якісними показниками і встановлення цих показників як цілей власного досягнення. Так званих кращих у класі підприємств можна вибрати з таких груп:

- прями конкуренти;
- паралельні конкуренти (підприємства у тій самій галузі бізнесу, але такі, що не конкурують безпосередньо з нами);

- латентні конкуренти — це підприємства, з якими ми не конкуруємо зараз, але які можуть становити для нас загрозу в майбутньому. Це найцікавіші і найнебезпечніші конкуренти, бо від них найчастіше виходить демпінг витрат і вища якість продуктів і послуг;
- підприємства поза галуззю — це найбільш творча частина аналізу лідерів.

Саме тут виявляється глибина уяви аналітиків і нестандартність їх рішень. Роздивитись в іншій галузі те, що можна докласти до своєї, — це справжнє мистецтво. Тут є й інший аспект проблеми. Коли аналізуєш конкурента, то потрапляєш у позицію «того, хто наздоганяє». Аналізуючи лідерів поза галуззю, є реальна можливість опинитися попереду конкурентів.

Як тільки створений перелік підприємств, потенційних об'єктів порівняння, необхідно оптимізувати цей список і звести його до мінімуму, користуючись такими правилами:

1. Обмежити список підприємств до 4–6.
2. Використовувати найбільш різноманітний список підприємств.
3. Відбирати дійсних лідерів за показниками частки на ринку, зростання обсягу продажів, прибутковості тощо.
4. Відбирати найбільш винахідливі і творчі підприємства у розрізі напрямів аналізу.

Етап 4. Збирання та оцінювання показників лідерів за вибраними факторами.

Ідеться про визначення джерел інформації для бенчмаркінгового аналізу, наприклад, у розрізі груп, що наведено у табл. 11.1.

Етап 5. Порівняння показників.

Це складне питання, яке вимагає окремої методичної розробки. Зазначимо лише два моменти.

По-перше, потрібно прагнути збирати дані про лідерів і про себе в одному форматі, тоді легко буде порівнювати «яблука з яблуками».

По-друге, важливо визначити розумну межу детальності і точності збираної інформації у контексті подальшого використання чужого досвіду.

Таблиця 11.1 — Групи джерел інформації

Публікації	Обмін інформацією	Зовнішні джерела
1. Річні звіти підприємства, брошури про продукти і послуги компанії, оновлені прес-релізи	1. Професійні конференції	1. Клієнти
2. Публікації у діловій пресі	2. Прямі контакти з підприємствами інших галузей	2. Постачальники
3. Публікації у місцевій пресі	3. Неформальні контакти зі співробітниками підприємств, що конкурують	3. Оптовики
4. Аналітичні звіти за сегментами ринку		4. Урядові фактори
5. Публікації професійних асоціацій		5. Консультанти
6. Публікації з урядових джерел		

Етап 6. Розробка програм дій для ліквідації розривів.

Програми дій, що витікають з бенчмаркінгового аналізу, можна звести до чотирьох категорій:

1. Програми «Працювати краще». У цьому випадку компанія вважає, що потрібно зібрати свої сили і дотягнути до конкурента. Хоча це хороші програми, однак не слід зводити всі плани дій тільки до них. Як правило, організація і так працює напружено і навряд чи можна досягти успіхів, підганяючи тих, хто і так докладає чималих зусиль.
2. Програма «Імітація (копіювання) конкурентів». Легка, але малоефективна програма. У цьому випадку мало шансів вийти вперед.
3. Програма «Пряме випередження конкурентів». Можлива на основі інформації з інших галузей.
4. Програма «Зміна правил гри на ринку». Цей вид програм дій має місце, коли нічого не можна зробити з об'єктивних економічних або політичних причин. У цьому випадку потрібна принципова ломка стратегії поведінки (поява нового продукту або послуги, зміна сегмента ринку, зміна цільової групи клієнтів тощо.).

Етап 7. Впровадження і моніторинг.

Результати бенчмаркінгу, як правило, необхідно піддавати систематичному моніторингу. Японці в цьому сенсі дійшли до крайнощів, встановлюючи персональну відповідальність за досягнення цілей, що витікають з бенчмаркінгового аналізу.

Виходячи з особливостей вітчизняної ділової культури, рекомендуємо проводити щорічний моніторинг за методом бенчмаркінгу, застосовуючи його до циклу стратегічного планування. Відомо, що бенчмаркінг можна застосовувати не тільки для запозичення методів ефективного управління, а і для запозичення технологій, ноу-хау, зразків товарів, способів роботи на ринку тощо. Іншими словами, цей метод ширший за проблематику управлінських інновацій.

11.2 Мережний графік

Мережний графік — це графічна модель, для якої повний комплекс технологічних процесів поділяють на окремі види робіт, початковий та кінцевий етапи яких характеризуються вершинами подіями. Робота за мережним графіком — це певний процес, який передуює реалізації певної події.

У царині якості це визначення дещо модифікують.

Мережний графік — це динамічна модель виробничого процесу, що відбиває технологічну залежність і послідовність виконання комплексу робіт, яка пов'язує їх завершення в часі з урахуванням витрат ресурсів і вартості робіт з виділенням при цьому вузьких (критичних) місць.

Мережний графік — граф, який відображає роботи проекту, зв'язки між ними, стан проекту, події процесів. Мережний графік можна будувати у трьох варіантах:

1. Вершини графа відображають стан деякого об'єкта (наприклад, будівництва) або події, а дуги — роботи (задачі), що ведуться на цьому об'єкті.
2. Вершини графа відбивають роботи, а зв'язки між ними — залежності між роботами.
3. Замість стрілочної діаграми (першої або другої) іноді будують **стрічкову діаграму Ганта**.

Граф — умовна схема, що складається із заданих точок (вершин), які з'єднані між собою певною системою ліній. Відрізки, що сполучають вершини, називаються ребрами (дугами) графа. Орієнтованим вважається такий граф, на якому стрілками вказані напрямки всіх його ребер (або дуг). Графи мають назву карт, лабіринтів, мереж і діаграм. Дослідження цих схем проводять методами теорії, що отримала назву «теорія графів». Вона оперує такими поняттями, як путь, контури тощо.

Путь — послідовність дуг (або робіт), коли кінець кожного попереднього відрізка збігається з початком наступного. Контур означає таку кінцеву путь, у якій початкова вершина або подія збігається із завершальним, кінцевим. У теорії графів мережний графік — це орієнтований граф без контурів, дуги (або ребра) якого мають одну або кілька числових характеристик. На графіку ребрами вважаються роботи, а вершинами — події.

Робота в плані є певною діяльністю, яка необхідна для досягнення конкретних результатів (кінцевих продуктів нижнього рівня). Робота є основним елементом діяльності на найнижчому рівні деталізації плану, на це виконання потрібен час, який може затримати початок виконання інших робіт. Момент закінчення роботи означає факт одержання кінцевого продукту (результату роботи).

Іноді як синонім поняття роботи використовують термін **задача**.

Роботою слід вважати можливе очікування початку наступних процесів, яке пов'язане з перервами чи додатковими витратами часу.

Подіями вважають кінцеві результати попередніх робіт. Подія фіксує факт виконання роботи, конкретизує процес планування, містить можливість різного тлумачення підсумків виконання різних процесів і робіт. На відміну від роботи, що вимагає часу на її виконання, подія є тільки моментом звершення планованої дії, наприклад мета обрана, план складений, товар вироблений, продукція сплачена, гроші надійшли тощо. Події бувають початковими або вихідними, кінцевими або завершальними, простими або складними, а також проміжними, попередніми чи наступними тощо. Існують три основні способи зображення подій та робіт на мережних графіках: вершини-роботи, вершини-події та змішані мережі.

Мережна діаграма — графічне відображення робіт проекту та їх взаємозв'язків. У плануванні та управлінні проектами під терміном «мережа» розуміється повний комплекс робіт, подій і віх проекту з встановленими між ними залежностями — путями.

На рисунку 11.2 наведено граф, вершини якого відображають події виробничого процесу «сертифікаційні випробування продукції». Дуги у цьому графі — це робота (задача).

У певному сенсі цей граф схожий на дерево цілей. Самостійно визначте, чим цей малюнок відрізняється від «дерева»?

Послідовність подій у цьому прикладі визначена за «**принципом монтера**» «**Утром — деньги, вечером — стулья**» з роману (гл. 36) «Дванадцять стульев» (1928) радянських письменників Ільї Ільфа (1897 - 1937) та Євгена Петрова (1903 - 1942). «**Деньги вперед, — заявил монтер, — утром — деньги, вечером — стулья или вечером — деньги, а на другой день утром — стулья**».

Цей принцип збігається з принципом оцінювання відповідності «неупередженість». Результати випробувань можуть бути і позитивними і негативними. Навряд чи замовник забажає після отримання негативних



Рисунок 11.1 — Мережний графік процесу «сертифікаційні випробування продукції» у вигляді графа подій.

результатів випробувань сплатити роботу лабораторії. А працівники лабораторії в цьому випадку мають спокусу підробити результати випробувань, щоб отримати кошти. Для запобігання таких випадків введено правило — гроші вперед. Випробування почнуться тільки після оплати робіт. Ну і зазвичай після отримання продукції на випробування.

На рисунку 11.2 наведено граф, вершини якого відображають роботи (задачі, дії) виробничого процесу «сертифікаційні випробування продукції». Дуги у цьому графі — це зв'язок.



Рисунок 11.2 — Мережний графік процесу «сертифікаційні випробування продукції» у вигляді графа дій

Мережний графік не є блок-схемою в тому сенсі, в якому цей засіб використовується для моделювання ділових процесів. Принциповою відмінністю від блок-схеми (або мапи) є те, що мережна діаграма моделює тільки логічні залежності між елементарними роботами. Вона не відображає входи, процеси і виходи і не допускає повторюваних циклів або петель.

У всіх мережних графіках важливим показником слугує путь.

Путь в мережному графіку — будь-яка послідовність робіт (стрілок), що пов'язує між собою кілька подій.

Путь, що з'єднує початкову і завершальну події мережі, вважають **повною**, усі інші — **неповними**. Кожна путь характеризується своєю тривалістю, яка дорівнює сумі тривалостей складових її робіт. Повну путь, яка має найбільшу тривалість, називають критичною путтю.

Критична путь — найдовший за часом послідовний ланцюжок робіт, що ведуть від вихідної до завершальні події.

Мережна модель — це форма графічного відображення змісту, тривалості та послідовності виконання заходів щодо реалізації планів будь-якого характеру і призначення, а також потреб в економічних ресурсах. На відміну від простих лінійних графіків і табличних розрахунків, мережні методи планування дозволяють розробляти та оптимізувати розвиток складних виробничих систем в аспекті їх довгострокового використання.

Мережне планування — метод, за якого використовують графічне моделювання запланованого комплексу робіт, які виконують, що відображає їхню логічну послідовність, наявний взаємозв'язок і планову тривалість.

У сучасних системах управління мережні методи планування можуть бути реалізовані на високому професійно-технічному рівні в процесі застосування програмного забезпечення пакета **Microsoft Office Project**, що забезпечує широкий спектр функціональних можливостей рішення і аналізу завдань організації, планування та управління найрізноманітнішими процесами, проектами і виробничими системами і призводить до помилок під час перенесення проекту з комп'ютера на комп'ютер, а особливо на іншу платформу.

Під час використання мережних графіків можлива оптимізація моделі за двома критеріями:

- **мінімізація часу** виконання комплексу запланованих робіт за заданої вартості проекту;
- **мінімізація вартості** всього комплексу робіт за заданого часу виконання проекту.

Для оптимізації мережного графіка використовують два методи.

- **Метод критичної путі** дозволяє розрахувати можливі календарні графіки виконання комплексу робіт на основі описаної логічної структури мережі та оцінювання тривалості виконання кожної роботи, визначити критичну путь проекту. Метод розроблений у 1956 р. для

складання планів-графіків великих комплексів робіт з модернізації заводів фірми «Дюпон».

- **PERT (Program Evaluation and Review Technique)** — спосіб аналізу завдань, які необхідні для виконання проекту, особливо аналізу часу, що потрібен для виконання кожної окремої задачі, а також визначення мінімально необхідного часу для виконання всього проекту. Метод розроблений корпорацією «Локхід» і консалтинговою фірмою «Буз, Аллен енд Гамільтон» для реалізації великого проекту розробки ракетної системи «Поларіс».

Резерв часу виконання події — проміжок часу, на який може бути відстрочено звершення події без порушення запланованих мережним графіком термінів закінчення проектних робіт.

Обчислюють часовий резерв (або запас часу) як різницю між найбільш раннім можливим терміном завершення роботи і найпізнішим припустимим часом її виконання. Управлінський сенс часового резерву полягає у тому, що за необхідності врегулювати технологічні, ресурсні або фінансові обмеження плану, наявність резерву дозволяє затримати роботу на певний час без впливу на загальну тривалість реалізації плану і тривалість безпосередньо пов'язаних з ним завдань. Роботи, що знаходяться на критичній путі, мають часовий резерв, який дорівнює нулю. Це означає, що якщо розрахунковий час звершення якої-небудь події, що знаходиться на критичній путі, буде затримано, то тим самим будуть відсунуті на цей же період заплановані терміни настання завершальної події.

Найважливішими **етапами мережного планування** найрізноманітніших виробничих систем чи інших економічних об'єктів є:

- декомпозиція комплексу робіт (плану) на окремі частини: поодинокі роботи-події здійснюють шляхом декомпозиції завдань плану на підзавдання тощо. Структура розбиття робіт є початковим інструментом для організації робіт, що забезпечує поділ загального обсягу робіт за проектом відповідно до структури їх виконання в організації. На нижньому рівні деталізації виділяють роботи, які відповідають деталізованим елементам діяльності, що відображено в мережній моделі;
- визначення відповідальних виконавців кожної одиничної роботи;
- побудова мережних графіків і уточнення змісту запланованих робіт;

- обґрунтування або уточнення часу виконання кожної роботи в мережному графіку;
- оптимізація плану (мережного графіка).

Мережне планування можна успішно застосовувати у різних сферах виробничої і підприємницької діяльності, наприклад:

- виконання маркетингових досліджень;
- проведення науково-дослідних робіт;
- проектування дослідно-конструкторських розробок;
- здійснення організаційно-технологічних проектів;
- освоєння дослідного і серійного виробництва продукції;
- будівництво та монтаж промислових об'єктів;
- ремонт і модернізація технологічного обладнання;
- розробка бізнес-планів виробництва нових товарів;
- реструктуризація наявного виробництва в умовах ринку;
- підготовка і розстановка різних категорій персоналу;
- управління інноваційною діяльністю підприємства тощо

Порядок побудови мережного графіка та планування за методом критичної путі наступний:

1. Визначається **основна мета** планування — результат, що має бути отриманий після завершення робіт. Це надає можливість визначити межі проекту й приблизні терміни завершення робіт.
2. Виявляються **обмеження**, що впливають на мережний графік та дії, які планують. Такими обмеженнями зазвичай є які-небудь зовнішні умови, час і вартість.
3. Визначається **склад задач** (дій), які необхідні для досягнення поставленої мети. Склад задач можна виявити за допомогою деревоподібної діаграми (у цьому випадку мережний графік зображуватиме тільки задачі верхніх рівнів деревоподібної діаграми). Задачі позначають на окремих картках або стікерах.

4. На картках, для кожної задачі відзначається **тривалість** її виконання. Можна вказати ресурси, інструменти й відповідальних за виконання задачі. Тривалість необхідно вказувати в однакових одиницях вимірювань для всіх задач (наприклад, у хвилинах, годинах, днях тощо). У протилежному випадку скласти мережний графік буде проблематично. Тривалість задачі має бути величиною одного порядку. Наприклад, якщо більшість задач виконується за кілька годин, а одна за два-три тижні, то це означає, що така задача має бути деталізована (поділена на складові).
5. Розглядають усі задачі й визначають, яка з них має бути **виконана першою**. Картку з цією задачею розташовують на мережному графіку ліворуч або зверху. Якщо таких задач більше за одну, то картки розташовують одна над одною (одна поруч з одною).
6. Визначають задачу, що має бути **виконана відразу ж після першої**. Картка з цією задачею розташовується праворуч від першої картки (або знизу, якщо обрано вертикальний варіант розташування задач). Якщо мають розпочинати дві і більше задач, то картки розташовують одна над одною (одна поруч з одною). Далі визначають задачу, яку мають починати відразу ж після другої і так далі, поки всі картки з задачами не виявляться розташованими в ланцюжок.

Якщо задачу мають розпочинати до завершення попередньої задачі, то попередню задачу необхідно поділити на складові. Задачі можна виконувати паралельно, але за умови, що зв'язок задач точно визначено. Початок виконання паралельних задач має бути строго прив'язаний до завершення попередньої задачі (задач).
7. Відображають **зв'язки між задачами** — зазвичай у вигляді стрілок, які показують послідовність виконання задач. Напрямок стрілок встановлюють ліворуч — праворуч (зверху — вниз). Для того щоб між картками з задачами можна було намалювати зв'язки, картки необхідно закріпити на якій-небудь рівній поверхні.

Зараз мережний графік зазвичай найзручніше будувати, використовуючи програмні засоби, наприклад MS Visio, або Excel, або Smartsheet.
8. Визначають **можливий ранній початок і можливе раннє закінчення** кожної задачі. Для цього мережний графік переглядають

у прямому напрямку — починають з першої задачі й далі по черзі рухаються до останньої. При цьому необхідно дотримуватися правила — наступна задача не може бути розпочата, поки не завершені всі попередні задачі. Ранній початок наступної задачі збігатиметься з раннім завершенням попередньої. Якщо попередніх задач кілька, то раннім початком наступної задачі буде найбільше зі значень раннього закінчення однієї з попередніх задач. Швидке закінчення кожної з задач визначають як ранній початок плюс тривалість задачі.

9. Визначають **пізній початок і пізнє закінчення** кожної задачі. Для цього мережний графік переглядають у зворотному напрямку — починають з останньої задачі й далі по черзі рухаються до першої. При цьому необхідно дотримувати правила — попередня задача має бути завершена до того, як почнеться кожна з наступних задач. Пізнє закінчення задачі збігатиметься з пізнім початком наступної задачі. Якщо наступних задач кілька, то пізнім закінченням задачі буде найменше зі значень пізнього початку наступних задач. Пізній початок кожної задачі визначають як пізніше закінчення мінус тривалість задачі.
10. Визначають **резерв часу** для кожної задачі. Резерв часу обчислюють як різницю між пізнім і раннім початком або пізнім і раннім закінченням задачі.
11. Визначають путь, де резерв часу для кожної задачі дорівнює нулю. Цю путь називають **критичною путтю**.

Якщо необхідно оптимізувати мережний графік, то насамперед здійснюють аналіз задачі, що розташована на критичній путті.

Приклад

Як приклад мережного графіка розглянемо написання статті для сайту. Нумерація дій у прикладі відповідає порядку кроків побудови мережного графіка, що розглянуто вище.

1. Визначаємо мету планування — підготувати інформаційну статтю для сайту. Необхідний результат — стаття розміщена на сайті.
2. Визначаємо обмеження, що впливають на мережний графік: термін підготовки статті — не більше 15 днів.
3. Визначаємо склад задач: припускаємо, що весь проект складається з п'яти задач.



4. Визначаємо тривалість задач: вказуємо на картках у графі «тривалість» тривалість виконання кожної задачі. Тривалість задачі можна визначати нормативами або на підставі експертної оцінки.



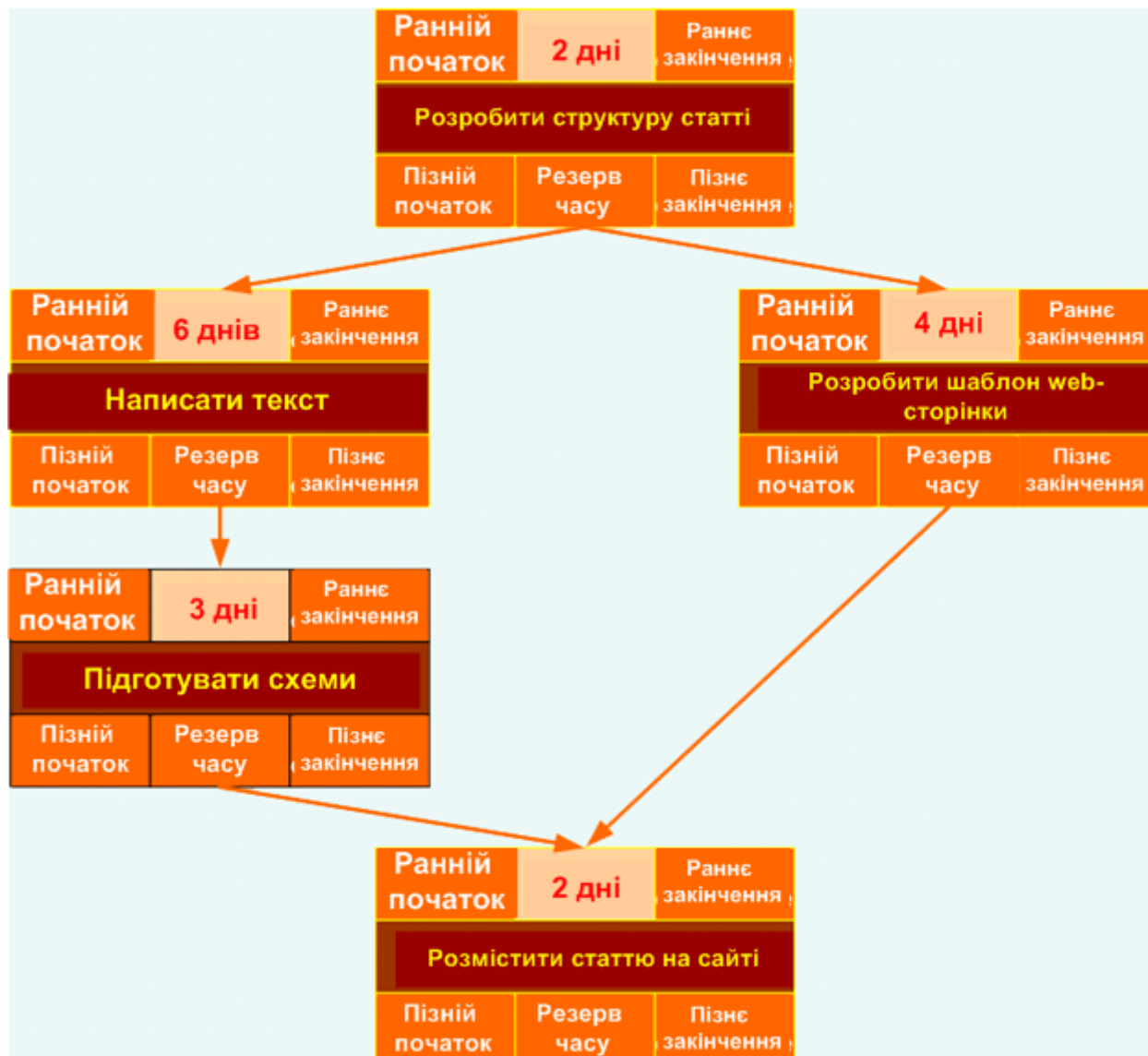
5. Визначаємо першу задачу, з якої починають проект: «Розробити структуру статті». Розташовуємо цю задачу зверху.



6. Визначаємо порядок виконання задач, що залишилися. Розташуємо задачі в логічній послідовності в порядку їх виконання. При цьому перевіряємо умову, за якої кожен наступну задачу не можна почати, поки не завершені всі попередні задачі.



7. Встановлюємо зв'язки між задачами.



8. Визначаємо ранній початок і раннє закінчення кожної задачі:

Встановлюємо ранній початок задачі «Розробити структуру статті» таким, що дорівнює нулю, тому що це перша задача. Раннє закінчення розраховується як ранній початок плюс тривалість задачі, тобто $0 + 2 = 2$ дні.

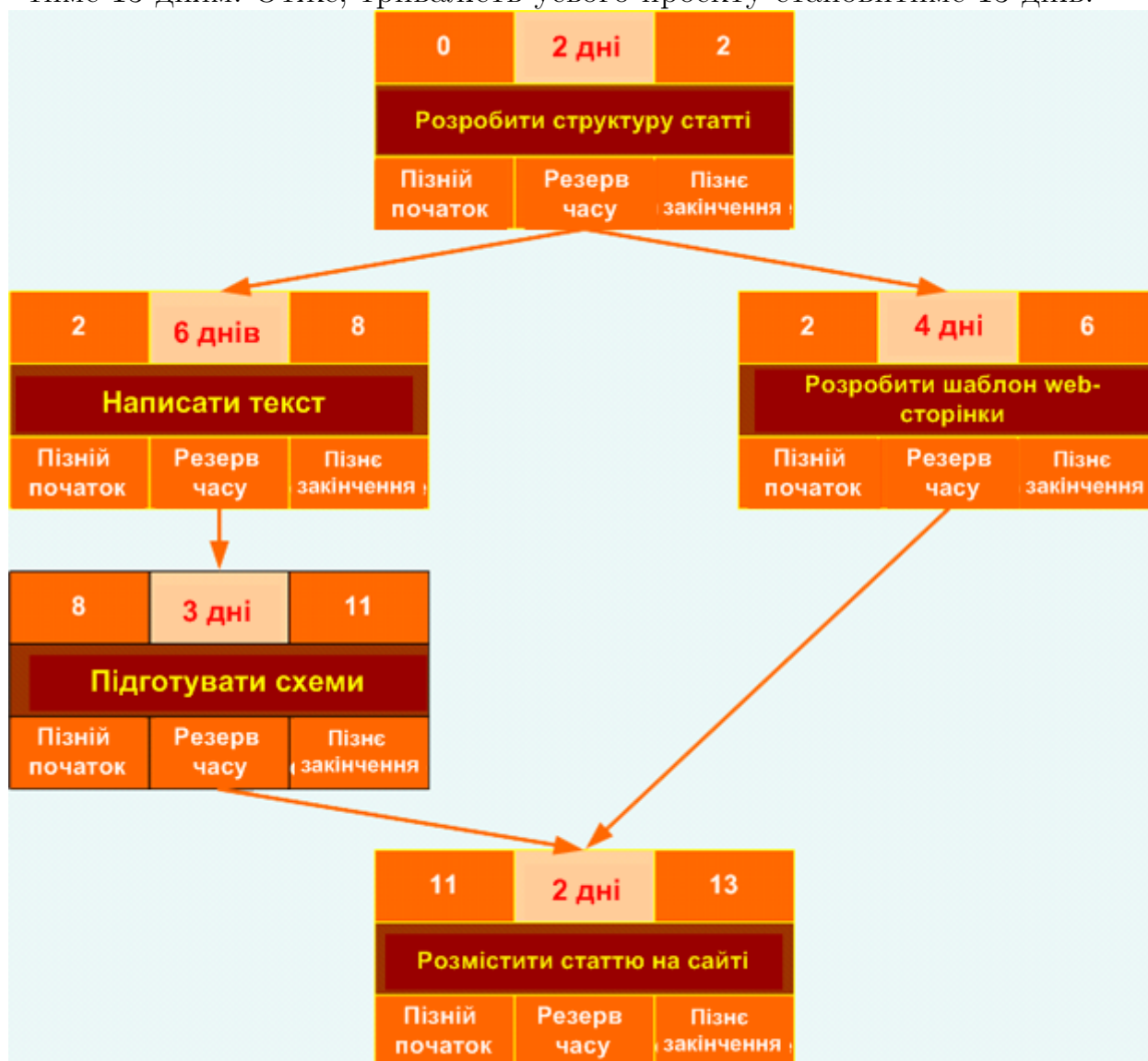
Ранній початок задач «Написати текст» і «Розробити шаблон web-сторінки» дорівнюватиме 2-м, тому що ці задачі мають одну попередню задачу.

Розраховуємо раннє закінчення задач «Написати текст» і «Розробити шаблон web-сторінки» — одержуємо 8 і 6 днів відповідно.

За аналогією, розраховуємо ранній початок і раннє закінчення задачі «Підготувати схеми». Одержуємо ранній початок — 8 днів, раннє закінчення — 11 днів.

Задача «Розмістити статтю на сайті» має дві попередні задачі — «Підготувати схеми» (раннє закінчення 11 днів) і «Розробити шаблон web-сторінки» (раннє закінчення 6 днів). Ранній початок задачі «Розмістити статтю на сайті» збігатиметься з найбільшим значенням раннього закінчення попередньої задачі, тобто 11 днів.

Раннє закінчення задачі «Розмістити статтю на сайті» дорівнюватиме 13 дням. Отже, тривалість усього проекту становитиме 13 днів.



9. Визначаємо пізній початок і пізнє закінчення кожної задачі.

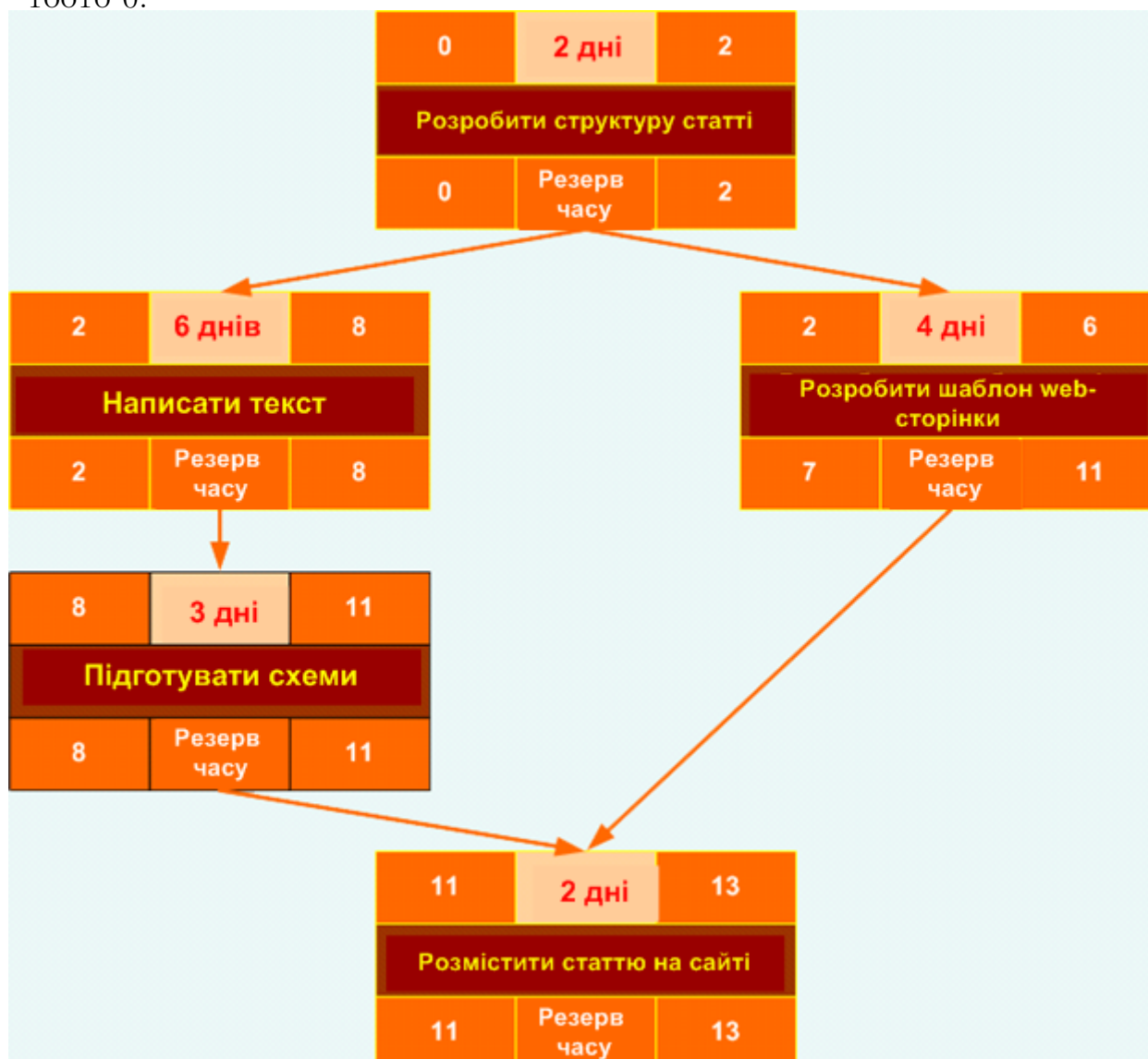
Пізнє закінчення задачі «Розмістити статтю на сайті» збігається з раннім закінченням цієї задачі й дорівнює 13 дням. Пізній початок задачі розраховують як пізнє закінчення мінус тривалість і дорівнює 11 днів.

Пізнє закінчення задачі «Підготувати схеми» і «Розробити шаблон web-сторінки» збігатиметься з пізнім початком задачі «Розмістити статтю на сайті». Пізній початок цих задач дорівнюватиме 8 днів (для за-

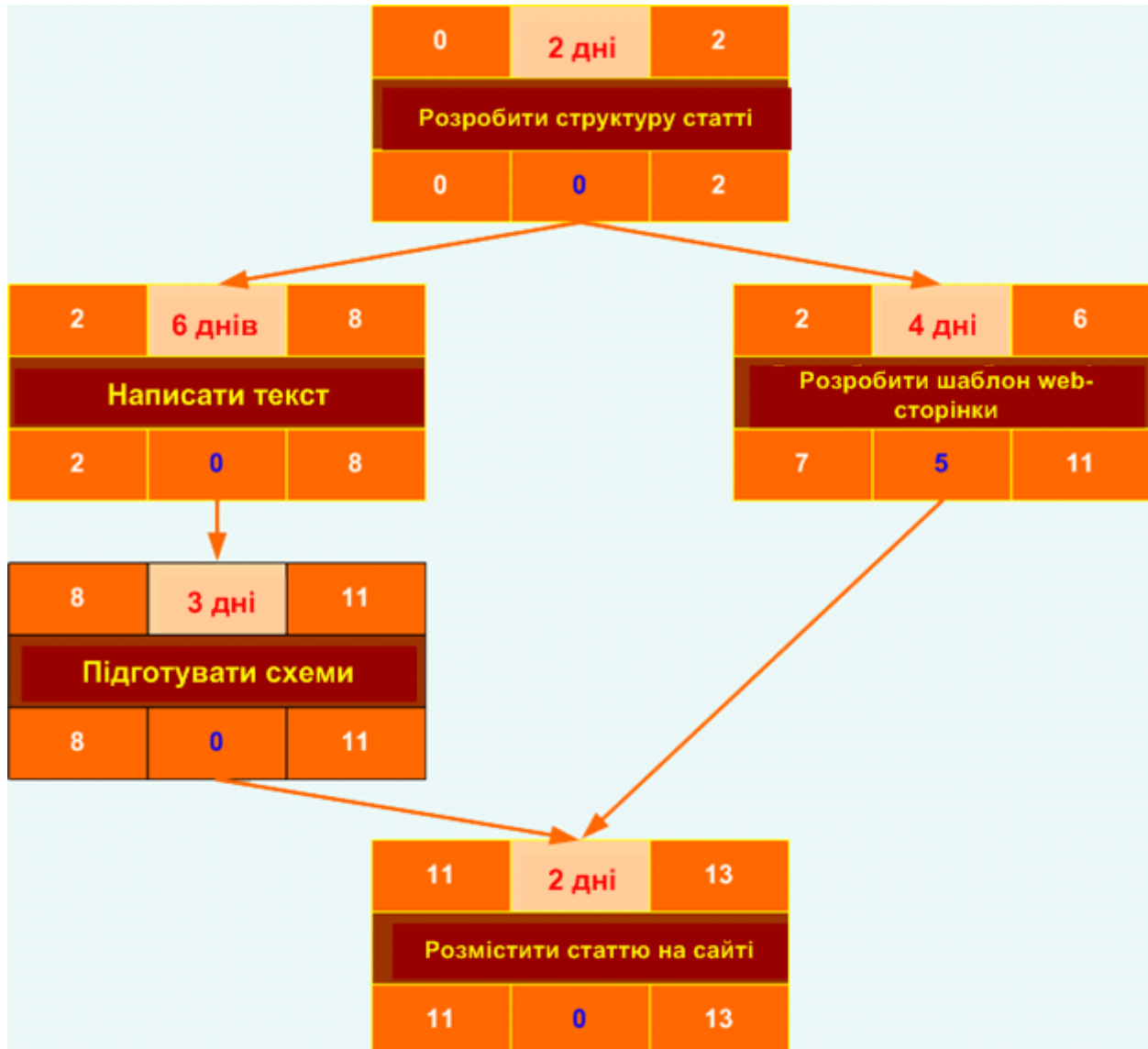
дачі «Підготувати схеми») і 7 днів (для задачі «Розробити шаблон web-сторінки»).

Розраховуємо пізнє закінчення й пізній початок задачі «Написати текст». Вони складуть 8 днів і 2 дні відповідно.

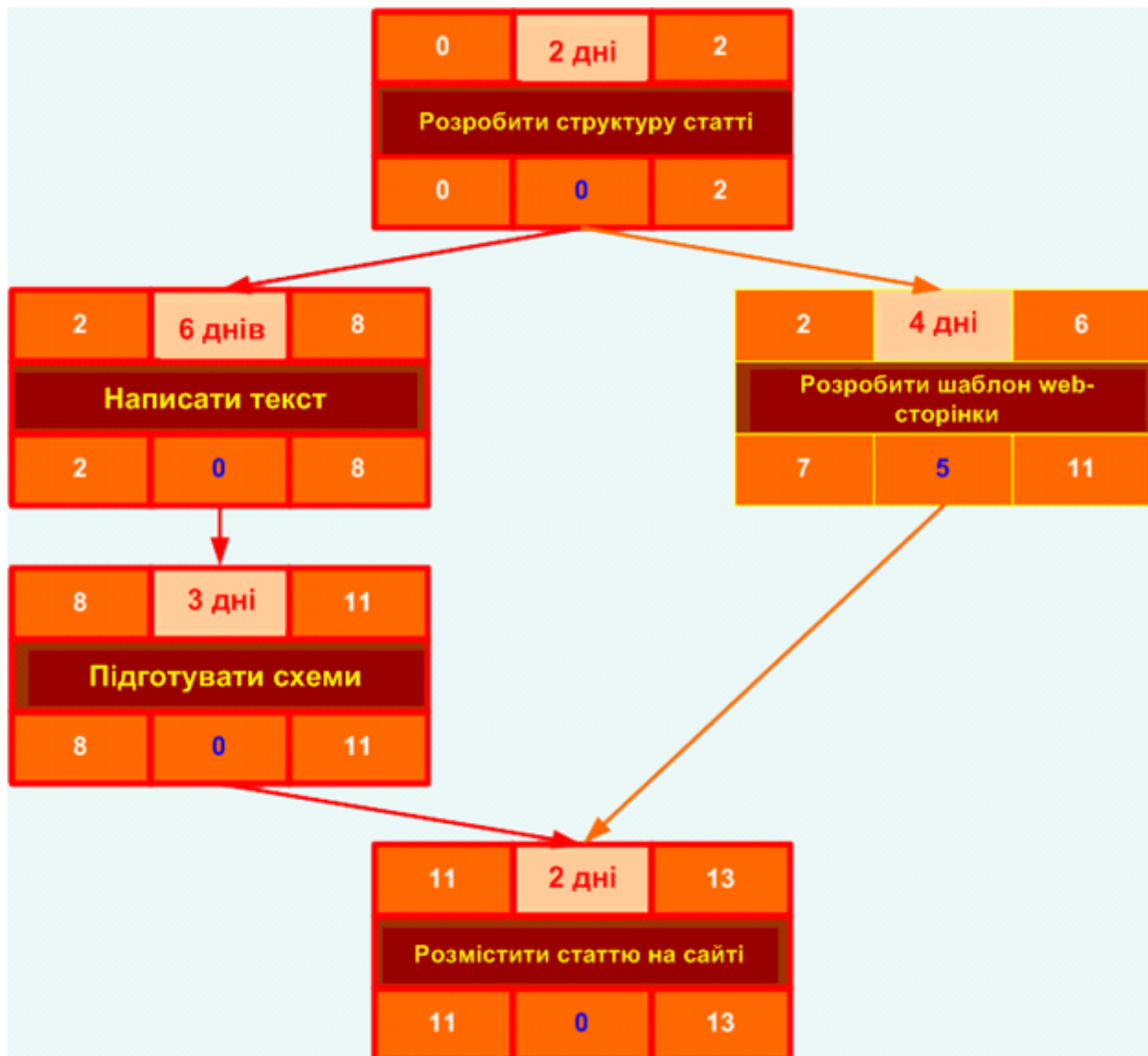
Задача «Розробити структуру статті» має дві наступні задачі, пізній початок яких становить 2 дні (задача «Написати текст») і 7 днів (задача «Розробити шаблон web-сторінки»). Тому пізнє закінчення задачі «Розробити структуру статті» становить найменше з цих значень, тобто 2 дні. Пізній початок задачі дорівнює пізньому закінченню мінус тривалість, тобто 0.



10. Визначаємо резерв часу для кожної задачі: резерв часу можливий тільки для задачі «Розробити шаблон web-сторінки». Для всіх інших задач резерв часу дорівнює нулю.



11. Визначаємо критичну путь: Критична путь виділена червоним кольором. Щоб скоротити тривалість проекту, необхідно оптимізувати задачі, розташовані на критичній путі.



Мережний графік дозволяє наочно уявити всі задачі проекту, побачити їх взаємозв'язок і виявити критичні аспекти робіт, що планують. Крім того, важливою перевагою мережного графіка є можливість уявити вплив тієї чи іншої задачі на хід виконання подальших задач, що є важливим для контролю робіт проекту.

11.3 Діаграма Ганта

Діаграма Ганта (англ. Gantt chart, також стрічкова діаграма, графік Ганта, календарний графік) — це популярний тип стовпчикових діаграм (гістограм), який використовується для ілюстрації плану, графіку робіт за певним проектом. Є одним з методів планування проектів. Використовується в додатках по управлінню проектами. Перший формат діаграми був розроблений Генрі Л. Гантом у 1910 році. По суті, діаграма Ганта складається зі смуг, які орієнтовані вздовж осі часу. Кожна смуга на діаграмі є окремим завданням у складі проекту (вид роботи), її кінці — моменти початку і завершення роботи, її протяжність — тривалість роботи. Вертикальною віссю діаграми слугує перелік завдань. Крім того, на діаграмі можуть бути позначені сукупні завдання, відсотки завершення, покажчики послідовності і залежності робіт, мітки ключових моментів (віхи), мітка теперішнього моменту часу «Сьогодні» та інші.

Ключовим поняттям діаграми Ганта є «віха» — мітка значущого моменту в ході виконання робіт, загальна межа двох або більше завдань. Віхи дозволяють наочно відобразити необхідність синхронізації, послідовності у виконанні різних робіт. Віхи, як і інші межі, на діаграмі не є календарними датами. Зсув віхи призводить до зсуву всього проекту. Тому діаграма Ганта не є, строго кажучи, графіком робіт. Крім того, діаграма Ганта не відображає значущості або ресурсоемності робіт, не відображає суті робіт (зони дії). Для великих проектів діаграма Ганта стає надмірно важкою і втрачає всяку наочність. Вказані вище недоліки і обмеження серйозно обмежують сферу застосування діаграми. Проте, нині діаграма Ганта є стандартом де-факто в теорії і практиці управління проектами, принаймні, для відображення Структури переліку робіт за проектом (рис. 11.3).

Роботи (завдання)	Дата і номер операції									
	17.01	17.02	17.03	17.04	17.05	17.06	17.07	17.08	17.09	17.10
Розробка проекту	█									
Підготовка території			█							
Підвіз матеріалів					█					
Будівні роботи				█						
Обробні роботи							█			
Озеленення території										
Здача замовнику										

Рисунок 11.3 — Приклад діаграми за методом Г. Ганта для будівельних робіт

11.4 Діаграма зв'язків

Діаграма зв'язків — це інструмент керування якістю, який засновано на визначенні логічних взаємозв'язків між різними даними. Застосовують цей інструмент для зіставлення причин і наслідків проблеми, яку досліджують. За своєю метою застосування діаграма зв'язків трохи схожа на причинно-наслідкову діаграму Ішикава.

Розбіжність у тому, що в діаграмі Ішикава попередньо задано фактори, щодо яких розглядаються причини виникнення проблеми. Ці фактори впорядковують причини в логічні послідовності. Коли складається діаграма зв'язків, такі фактори відсутні.

Як правило, діаграму зв'язків використовують разом з діаграмою спорідненості, тому що дозволяє вибудувати виявлені з її допомогою причини в логічний ланцюжок. Іншою сферою застосування діаграми зв'язків є вирішення комплексних проблем у ситуації, коли діє безліч взаємозалежних причин (застосовують разом з деревоподібною діаграмою), а також виявлення зв'язків між різними ідеями, які виникають у результаті мозкового штурму.

Діаграма зв'язків є інструментом колективної роботи, тому для її побудови необхідно спочатку сформувати робочу групу.

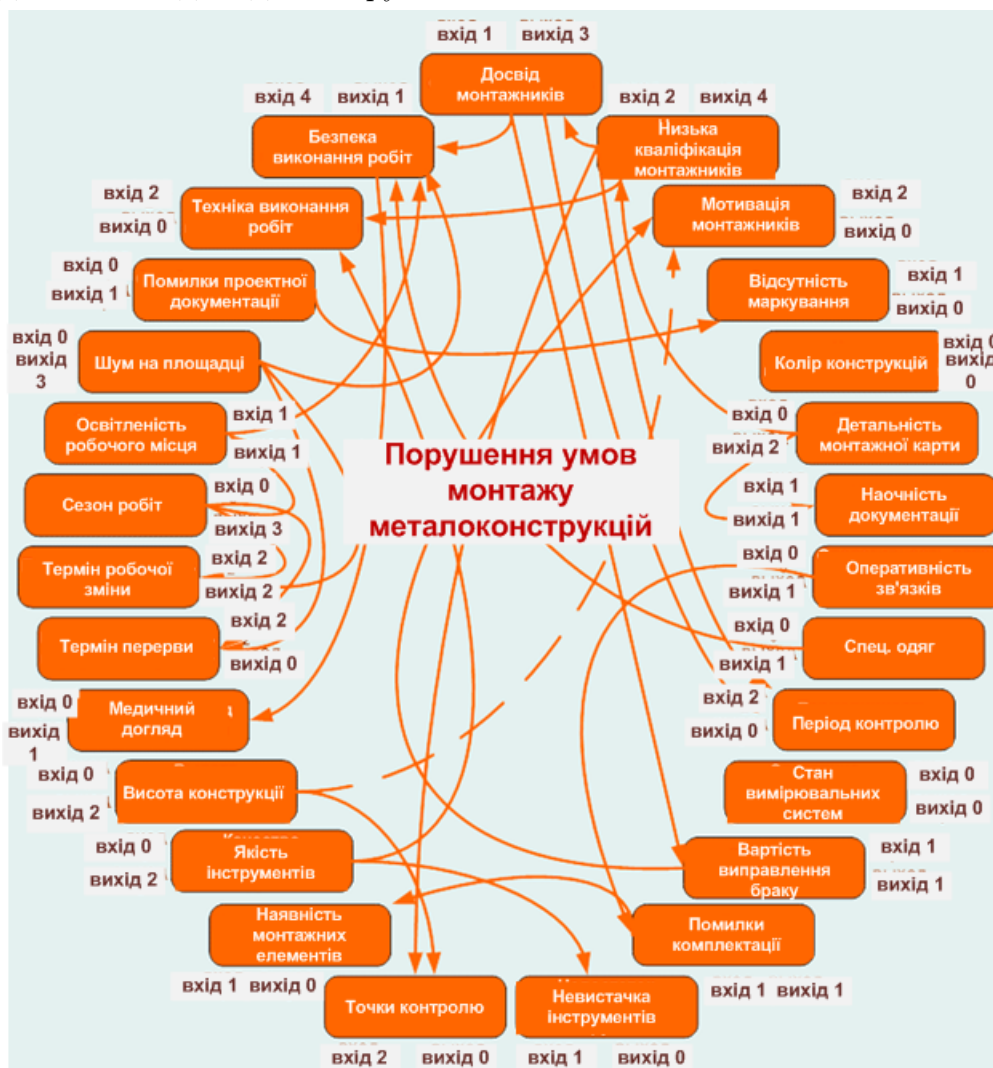
Порядок розробки діаграми зв'язків наступний:

1. Визначають й формулюють основну проблему, стосовно якої необхідно виявити причинно-наслідковий зв'язок. Формулювати проблему потрібно ясно й чітко, так щоб вона була зрозуміла всім учасникам команди, і всі учасники команди були з нею згодні. Якщо для дослідження береться результат застосування іншого інструмента якості

- (наприклад, діаграми спорідненості), то необхідно перевірити, щоб формулювання проблеми збігалися.
2. Збирається інформація з різних джерел. Цими джерелами можуть бути результати попередньої роботи з діаграмою спорідненості, деревоподібною діаграмою або методом мозкового штурму. Здійснюють аналіз інформації, яка є спорідненою з проблемою, що досліджують.
 3. Припустимі причини проблеми, яку досліджують, розташовують по колу й один з елементів цього кола (будь-який) вибирається як початкова точка для подальших дій. Цей елемент послідовно зіп'явставляється з кожним з елементів кола. Під час зіп'явставлення елементів команда вирішує, чи є між елементами причинно-наслідковий зв'язок і яка сила цього зв'язку (слабкий зв'язок або сильний зв'язок).
 4. Після того, як команда дійде згоди з наявності й типу зв'язку між цими елементами, на діаграмі графічно зображують зв'язок (у вигляді стрілки) і вказують напрямок зв'язку. Стрілку малюють від «причини» до «наслідку». Сильні зв'язки відображають суцільною лінією, слабкі зв'язки — пунктирною. На діаграмі не має бути дво-спрямованих стрілок.
 5. Після завершення кола парного зіп'явставлення одного елемента переходять до наступного елемента й виконують аналогічні парні зіп'явставлення з цим елементом і т.д.
 6. Біля кожного елемента вказують кількість вхідних і вихідних стрілок.

Приклад

Діаграма зв'язків побудована на основі результатів, що отримано з діаграми спорідненості. Як основну проблему розглядають «порушення умов монтажу металокопструкцій». Для кожного з елементів визначено кількість входів і виходів. Окремі елементи не мають ні вхідних, ні вихідних зв'язків. Така ситуація означає, що серед цих розглянутих елементів немає залежних причин або наслідків.



Діаграма зв'язків забезпечує структурований підхід до аналізу комплексних взаємодій, що є її сильним боком.

Слабким боком є те, що доводиться дуже покладатися на суб'єктивні судження про фактори взаємозв'язку й, крім того, вона може бути занадто складною або важкою для сприйняття, якщо на ній відображається велика кількість елементів (як показано в прикладі).

11.5 Матрична діаграма

Матрична діаграма — це інструмент, що дозволяє визначити наявність і важливість зв'язків між елементами — завданнями, функціями або характеристиками об'єкта, який розглядають. Вона є таблицею, що містить елементи, між якими необхідно встановити зв'язок. Частина комірок таблиці містить елементи, що досліджують, а в інших розташовуються символи або числа, що вказують наявність і силу взаємозв'язку.

Найбільш корисним та ефективним інструментом матрична діаграма є у випадках, коли необхідно встановити взаємозв'язок за принципом «багато до багатьох». Якщо ж між розглянутими елементами існує тільки простий зв'язок «один до одного», то застосовувати цей інструмент якості не має сенсу (11.4).



Рисунок 11.4 — Загальна модель матричної діаграми

Матрична діаграма може мати кілька варіантів подання. Варіанти одержали назви за літерами латинської абетки, тому що форма подання більшості матриць має подібність до цих літер (за винятком двох, які мають подібність з формою предметів). Основні варіанти матриць, які застосовують: L-матриця, T-матриця, X-матриця, C-матриця, Y-матриця, матриця типу «дах» (11.5).

Вибір варіанта діаграми залежить від кількості списків елементів, між якими необхідно встановити взаємозв'язок.

L-матрицю застосовують для визначення взаємозв'язку елементів одного списку з елементами іншого списку.

T-матрицю застосовують для визначення взаємозв'язку елементів одного списку з елементами двох інших списків.

X-матрицю застосовують для порівняння чотирьох списків і попарного визначення взаємозв'язку кожного списку з двома іншими.

C-матриця (за формою нагадує куб) застосовують для визначення взаємозв'язку елементів трьох списків одночасно.

У-матрицю застосовують для визначення взаємозв'язку елементів трьох списків, кожний список порівнюють з двома іншими.

Матрицю типу «дах» (за формою нагадує дах будинку) застосовують для визначення взаємозв'язку між елементами одного списку.

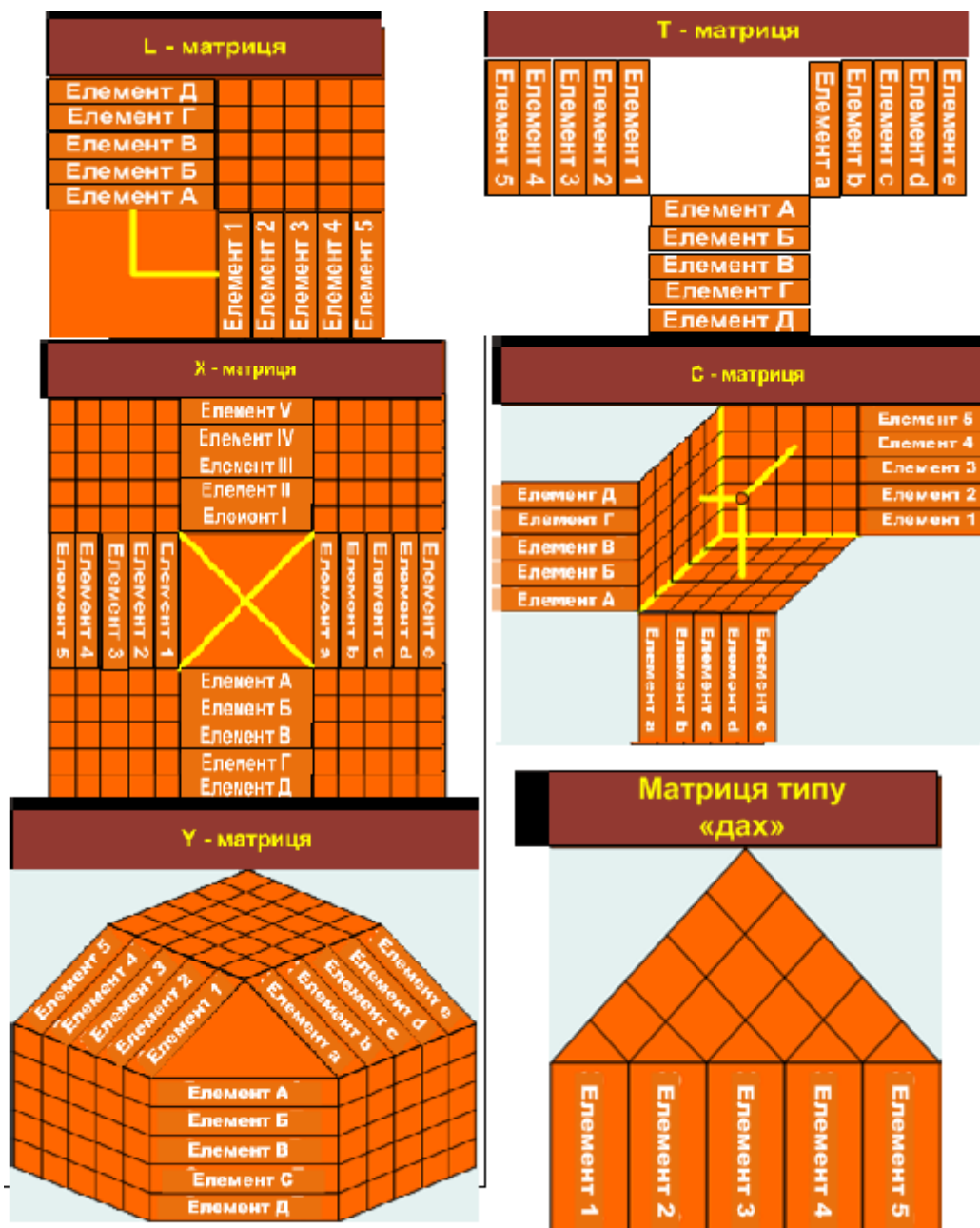


Рисунок 11.5 — Варіанти матричних діаграм

У менеджменті якості найчастіше використовують L-матрицю. Як правило, у цій матриці елементи списку, що розташовано в рядках, є

проблемами, які розглядають, а в стовпчиках передбачувані вирішення. Також часто зустрічається й матриця типу «дах». Вона є складовою частиною в «будиночку якості» (інструмент техніки розгортання функцій якості).

Застосовують матричну діаграму в основному для вирішення складних і комплексних проблем. При цьому порівняння здійснюють для найбільш критичних елементів, а не для всіх аспектів проблем, що розглядають. Це пов'язано з тим, що навіть для найпростішої L-матриці необхідно виконувати велику кількість порівнянь (наприклад, для матриці, що складається з 10 елементів у рядках і 10 елементів у стовпчиках, таких порівнянь має бути виконано 100).

Матричну діаграму будують так.

1. Визначають проблему, для вирішення якої може знадобитися матрична діаграма – порівняння елементів різних списків, виявлення взаємозв'язку між ними й сили цього взаємозв'язку.
2. Формують команду для проведення аналізу проблеми й складання матричної діаграми. Бажано, щоб до складу команди входило не менше чотирьох осіб. Командна робота підвищує об'єктивність результатів, які надає матрична діаграма.
3. Визначають, що необхідно порівняти за допомогою матричної діаграми. Для цього можливо буде потрібно застосування інших інструментів якості. У результаті виконання цієї дії можуть з'явитися один, два або більше списків елементів, між якими необхідно встановити взаємозв'язок.
4. Вибирають придатний варіант матриці — L, T, Y, X, C або матриця типу «дах».
5. Вибирають систему позначень для позначення сили взаємозв'язку між елементами списків, які порівнюють (наприклад, сильний зв'язок, середній зв'язок, слабкий зв'язок). Система позначень може бути як числовою, так і символічною. Якщо вибирають символічну систему, то для кожного символу необхідно призначити ваговий коефіцієнт, що визначає силу взаємозв'язку.
6. Елементи зі списків, що складено на кроці 3, розташовують в рядках і стовпчиках матриці, і виконують попарне порівняння елементів. У випадку, якщо команда вирішить, що між елементами існує

взаємозв'язок, у комірці матриці проставляють символ або число відповідно до обраної на кроці 5 системи позначень.

7. Оцінюють й аналізують матричну діаграму — виявляють елементи, які мають малу кількість зв'язків з іншими елементами (або не мають їх зовсім), визначають ключові елементи (мають велику кількість зв'язків з іншими елементами), виявляють елементи, взаємозв'язок яких вимагає подальшого дослідження.

Основні переваги, які має матрична діаграма порівняно з іншими методами, це наочне графічне подання взаємозв'язку між різними елементами, можливість швидко оцінити силу взаємозв'язку, можливість здійснювати багатовимірне порівняння елементів списків (від двох до чотирьох).

До недоліків можна віднести обмеженість кількості елементів, що порівнюють, зі збільшенням кількості списків, які порівнюють.

11.6 Матриця пріоритетів

Матриця пріоритетів (матриця критеріїв) — це інструмент, за допомогою якого можна ранжувати за ступенем важливості дані й інформацію, що отримано в результаті мозкового штурму або матричних діаграм. Її застосування дозволяє виявити важливі дані в ситуації, коли немає об'єктивних критеріїв для визначення їхньої значущості або коли люди, котрих залучено до процесу ухвалення рішення, мають різні думки з приводу пріоритетності даних.

Основне призначення матриці пріоритетів — це розподіл різних наборів елементів у порядку значущості, а також встановлення відносної важливості між елементами, враховуючи числові значення. Матриця пріоритетів може бути побудована трьома способами. Варіанти побудови залежать від методу визначення критеріїв, за якими оцінюють пріоритетність даних — аналітичний метод, метод визначення критеріїв на основі консенсусу і матричний метод.

Аналітичний метод застосовують, коли відносно невелика кількість критеріїв (не більше 6); необхідно дістати повну згоду всіх експертів, що беруть участь в оцінюванні; кількість експертів не перевищує 8 осіб; можливі великі втрати у випадку помилки з розташування пріоритетів.

Метод визначення критеріїв на основі консенсусу застосовують, коли кількість експертів становить більше 8 осіб, існує значна кількість критеріїв (від 6 до 15), є велика кількість даних, що ранжують (порядку 10–20 елементів).

Матричний метод застосовують переважно тоді, коли між елементами, що ранжують, є сильний взаємозв'язок, а знаходження елемента з найбільшим впливом є критичним для вирішення поставленого завдання.

Порядок дій, за яким будують матрицю пріоритетів для всіх трьох варіантів, в основному однаковий. Розходження полягають у визначенні значущості критеріїв.

Матриця пріоритетів будують у наступному порядку.

1. Визначають основну мету, заради якої будують матрицю пріоритетів.
2. Формують команду експертів, що працюватиме над поставленим завданням. Експерти мають розуміти галузь проблеми, яку розв'язують, і мати уявлення про методи колективної роботи (наприклад, про метод мозкового штурму, метод «дельфі» тощо).

3. Складають список можливих вирішень поставленої проблеми. Список може бути складений за рахунок застосування інших інструментів якості, наприклад мозкового штурму, діаграми Ішикава тощо.
4. Визначають склад критеріїв. Спочатку він може бути досить великим. Матриця пріоритетів міститиме в собі тільки частину цих критеріїв, тому що надалі він скоротиться за рахунок вибору найбільш важливих і суттєвих.

Для визначення складу критеріїв можна використати такі підходи:

- здійснити аналіз поставленої мети. Це можна зробити за допомогою деревоподібної діаграми або діаграми Ішикава;
 - визначити наявні обмеження з досягнення мети (наприклад, фінансові обмеження або часові);
 - визначити вигоди від досягнення поставленої мети;
 - формулювати назви критеріїв так, щоб їх можна було легко й об'єктивно виміряти.
5. Призначають ваговий коефіцієнт для кожного критерію. Призначення вагового коефіцієнта виробляється залежно від обраного методу.

Для аналітичного методу встановлюють рейтингову шкалу для кожного критерію; для кожного числового значення шкали надають визначення значущості. Для того, щоб розбіжності у вагових коефіцієнтах були більш помітні, зазвичай застосовують шкалу з числовими значеннями 1–3–9, де 1 – мала значущість, 3 – середня значущість, 9 – велика значущість).

Для методу консенсусу:

- встановлюють певну кількість балів, які експерти мають розподілити між критеріями. Кількість балів має бути не меншою кількості критеріїв;
- кожен з експертів розподіляє призначені бали між критеріями;
- визначають сумарну кількість балів по кожному з критеріїв. Це значення й буде ваговим коефіцієнтом кожного з критеріїв.

Для матричного методу:

- критерії розташовують у вигляді L-матриці;

- встановлюють шкалу для попарного порівняння критеріїв (наприклад, «0» — критерій А менш значущий, ніж критерій Б; «1» — критерій А і критерій Б рівнозначні; «2» — критерій А більш значущий, ніж критерій Б);
 - здійснюють попарне порівняння всіх критеріїв;
 - визначають ваговий коефіцієнт кожного критерію (ваговий коефіцієнт обчислюють як суму всіх значень у рядку матриці).
6. Відбирають найбільш значущі критерії. Це можна зробити, відкинувши критерії з найменшими значеннями вагових коефіцієнтів. Якщо ж кількість критеріїв не є великою, то для подальшої роботи можуть бути збережені всі критерії.
7. Встановлюють метод підрахунку значущості кожного з вирішень матриці пріоритетів (визначено на кроці 3) на основі обраних критеріїв (визначено на кроці 6).

Для цього можна скористатися такими варіантами:

- беруть обмежений набір можливих числових значень із взаємозалежним текстом (аналогічно аналітичному методу, зазначеному на кроці 5);
 - використовують систему голосування як для методу консенсусу (крок 5), коли кожний експерт має обмежену кількість балів, які можна розподілити між вирішеннями;
 - використовують від'ємні числові значення для негативних взаємозв'язків;
 - використовують відсоткову шкалу замість прямого підрахунку балів по кожному з рішень.
8. Здійснюється оцінювання кожного рішення щодо кожного критерію.
9. Оцінка перемножується на ваговий коефіцієнт відповідного критерію. Отримані значення підсумовують по кожному з рішень, що надає остаточну оцінку пріоритетності рішень. Підсумкова оцінка, що містить матриця пріоритетів, може бути залишена, як є, або переведена у відсотки.
10. Отриманий список рішень сортують в порядку пріоритетності. Якщо буде потреба, пріоритетність рішень може бути зображена у вигляді діаграми Парето.

Приклад

1. Визначаємо мету складання матриці пріоритетів: зменшити кількість дефектів у виробі.
2. Формуємо команду експертів: для прикладу склад команди експертів складатиметься з 3 осіб. Кожний з них знайомий з методом отримання рішень на базі мозкового штурму.
3. Складаємо список можливих вирішень проблеми, який сформовано командою експертів.
 - змінити технологію виготовлення;
 - збільшити кількість точок контролю;
 - здійснити навчання майстрів;
 - змінити конструкцію виробу.
4. Визначаємо склад критеріїв для оцінювання пріоритетності рішень.
 - потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення;
 - низька вартість реалізації рішення;
 - кількість персоналу, що залучають, не більше 50 осіб;
 - зниження витрат на брак не менш ніж в 1,5 раза.
5. Призначаємо ваговий коефіцієнт для кожного критерію. Розглянемо призначення критеріїв для кожного з трьох методів — аналітичного, методу консенсусу й матричного методу.

Для аналітичного методу:

Критерій	Ваговий коефіцієнт
потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	3
низька вартість реалізації рішення	9
кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб.	1
зниження витрат на брак не менш ніж в 1,5 раза	9

Для методу консенсусу:

Визначаємо, що кожний експерт може розподілити між критеріями 4 бали.

Критерій	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Ваговий коефіцієнт
потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	1	0	0	1
низька вартість реалізації рішення	2	3	1	6
кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб	0	1	0	1
зниження витрат на брак не менш ніж в 1,5 раза	1	0	3	4

Для матричного методу:

Критерії	потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	низька вартість реалізації рішення	кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб	зниження витрат на брак не менш ніж в 1,5 раза	Разом
потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	X	0	1	0	1
низька вартість реалізації рішення	2	X	2	1	5
кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб	1	0	X	0	1
зниження витрат на брак не менш ніж в 1,5 раза	2	1	2	X	5

6. Визначаємо найбільш значущі критерії: тому що кількість обраних для прикладу критеріїв становить усього 4, то залишаємо всі критерії.
7. Вибираємо метод підрахунку значущості кожного із запропонованих раніше (на кроці 3) рішень. Для визначення значущості скористаємося шкалою «1»–«3»–«9», де 9 — найбільш значуще рішення, 3 — значуще рішення, 1 — малозначуще рішення.

8. Здійснюємо оцінювання значущості кожного рішення щодо кожного критерію: для оцінки значущості рішень скористаємося аналітичним методом. Вагові коефіцієнти критеріїв визначені на кроці 5.

Рішення	Критерії			
	потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	низька вартість реалізації рішення	кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб	зниження витрат на брак не менше ніж в 1,5 раза
	ваговий коефіцієнт 3	ваговий коефіцієнт 9	ваговий коефіцієнт 1	ваговий коефіцієнт 9
змінити технологію виготовлення	3	1	1	9
збільшити кількість точок контролю	9	3	9	3
провести навчання майстрів	9	9	1	1
змінити конструкцію виробу	3	3	9	3

9. Визначаємо пріоритетність кожного рішення: оцінку кожного рішення перемножують на ваговий коефіцієнт кожного критерію й значення підсумовують.

Рішення	Критерії			
	потрібно не більше 100 люд/годину на реалізацію рішення	низька вартість реалізації рішення	кількість персоналу, яку залучають, не більше 50 осіб	зниження витрат на брак не менше ніж в 1,5 раза
	ваговий коефіцієнт 3	ваговий коефіцієнт 9	ваговий коефіцієнт 1	ваговий коефіцієнт 9
змінити технологію виготовлення	9	9	1	8
збільшити кількість точок контролю	27	27	9	27
провести навчання майстрів	27	81	1	9
змінити конструкцію виробу	8	27	9	27

10. Розподіляємо рішення в порядку пріоритетності:

- (a) Провести навчання майстрів — 118,
- (b) Змінити технологію виготовлення — 100,
- (c) Збільшити кількість точок контролю — 90,
- (d) Змінити конструкцію виробу — 72.

Матриця пріоритетів, порівняно з іншими методами ранжування, надає можливість більш об'єктивно оцінити значущість даних і встановити величину цієї значущості.

Разом з тим очевидний і недолік цього інструменту якості – він досить трудомісткий, особливо коли необхідно здійснити ранжування великої кількості даних за великою кількістю критеріїв.

11.7 Діаграма прийняття рішень

Діаграму прийняття рішень (Process Decision Program Chart) будують для визначення потенційних проблем під час виконання плану робіт і реалізації попереджувальних дій з їхнього усунення. Коли складено план робіт, діаграма прийняття рішень допомагає виявити ризики й розробити контрзаходи (попереджувальні дії).

Якщо зобразити план робіт схематично (наприклад, у вигляді деревоподібної діаграми або діаграми Ганта), то ризики й відповідні попереджувальні дії додають до завдань плану.

Діаграма прийняття рішень може бути побудована наступним чином:

1. Визначають мету, заради якої будуватимуть діаграму прийняття рішень. Наприклад — виявити ризики на певній ділянці плану й розробити контрзаходи для тих ділянок, де величина ризиків перевищує припустимий рівень. Перш ніж переходити до наступних кроків, необхідно переконатися, що в діаграмі прийняття рішень є необхідність. Як правило, її будують, якщо ризики невідомі або якщо їхнє виникнення може мати серйозні наслідки.
2. Визначають області плану робіт, для яких потрібна побудова діаграми прийняття рішень. Якщо план робіт має велику кількість елементів, то спроби скласти діаграму прийняття рішень стосовно всіх елементів плану можуть істотно ускладнити завдання. Як правило, діаграму прийняття рішень застосовує тільки стосовно найбільш ризикових областей плану.
3. Формують команду експертів. З формуванням команди до неї необхідно прагнути включати фахівців з різних галузей. Це дозволить більш об'єктивно визначити можливі ризики.

Наприклад, до складу учасників можуть входити:

- представники вищого керівництва, тому що вони мають можливість бачити всю ситуацію в цілому;
- експерти з конкретних задач плану, тому що вони мають знання зі специфічних робіт;
- фахівці з планування й застосування діаграми прийняття рішень, тому що вони могли опинитися в схожих ситуаціях і мають досвід їхнього вирішення.

4. Встановлюють правила визначення елементів, на основі яких будуватимуть діаграму прийняття рішень.

Ці правила можуть містити:

- правила визначення ризиків;
- правила визначення значущості ризиків. Для найбільш значущих ризиків буде потрібно розробляти попереджувальні дії;
- правила визначення попереджувальних дій;
- правила вибору попереджувальних дій, які необхідно реалізувати.

Фактори, які варто враховувати під час визначення правил, можуть містити:

- правила визначення ризиків;
- час — скільки часу триватиме робота з керування ризиком? Чи перебуває завдання на критичному шляху? Скільки часу дозволять зберегти контрзаходи?
- вартість — яка загальна вартість втрат від ризиків, якщо вони виникнуть? Яка вартість реалізації попереджувальних дій?
- керування — які можливості існують для запобігання ризику? Які методи керування ризиком будуть ефективними? Як їх можна змінити?
- інформація — що відомо про ризик? Чи є можливість довідатися про ризик до його виникнення?

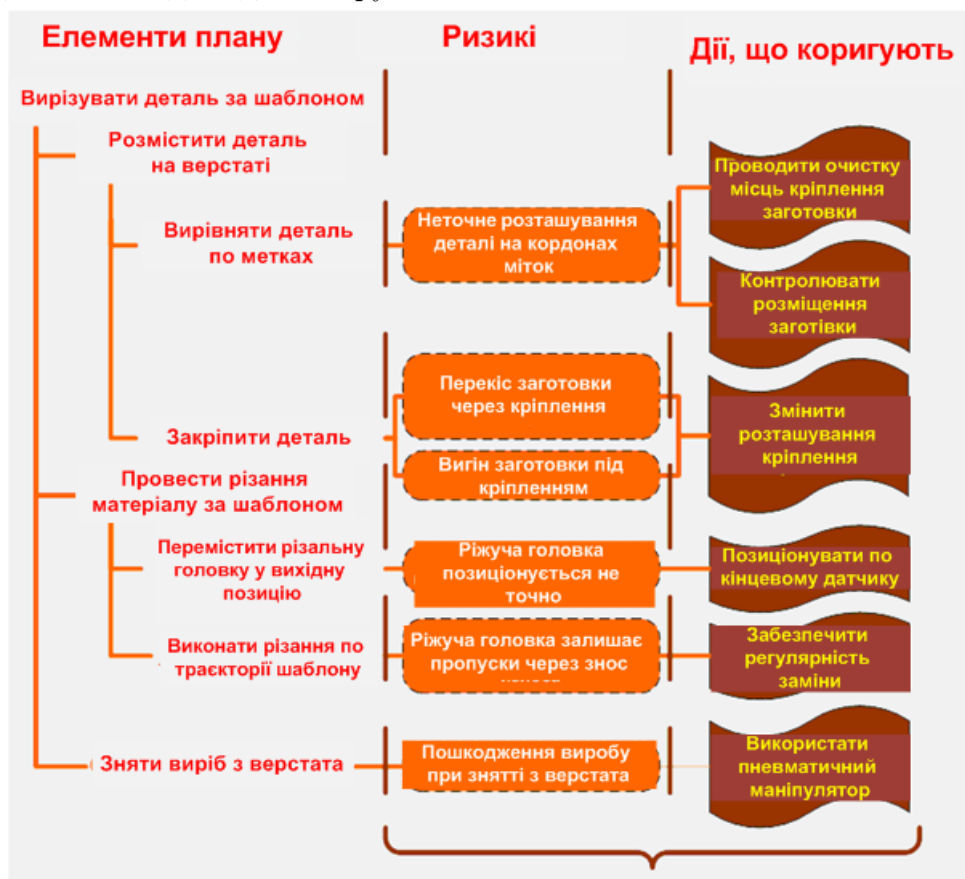
5. Для кожного елемента плану з обраної галузі виявляють потенційні проблеми (ризик). Щоб визначити найбільш широкий спектр ризиків, можна застосовувати метод мозкового штурму. При цьому буває корисним використання чека-аркуша з питаннями. Усі виявлені ризики записують окремим списком або вказують на картках, для того щоб надалі їх можна було впорядкувати. Картки, як правило, застосовують, якщо визначено велику кількість ризиків.

6. За ризиками приймають рішення, які з них варто перенести на діаграму, а які відкинути. Для цього може знадобитися застосувати метод консенсусу, матрицю пріоритетів або інші методи для вибору

- найбільш важливих елементів. Щоб діаграму прийняття рішень залишити такою, що читають, вибирають тільки кілька ризиків для кожного елемента плану (зазвичай, не більше трьох).
7. Виявлені ризики додають до плану. Для того щоб ризики візуально відрізнялися від елементів плану, їх можна розташовувати в прямокутниках або використати будь-які інші візуальні прийоми.
 8. Для кожного ризику визначають попереджувальні дії, наприклад, за допомогою методу мозкового штурму, діаграми Ішікава або інших інструментів якості. Попереджувальні дії можуть містити методи усунення, зниження або керування ризиками.
 9. Аналогічно ранжуванню ризиків виконують ранжування попереджувальних дій за важливістю. Найбільш важливі з них відбирають для розташування на діаграмі прийняття рішень. Кількість можливих дій по кожному ризику, як правило, вибирають не більше трьох.
 10. Обрані попереджувальні дії додають до плану під відповідними ризиковими подіями. Для того щоб ці дії відрізнялися від елементів плану, їх також бажано візуально виділити. У результаті виходить діаграма прийняття рішень, сполучена з планом робіт.
 11. За результатами побудови діаграми прийняття рішень здійснюють дії, які забезпечать нормальне виконання плану.
Дії можуть містити:
 - зміну складу робіт, зазначених у вихідному варіанті плану, так, щоб можна було видалити або змінити роботи з високим ризиком;
 - додавання нових елементів у план – наприклад, додаткові дії з контролю;
 - підготовка ситуаційних планів, які будуть задіяні тільки у випадку виникнення тієї або іншої ризикової події.

Приклад

Для прикладу взято деталізацію плану дій з виготовлення деталей дослідного зразка виробу.



Переваги, які надає діаграма прийняття рішень, очевидні. З її допомогою на плані виконання робіт можна бачити можливі ризики й вибирати ті чи інші коригувальні дії з метою зниження цих ризиків.

До недоліків цього інструмента якості можна віднести більшу трудомісткість у випадку, якщо план має істотну кількість задач.

11.8 FMEA-аналіз

FMEA аналіз (Failure modes and effects analysis) — аналіз причин і наслідків відмов. Метод аналізу, що застосовують у менеджменті якості для визначення потенційних дефектів (невідповідностей) і причин їхнього виникнення у виробі, процесі або послугі. Його застосовують для виявлення проблем до того, як вони виникнуть і вплинуть на споживача.

Існує три основних види FMEA, що визначають за об'єктом аналізу:

FMEA-аналіз технічної системи спрямований на виявлення проблем в основних функціях системи;

FMEA-аналіз конструкції спрямований на виявлення проблем у компонентах і підсистемах виробу;

FMEA-аналіз процесу спрямований на виявлення проблем у процесах виробництва, зборки, монтажу й обслуговування виробу.

Їх можна застосовувати кожний окремо, або у взаємозв'язку один з одним. Якщо здійснюють усі три види FMEA-аналізу, то їхній взаємозв'язок може бути зображено так:

	Невідповідності	Наслідки	Причини
FMEA – аналіз системи	Невідповідності функцій системи	Проблема	Причини проблеми
FMEA – аналіз конструкції	Причини проблеми (з FMEA - аналізу системи)	Проблеми для кожного елемента конструкції	Детальний список причин для кожного елемента конструкції
FMEA – аналіз процесу	Детальний список причин (з FMEA - аналізу конструкції)	Проблеми для кожного елемента конструкції (з FMEA - аналізу конструкції)	Детальний список причин для операцій процесу

Основне застосування FMEA-аналізу пов'язано з поліпшенням конструкції виробу (характеристик послуги) і процесів з його виготовлення й експлуатації (надання послуги). Аналіз можна застосовувати як стосовно виробів (послуг) і процесів, що створюють, так і до вже наявних.

FMEA-аналіз виконують коли розробляють новий виріб, процес, послугу, або відбувається їх модернізація; коли знаходять нове застосування для наявного виробу, процесу або послуги; коли розробляють план контролю нового або зміненого процесу. Також, FMEA може здійснюватися з метою планового поліпшення наявних процесів, виробів або послуг чи дослідження невідповідностей, що виникають.

FMEA-аналіз здійснюють у наступному порядку:

5. Визначають елементи, у яких можливе виникнення невідповідностей (відмов). Елементи можуть містити в собі різні компоненти, збірки, комбінації складових частин тощо. Якщо список елементів стає занадто великим і некерованим, необхідно скоротити межі FMEA.

У тому випадку, якщо потенційні відмови пов'язані з критичними характеристиками, додатково, під час здійсненні FMEA, необхідно здійснювати аналіз критичності відмов. Критичні характеристики — це нормативи або показники, які відбивають безпеку чи відповідність нормативним вимогам і мають потребу в особливому контролі.

6. Для кожного елемента, що виділено на кроці 5, складають список найбільш значущих видів відмов. Цю операцію можна спростити, якщо застосовувати стандартний список відмов для розглянутих елементів. Якщо здійснюють аналіз критичності відмов, то необхідно визначити ймовірність появи відмови для кожного з елементів. Коли визначені всі можливі види відмов для елемента, тоді сумарна ймовірність їхнього виникнення має становити 100 %.
7. Для кожного виду відмови, що виявлено на кроці 6, визначають усі можливі наслідки, які можуть виникнути. Цю операцію можна спростити, якщо застосовувати стандартний список наслідків. Якщо здійснюють аналіз критичності відмов, то необхідно визначити ймовірність виникнення кожного наслідку. Коли визначені всі можливі наслідки, ймовірність їхнього виникнення сумарно має становити 100 % для кожного елемента.
8. Визначається рейтинг ваги наслідків для споживача (S) — Severity. Рейтинг ваги наслідків звичайно визначають за шкалою від 1 до 10, де 1 означає незначні наслідки, а 10 — катастрофічні наслідки. Якщо вид відмови має більше за один наслідок, то в FMEA таблицю вносять тільки найбільш важкий наслідок для цього виду відмови.
9. Для кожного виду відмови визначають усі потенційні причини. Для цього можна застосовувати причинно-наслідкова діаграма Ішикава. Усі потенційні причини для кожного виду відмов заносять у таблицю FMEA.
10. Для кожної причини визначають рейтинг імовірності її виникнення (O) — Occurrence. Ймовірність виникнення звичайно оцінюють за

- шкалою від 1 до 10, де 1 означає вкрай малоїмовірну подію, а 10 — неминучу подію. Значення рейтингу заносять у таблицю FMEA.
11. Для кожної причини визначають наявні методи контролю, які застосовують у цей момент, щоб відмови не впливали на споживача. Ці методи мають запобігати виникненню причин, знижувати ймовірність того, що відбудеться відмова, або виявляти відмову після прояву причини, але раніше, ніж причина вплинула на споживача.
 12. Для кожного методу контролю визначають рейтинг виявлення (D) — Detection. Рейтинг виявлення звичайно оцінюють за шкалою від 1 до 10, де 1 означає, що метод контролю абсолютно точно виявить проблему, а 10 — не зможе виявити проблему (або контролю взагалі не існує). Рейтинг виявлення заносять у таблицю FMEA.
 13. Розраховують пріоритетне число ризику (ризик споживача — RPN) яке дорівнює добутку $S \cdot O \cdot D$. Це число дозволяє ранжувати потенційні відмови за значущістю.
 14. Визначають рекомендовані дії, які можуть містити зміну проекту або процесу для зниження ваги наслідків або ймовірності виникнення відмов. Також можуть вживати додаткові заходи контролю, щоб збільшити ймовірність виявлення відмов.
 15. Після виконання рекомендованих дій значення рейтингів S, O, D оцінюють знову, а пріоритетне число ризику RPN перераховують.

11.9 Будиночок якості

Будиночок якості є елементом технології розгортання функцій якості (Quality Function Deployment — QFD). Розгортання функцій якості є системним підходом до проектування, що заснований на чіткому розумінні бажань споживачів. Застосування цієї технології дозволяє перетворити побажання споживача (наприклад, таке, як — зручно тримати) у технічні характеристики виробу.

Основною метою розгортання функцій якості є перетворення суб'єктивних критеріїв якості в набір технічних характеристик, які можливо виміряти і застосовувати для проектування й виробництва продукції. QFD є одним з ефективних методів «розташування пріоритетів» у процесі створення продукції. Будиночок якості документує цей процес у зручній формі.

Технологія QFD була розроблена в Японії в 1966 р. фахівцем з якості, Ph.D. Yoji Akae. Спочатку цю технологію застосовували на заводах корпорації Mitsubishi. Надалі була вдосконалена й одержала широке поширення спочатку в Японії, потім і в інших країнах світу.

Розгортання функцій якості дозволяє вирішити ряд важливих задач під час створення нової продукції. По-перше, визначити пріоритетність побажань і очікувань споживача як висловлених у явній формі, так і передбачуваних. По-друге, перетворити ці побажання й очікування в технічні характеристики й специфікації. По-третє, створити й надати якісний продукт або послугу з характеристиками, що спрямовано на задоволення всіх важливих та істотних запитів споживача.

Технологія QFD складається з чотирьох фаз, на кожній з яких застосовують матричну діаграму особливого вигляду — будиночок якості. Кожна фаза зображує певні аспекти вимог до продукції або послуги. На кожній фазі виробляють оцінку взаємозв'язку між елементами будиночка якості. Тільки найбільш важливі аспекти переходять на наступну фазу, у наступний будиночок якості. Схематично технологію розгортання функцій якості зображено на схемі (рис. 11.6).

Фаза 1. Планування продукції

На цій фазі виконують побудову першого будиночка якості. Будиночок якості допомагає перетворити побажання споживача в технічні характеристики виробу. У роботі беруть участь фахівці відділу маркетингу або фахівці, котрі безпосередньо взаємодіють зі споживачами. На фазі 1 документують вимоги споживача, дані про гарантії, конкурентні

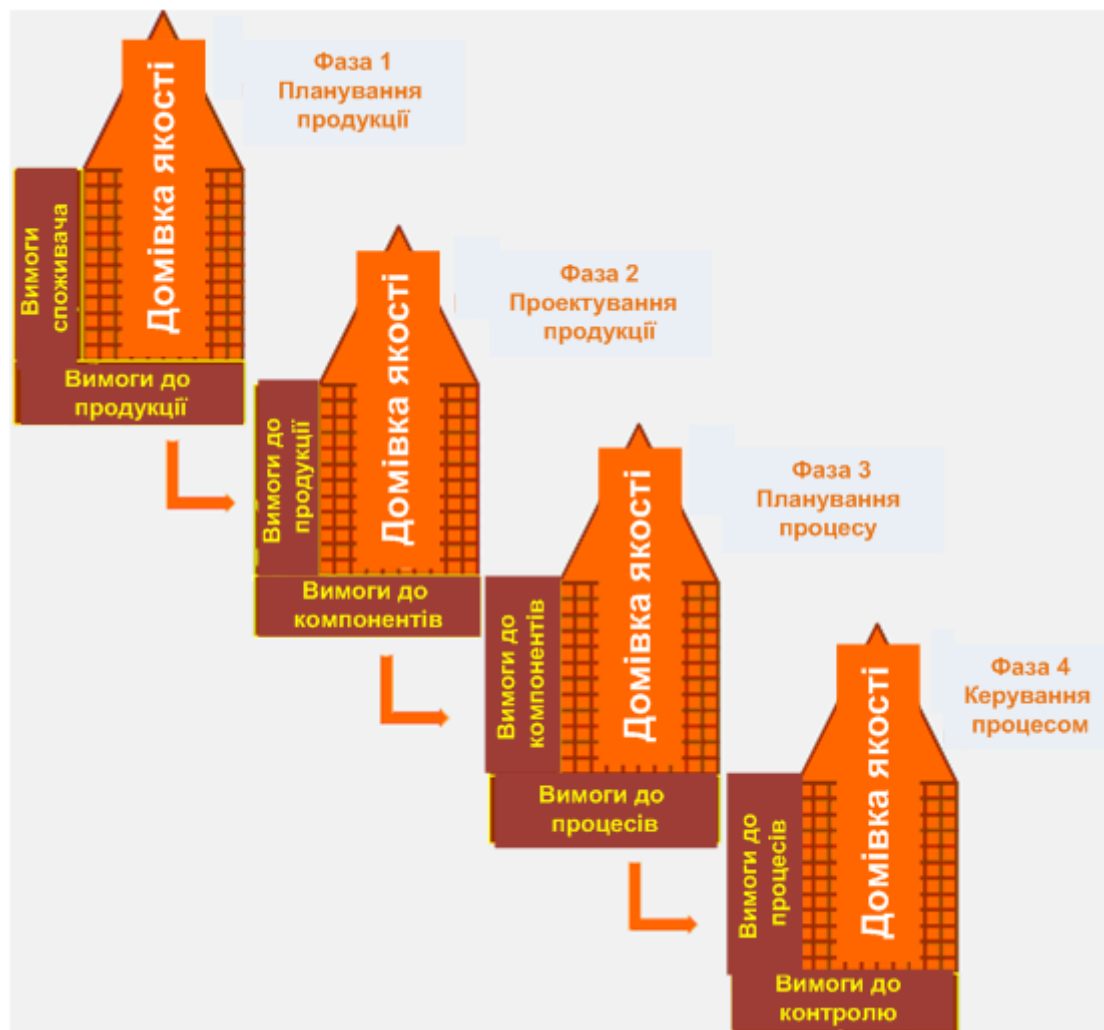


Рисунок 11.6 — Технологія розгортання функцій якості

переваги, характеристики продукції, які можна виміряти, дані про аналогічні продукти й технічні можливості організації з реалізації кожної з вимог споживача. Ефективність QFD цілком залежить від якості даних, що отримано на цій фазі.

Фаза 2. Проектування продукції

Цю фазу виконують фахівці інженерно-технічних служб (проектувальниками, технологами, конструкторами, дизайнерами). Проектування продукції вимагає творчих та інноваційних ідей. На фазі 2 розробляють концепцію майбутньої продукції і документують специфікації (креслення, схеми, технічні вимоги) усіх компонентів і складових частин. Другий будиночок якості допомагає перетворити технічні характеристики виробу в цілому в технічні специфікації компонентів. Ці специфікації передаються на наступну фазу QFD — планування процесу.

Фаза 3. Планування процесу

Фазу планування процесу виконують виробничі служби підприємства (технологи, фахівці відділу закупівель, фахівцями з виробництва). У ході роботи здійснюють заходи щодо планування, організації й підготовки виробництва. У результаті цієї фази документують порядок виконання й параметри (ключові характеристики) процесу. Третій будиночок якості надає можливість зв'язати характеристики компонентів виробу з параметрами й характеристиками виробничих процесів.

Фаза 4. Керування процесом

У реалізації цієї фази беруть участь фахівці служб контролю і забезпечення служб, співробітники служби якості. На виході створюють документи, що містять контрольовані показники процесу виробництва продукції, графіки обслуговування устаткування й плани підготовки операторів і робітників, що беруть участь у виробництві. Також на цій фазі виявляють процеси, що мають найбільший ризик виникнення дефектів (наприклад, за допомогою FMEA-аналізу). Для таких процесів розробляються плани попереджувальних дій.

Будиночок якості будують у такому порядку:

Крок 1. Визначення вимог споживача

Виявляють сегменти ринку, для яких здійснюватимуть QFD і визначатимуть основні види споживачів у цих сегментах. Для цього збирають і аналізують інформацію від споживачів. Щоб виявити й структурувати вимоги, можуть застосовувати такі інструменти, як діаграма спорідненості й деревоподібна діаграма. Ці вимоги вносять у матрицю – будиночок якості в розділ вимоги споживача. Вимоги можуть бути структуровані за видами, наприклад, ергономічність, виконання тощо.

Крім того, на цьому кроці необхідно визначити законодавчі й інші нормативні вимоги. Ці вимоги можуть бути в стандартах і законодавчих документах. Вимоги вносять до того ж розділу будиночка якості, що й вимоги споживача.

Розглянемо будиночок якості, що побудовано на прикладі друкувального пристрою.

			Рейтинг споживача					
			Наша компанія	Компанія А	Компанія В			
			■	▲	●			
			1	2	3	4	5	
Ергономічність	Легко вставити картридж	3						● 1, ■ 2, ▲ 3
	Легко активувати	3						▲ 2, ■ 3, ● 4
	Легко підключити	5						■ 1, ● 3, ▲ 4
	Не потребує спеціального налаштування	4						● 1, ■ 2, ▲ 3
Виконання	Мала вага	2						● 1, ▲ 2, ■ 3
	Різні кольори корпусу	1						● 2, ▲ 3, ■ 4
	Безвідмовність	4						■ 1, ● 2, ▲ 3
	Працездатність при падінні	3						▲ 1, ● 2, ■ 3

Крок 4. Визначення технічних вимог

Технічні вимоги є властивостями виробу (послуги) з інженерної точки зору й дозволяють здійснювати вимірювання й порівняння характеристик. Для визначення технічних вимог можуть застосовувати специфікації аналогічних виробів (послуг) або набори характеристик, що вказують у довідниках, стандартах і технічних нормативах. На цьому кроці будиночок якості містить тільки назви вимог.

<div style="text-align: center;"> Технічні вимоги Вимоги споживачів </div>		Важливість для споживача	Програмні засоби			Розміри		Технічні особливості		Рейтинг споживача							
			Відповідність стандартам	Кількість інтерфейсів	Кількість систем	Кількість кольорів	Кількість типорозмірів	Діапазон температур	Питома вага матеріалів	Усилювач на включення	Наша компанія			Компанія А		Компанія В	
											■	▲	●	■	▲	●	■
			1	2	3	4	5										
Ергономічність	Легко вставити картридж	3							●	■	▲						
	Легко активувати	3								▲		■	●				
	Легко підключити	5							■		●	▲					
	Не потребує спеціального налаштування	4							●	■	▲						
Виконання	Мала вага	2							●		▲	■					
	Різні кольори корпусу	1								●	▲	■					
	Безвідмовність	4								■	●	▲					
	Працездатність при падінні	3							▲		●	■					

Крок 5. Побудова матриці взаємозв'язку

Наступним етапом побудови будиночка якості є визначення взаємозв'язку вимог споживача й технічних вимог. Для виявлення сили взаємозв'язку застосовують шкалу значень 9, 3, 1, де 9 означає сильний взаємозв'язок, 3 — середній, 1 — слабкий. Щоб відобразити взаємозв'язок, застосовують символні позначення.

Технічні вимоги Вимоги споживачів		Важливість для споживача	Програмні засоби			Розміри		Технічні особливості		Рейтинг споживача							
			Відповідність стандартам	Кількість інтерфейсів	Кількість систем	Кількість кольорів	Кількість типорозмірів	Діапазон температур	Питома вага матеріалів	Зусілля на вклучення	Наша компанія			Компанія А		Компанія В	
											1	2	3	4	5		
Ергономічність	Легко вставити картридж	3					▲			●	■	▲					
	Легко активувати	3	○		▲				●		▲		■	●			
	Легко підключити	5	●	○	○						■		●	▲			
	Не потребує спеціального налаштування	4	●								●	■		▲			
Виконання	Мала вага	2					▲		▲				▲	■			
	Різні кольори корпусу	1				●							●	▲	■		
	Безвідмовність	4	○				○	○					■	●	▲		
	Працездатність при падінні	3							▲				▲	●	■		
			●	Сильний взаємозв'язок		9	○	Середній взаємозв'язок		3	▲	Слабкий взаємозв'язок					1

Крок 6. Визначення складності реалізації вимог

Реалізація технічних вимог має різний ступінь складності. Компанія може не мати придатного устаткування, фахівців або технологій для втілення вимог у виробі. Для того щоб визначити можливості компанії, будиночок якості містить розділ — складність реалізації вимог на поточний момент часу. Оцінювання можна здійснювати експертним методом. Для оцінювання застосовують шкалу від 1 до 5, де 5 означає, що вимогу складно реалізувати, 1 — вимогу легко реалізувати.

Технічні вимоги Вимоги споживачів		Важливість для споживача	Програмні засоби			Розміри		Технічні особливості			Рейтинг споживача					
			Відповідність стандартам	Кількість інтерфейсів	Кількість систем	Кількість кольорів	Кількість типорозмірів	Діапазон температур	Питома вага матеріалів	Зусилля на вклучення	Наша компанія	Компанія А		Компанія В		
											■	▲	●	1	2	3
Ергономічність	Легко вставити картридж	3					▲				●	■	▲			
	Легко активувати	3	○		▲					●		▲		■	●	
	Легко підключити Не потребує спеціального налаштування	5 4	●	○	○							■		●	▲	
Виконання	Мала вага	2					▲		▲		●		▲	■		
	Різні кольори корпусу	1				●						●	▲	■		
	Безвідмовність	4	○				○	○				■	●	▲		
	Працездатність при падінні	3							▲		▲		●	■		
Складність реалізації вимог (5 - складно, 1 – легко)			2	3	2	1	4	4	3	2						

Крок 7. Здійснення технічного аналізу продукції конкурентів

Щоб краще розуміти переваги продукту, що розробляють, здійснюють технічний аналіз характеристик аналогічної продукції, яку виробляють конкуренти. Аналіз необхідний для визначення значень технічних характеристик і напрямку їхнього поліпшення. Для порівняльного аналізу вибирають продукцію кількох конкурентів. Значення характеристик приводять до єдиної бази, а для конкурентної оцінки використовують рейтингову шкалу від 1 до 5.

Технічні вимоги Вимоги споживачів		Важливість для споживача	Програмні засоби			Розміри		Технічні особливості		Рейтинг споживача								
			Відповідність стандартам	Кількість інтерфейсів	Кількість систем	Кількість кольорів	Кількість типорозмірів	Діапазон температур	Питома вага матеріалів	Зусилля на вклучення	Наша компанія			Компанія А		Компанія В		
											1	2	3	4	5			
Ергономічність	Легко вставити картридж	3					▲			●	■	▲						
	Легко активувати	3	○		▲				●		▲		■	●				
	Легко підключити	5	●	○	○					■		●	▲					
	Не потребує спеціального налаштування	4	●							●	■		▲					
Виконання	Мала вага	2					▲		▲			▲	■					
	Різні кольори корпусу	1				●						●	▲	■				
	Безвідмовність Працездатність при падінні	4	○				○	○				■	●	▲				
3								▲		▲		●	■					
Складність реалізації вимог (5 - складно, 1 – легко)			2	3	2	1	4	4	3	2								
Одиниці виміру і значення																		
Інженерна оцінка	■ Наша компанія ▲ Компанія А ● Компанія В	5	■			▲	●											
		4		▲	■	●	▲	●	▲	●								
		3	▲	■	▲				▲	■	▲							
		2	●		●		■											
		1		●		■		■		●								

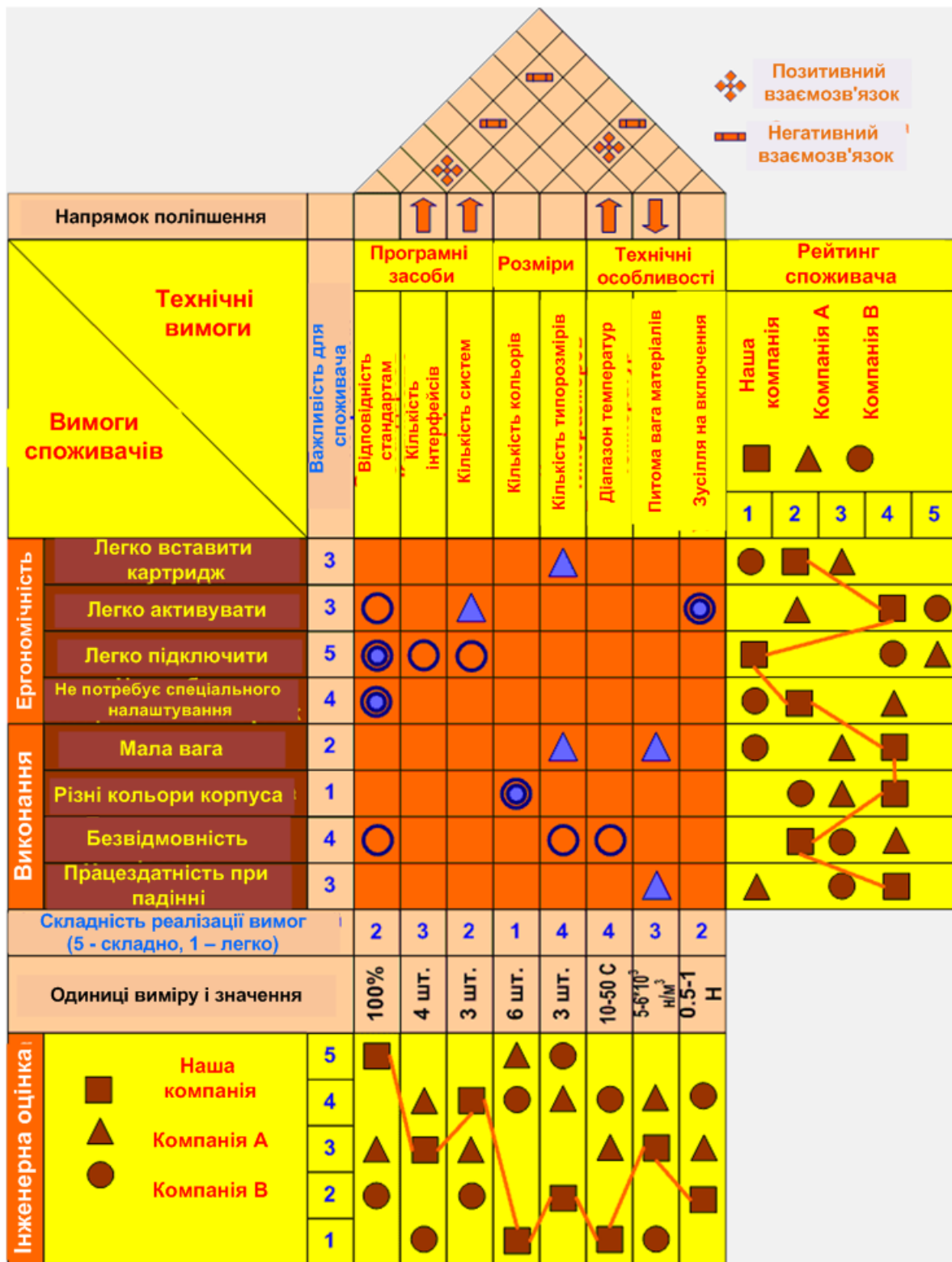
Крок 8. Визначення значень технічних характеристик і напрямків для поліпшення

На цьому етапі для кожної технічної характеристики встановлюють одиниці вимірювання й числові значення. Значення визначають, виходячи з аналізу продукції конкурентів і власних можливостей виробництва. Тут же визначають, які з характеристик необхідно поліпшувати.

Напрямок поліпшення			↑	↑		↑	↓								
Технічні вимоги	Вимоги споживачів	Важливість для споживача	Програмні засоби			Розміри		Технічні особливості		Рейтинг споживача					
			Відповідність стандартам	Кількість інтерфейсів	Кількість систем	Кількість кольорів	Кількість типорозмірів	Діапазон температур	Питома вага матеріалів	Зусілля на включення	Наша компанія				
											Компанія А				
			1	2	3	4	5								
Ергономічність	Легко вставити картридж	3				▲			●	■	▲				
	Легко активувати	3	○		▲				●	■	▲				
	Легко підключити	5	●	○	○				●	■	▲				
	Не потребує спеціального налаштування	4	●						●	■	▲				
Виконання	Мала вага	2				▲		▲	●	■	▲				
	Різні кольори корпусу	1				●			●	■	▲				
	Безвідмовність	4	○			○	○		●	■	▲				
	Працездатність при падінні	3						▲	●	■	▲				
Складність реалізації вимог (5 - складно, 1 – легко)			2	3	2	1	4	4	3	2					
Одиниці виміру і значення			100%	4 шт.	3 шт.	6 шт.	3 шт.	10-50 C	5-6*10 ³ н/м ³	0.5-1 Н					
Інженерна оцінка	Наша компанія	5	■			▲	●								
	Компанія А	4		▲	■	●	▲	●	▲	●					
	Компанія В	3	▲	■	▲	●	▲	▲	▲	▲					
		2	●		●	■	■	■	■	■					
		1		●		■	■	■	■	■					

Крок 9. Визначення взаємозв'язку технічних характеристик

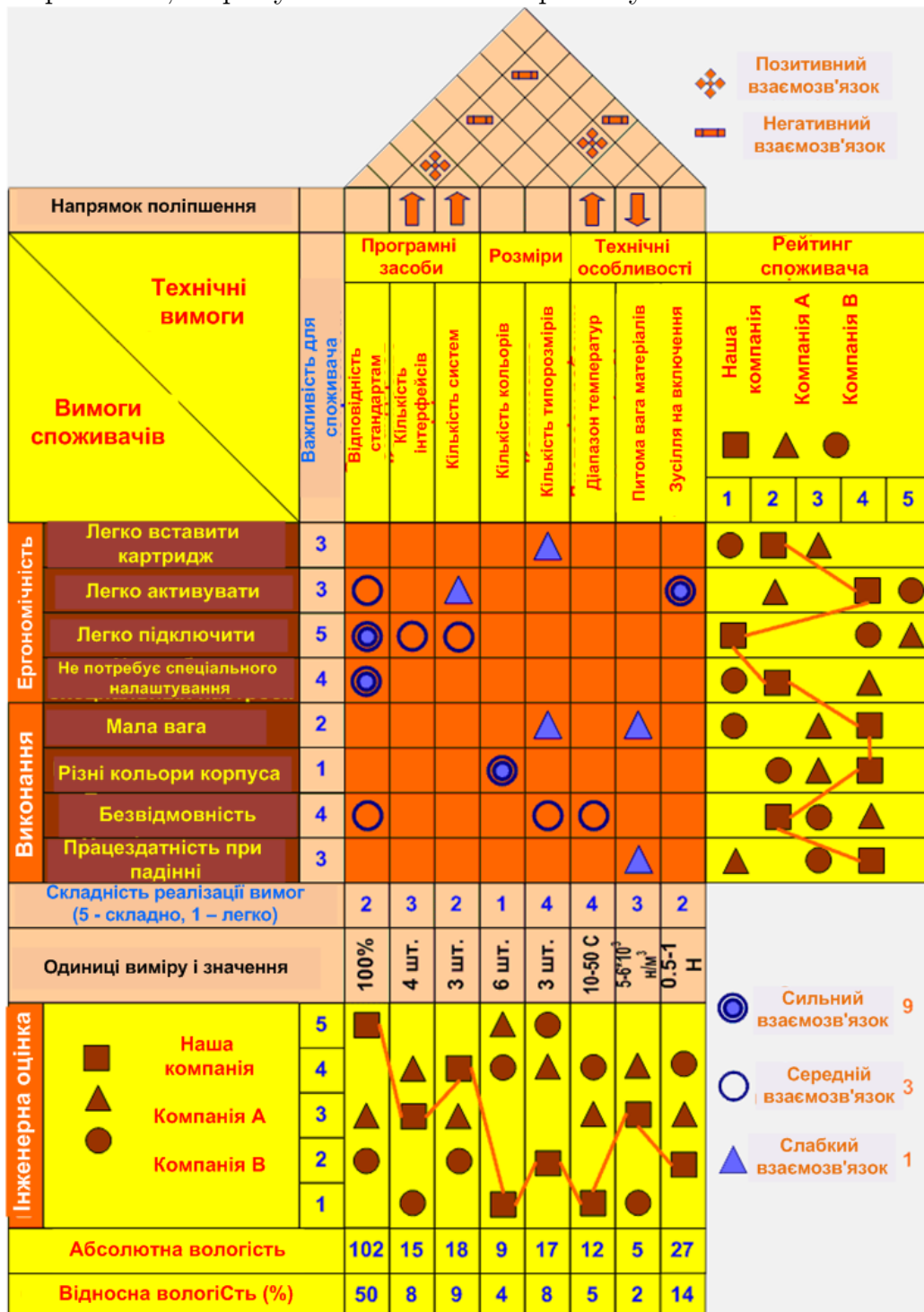
Технічні характеристики продукту можуть здійснювати взаємний вплив. Цей вплив буває як позитивним (зі збільшенням значення однієї характеристики збільшується значення іншої), так і негативним (зі збільшенням значення однієї характеристики зменшується значення іншої). Для виявлення цього впливу будиночок якості містить матрицю типу «дах». Під час побудову матриці перевіряють, як технічні характеристики впливають одна на одну.



Крок 10. Обчислення абсолютної й відносної важливості кожної з технічних характеристик

Для обчислення абсолютної важливості технічних характеристик виконують перемножування числових значень кожного елемента матриці взаємозв'язку на рейтинг важливості для споживача. Отримані зна-

чення підсумовують по стовпцях. Відносну важливість розраховують як відношення значення абсолютної важливості до суми всіх значень і помножене на 100 %. У результаті визначають найбільш важливі технічні характеристики, за рахунок яких можна реалізувати вимоги споживачів.



На цьому побудову будиночка якості для першої фази QFD закінчують. Подальше розгортання функцій якості виконують аналогічно. Для кожної з фаз будують відповідний будиночок якості.

11.10 П'ять чому

П'ять чому — це простий метод пошуку причин виникнення невідповідностей, що дозволяє швидко побудувати причинно-наслідкові зв'язки. Найбільш популярним цей метод став у 70-х роках після публікації й поширення інформації про виробничу систему Toyota. Сам метод був розроблений у 40-х роках засновником компанії Toyota — Сакічі Тойода (Sakichi Toyoda).

Назва методу — П'ять чому (Five Whys) походить від кількості поставлених питань. Для того щоб знайти причину невідповідності, необхідно послідовно ставити те саме запитання — «Чому це відбулося?» і шукати відповідь на це запитання. Число п'ять обрано виходячи з того, що такої кількості зазвичай досить для виявлення суті й джерела проблеми. Але, незважаючи на те що метод називається «П'ять чому» для пошуку причин кожної конкретної невідповідності можна ставити як меншу, так і більшу кількість запитань.

За рахунок застосування методу п'ять чому можна побудувати «дерево» причин, тому що під час відповіді на поставлене запитання можливе виникнення декількох варіантів. Тому метод п'ять чому схожий з методом причинно-наслідкових діаграм Ішікава. Для графічного відображення «дерева» причин застосовують деревоподібну діаграму.

Метод п'ять чому можна застосовувати як за індивідуальної роботи, так і в групі. Групова робота є кращою, тому що вона дозволяє знайти більш об'єктивні причини проблеми, яку розв'язують.

За рахунок застосування методу п'ять чому стає можливим визначити й скласти модель проблемної ситуації й відповідно більш об'єктивно працювати з виявлення невідповідностей. Подання причин у вигляді дерева дозволяє переглядати якісь частини проведеного аналізу, корегувати їх і вносити зміни.

Порядок застосування методу п'ять чому наступний:

1. Формулюють невідповідність або проблему, для якої необхідно знайти вирішення. Проблема може бути записана на аркуші паперу або картці. Документування дозволяє робочій групі прийти до єдиної думки як сформулювати невідповідність і тим самим сконцентруватися на ній.
2. Тавлять запитання «Чому ця невідповідність виникла?» або «Чому це відбулося?». Визначають варіанти відповідей на поставлене запитання. Відповідей може бути кілька. Їх записують під або збоку

- від проблеми. Відповіді необхідно формулювати коротко. Для пошуку відповідей можна застосовувати метод мозкового штурму. Щоб структурувати пошук рішень за методом п'ять чому, можна попередньо визначити основні підобласті, які призводять до виникнення невідповідності.
3. Якщо причини, виявлені на кроці 2, можуть бути деталізовані далі, то з кожної з виявлених причин знову ставлять запитання «Чому це відбулося?». Відповіді на це запитання записують на третьому рівні деталізації.
 4. Здійснює перевірку можливості подальшої деталізації причин. Якщо деталізація можлива, то цикл постановки запитань повторюють. Як правило, щоб деталізувати причини до найнижчого рівня, досить п'яти повторень циклу.
 5. Після того як аналіз буде завершений і подальша деталізація причин стане неможливою, здійснюють перегляд усіх виявлених причин і визначають ключові причини. У ході перегляду діаграми деякі з причин можуть пересувати з рівня на рівень або дублювати в різних гілках дерева причин.

Приклад

Застосування методу п'ять чому розглянемо на прикладі вирішення проблеми — «розмите зображення на друкованій копії документа».



Основні переваги, які має метод п'ять чому, — це можливість швидко визначити кореневі причини поставленої проблеми, легкість освоєння й застосування.

Недоліки методу п'ять чому виявляють під час вирішення складних і комплексних проблем. У цьому випадку метод може дати неправильні або суб'єктивні рішення. Для комплексних проблем більше підходить метод діаграм Ішікава й метод причинно-наслідкових діаграм.

11.11 Методологія Шість Сигм

Спрямованість методології Шість Сигм

Якщо наявний бізнес або технічний процес здатний створювати певну кількість якісної продукції, то його можна налаштувати на регулярне і стабільне виробництво істотно більшої кількості якісної продукції. У подальшому для короткості усі процеси називатимемо бізнес-процесами.

Шість Сигм — методика налаштування бізнес-процесів на зниження усіх типів дефектів, втрат і витрат:

- дефектів продукції (управління якістю);
- витрат (непродуктивних витрат);
- втрат ресурсів (ефективне витрачання ресурсів);
- втрат часу (скорочення часу циклу).

Залежно від того, який процес ми збираємося оптимізувати, такі дефекти і втрати будуть всебічно досліджені і планомірно усунені. Можна вважати дефектом невідповідність характеристик продукції вимогам споживачів, і тоді за допомогою системи Шість Сигм ми побудуємо ефективну систему управління якістю.

Якщо сконцентрувати увагу і зусилля на процесі регулярного відтворення витрат, то ми зможемо не лише зменшити втрати усіх типів ресурсів, але й перейти до активного управління витратами.

Оптимізація виробничого циклу відбувається під час застосування методики Шість Сигм для виключення непродуктивних витрат часу, що особливо важливо для організацій, чия діяльність пов'язана зі створенням і наданням різних послуг.

Основа ефективності системи Шість Сигм — точне налаштування процесів і результатів!

Будь-яке устаткування можна і слід відрегулювати так, щоб стабільно досягати максимально можливі показники якості продукції.

Будь-який управлінський або адміністративний процес можна і слід оптимізувати, послідовно знищуючи дефекти управління, комунікації та документообігу.

Повне Визначення системи Шість Сигм

Шість Сигм — система налаштування регулярних бізнес-процесів на зниження усіх типів дефектів і втрат за допомогою послідовного виконання проектів з усунення корінних причин дефектів на основі кількісних досліджень процесів.

Для розуміння сенсу цього визначення знадобиться детальніша розшифровка.

Система . Ми називаємо Шість Сигм системою, оскільки вона містить безліч взаємопов'язаних інструментів і методик управління людьми, технологією, устаткуванням і процесами, що в сукупності забезпечують синергетичний ефект.

Для нас дуже важлива, насамперед, чітка і ефективна послідовність дій, реалізуючи яку, можна крок за кроком удосконалювати бізнес-процеси підприємства!

Регулярні бізнес-процеси — різні однотипні дії людей, що постійно повторюються, функціонування устаткування і техніки, виробничі, управлінські, облікові та адміністративні процеси.

Практично будь-яку діяльність підрозділів підприємства, що постійно випускає і реалізовує стандартну продукцію, можна вважати регулярним бізнес-процесом. Система Шість Сигм пристосовна для вдосконалення не лише виробничої, але й комерційної або управлінської діяльності метрологічного забезпечення, будь-яких процесів, у яких відбувається повторення одних і тих же операцій, що забезпечують заздалегідь визначений результат.

Дефекти і втрати . Будь-який процес створює не лише потрібну нам продукцію, але й дефекти, витрати і втрати. З незмінною регулярністю наші виробничі потужності виконують цілком реальну технологічну програму зі знищення дорогих ресурсів. Завдання Шість Сигм знайти і послідовно виключити ці джерела втрат!

Прийнято вважати, що система Шість Сигм призначена тільки для поліпшення якості продукції і застосовують її переважно у виробничих процесах. Дійсно, у цьому випадку ефективність методик та інструментів системи є особливо високою, але реальна сфера застосування Шість Сигм значно ширша і дозволяє оптимізувати найрізноманітніші показники у будь-яких регулярних процесах.

У виробничих процесах просто очевидні і лінійні методи дослідження кількісної інформації, на які спирається методика Шість Сигм.

Проте світовий досвід довів, що ефективність цих методів анітрохи не знижується, якщо застосувати їх у таких сферах діяльності, як охорона здоров'я, надання найрізноманітніших видів послуг, банківська справа, ІТ-технології, діловодство, а також управління ресурсами і людьми.

Послідовне виконання проектів . У системі Шість Сигм оптимізацію бізнес-процесу в цілому досягають не одним масштабним і довгостроковим зусиллям, а серією локальних проектів. Кожен з цих проектів має забезпечувати цілком конкретну економічну ефективність, і прогнозна оцінка успішності є істотним чинником під час вибору об'єкта вдосконалення.

Цей дуже зважений і прагматичний підхід до вирішення проблем підприємства можна з упевненістю вважати величезною перевагою системи. Усім відомо, що дуже часто відбувається із спробами перебудувати живий організм процесу одним рішучим революційним ударом.

Усунення кореневих причин дефектів . Практично завжди процес є дуже складною організаційно-технічною структурою. Дефекти, втрати і витрати, що регулярно виникають, є наслідком або внутрішнього розбалансування процесу, або дії яких-небудь зовнішніх причин. Пошук, виявлення та усунення цих «глибинних» джерел проблем мають стати основою заходів удосконалення.

У будь-якому процесі лінійні керівники у першу чергу орієнтовані на боротьбу з поточними відхиленнями від нормативів, аваріями, зривами затверджених термінів, раптовими проблемами тощо. Основне завдання управління сприймається ними як оперативне виправлення наслідків помилок і некерованих відхилень від «планового» функціонування процесу.

На пошук істинних причин, наслідком яких є уся ця метушня, як правило, бракує часу, сил і знань! Це — головна проблема!

Кількісні дослідження процесів . Тільки достовірна та актуальна інформація може бути основою правильних технічних і управлінських рішень. Вдосконалення не можливе без точного знання кількісних показників на входах і виходах процесів, реалістичного оцінювання характеристик і розуміння динаміки змін результату.

На жаль, за великого обсягу різного роду датчиків, індикаторів, показників і коефіцієнтів нашим процесами переважно керують на основі досвіду та інтуїтивних рішень операторів і лінійних керівників. У цьому немає нічого поганого, проте такий спосіб управління має ряд недоліків і обмежень: інформація, яку використовують, часто буває неабияк застарілою, такою, що застосовують тільки для певних умов і просто неістинною.

Поступове вбудовування технології Шість Сигм в корпоративну і технологічну культуру підприємства припускає перехід до проактивного управління процесами на основі достовірних і актуальних кількісних даних. У результаті ми отримуємо на підприємстві абсолютно нове технологічне середовище, яке стає реальною конкурентною перевагою, що дозволяє оперативно і, що дуже важливо, своєчасно адаптувати підприємство до умов бізнесу, який динамічно змінюється.

Базові принципи управління процесами

У кожній сучасній системі вдосконалення формують свій власний підхід до дослідження, унікальний спосіб «бачення» процесів. Мабуть, саме це є головною відмінністю систем, оскільки прикладні інструменти легко копіюють і найбільш працездатні з них уже давно використовують практично усі методики розвитку.

Система Шість Сигм «бачить» процес як функцію перетворення комплексу вхідних показників у результат на виході процесу!

Результат діяльності процесу подають у вигляді комплексу кількісних показників, кожен з яких має певну цінність для споживача чи бізнесу, наприклад, показники якості, собівартості, продуктивності, точності, комерційної ефективності, задоволеності споживача тощо.

При цьому як «входи» можна розглядати найрізноманітніші чинники, що істотно впливають на показники результату. Ці вхідні дії можуть бути як «зовнішніми» щодо процесу, наприклад, сировина або довілля, так і «внутрішніми»: технології, налаштування або технічний стан устаткування, кваліфікація операторів.

Як правило, у будь-якому нормальному процесі є присутньою безліч таких чинників, що активно впливають на якість результату. Крім того, слід враховувати ще й вплив різних поєднань чинників: цілком можливо, що зміна характеристик процесу відбувається під час синергетичного

ефекту комплексних дій на входи. Звичайна людина не може вирішувати подібні багатофакторні завдання інтуїтивно, без застосування спеціальних методик та інструментів!

Кількісні дослідження взаємопов'язаних змін на «входах» і «виходах» процесу є основою методик Шість Сигм і дозволяють розробити ефективну систему управління якістю результату!

Формула відображення процесу $Y = f(X)$

Якість процесу найпростіше оцінити через якість необхідного результату, яку, як правило, описують деяким набором кількісних показників. Цільові значення цих показників призначають управлінці і технологи на основі вимог споживачів, бізнесу або технічних умов процесу.

Реальні значення визначає процес! Якість процесу легко визначити, порівнявши цільові і реальні показники результату.

Назвемо ці показники Y_1, Y_2, Y_3, \dots

Наприклад, Y_1 може означати конкретні вимоги споживачів до довжини заготовки, стабільності сигналу, кількості помилок у документі, часу доставки або кількості прань без втрати яскравості барвників, Y_2 — цілі бізнесу за показниками собівартості, а Y_3 — умови дилерів за ритмічністю постачань або мінімальним обсягом партій (рис. 11.7).

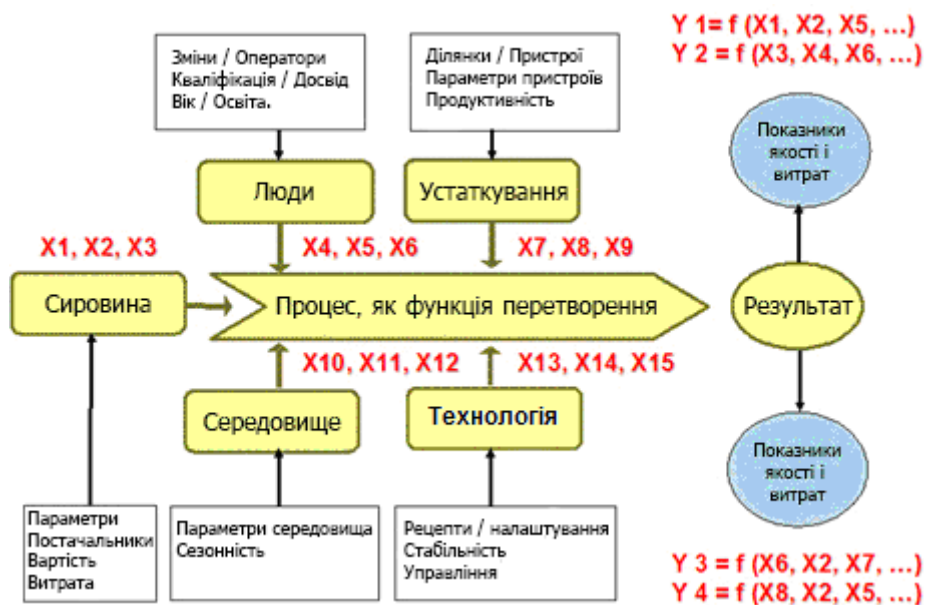


Рисунок 11.7 — Процес як функція $Y = f(X)$

Цілком логічно, що результат на виході процесу залежить від того, які використовують сировину, устаткування і технологію, від кваліфікації операторів і зовнішніх умов. У кожного з цих чинників є свій набір

кількісних показників, що визначають відмінність одного стану чинника від іншого.

Назвемо ці показники X_1, X_2, X_3, \dots . Наприклад, показник X_1 — одна з технічних характеристик сировини, X_2 — оцінка кваліфікації оператора, а X_3 — рівень автоматизації устаткування.

Можна припустити, що з поганої сировини недосвідчений оператор на старому устаткуванні зробить продукцію низької якості, а досвідчений працівник ефективно використовує гарну сировину і сучасні технології. Але! Які результати покаже новачок, працюючи на старому верстаті з гарною сировиною? Чи зможе високий рівень автоматизації компенсувати відсутність необхідної кваліфікації персоналу? А досвідчений оператор отримає добрий результат у тих же умовах? Як залежить показник собівартості продукції Y_2 від показників чинників X_1, X_2, X_3 ?

Будь-який процес є функцією перетворення певних станів вхідних чинників X_1, \dots, X_i на результат, що відповідає ним, з параметрами Y_1, \dots, Y_j . У загальному випадку цю функцію позначають як $Y = f(X)$ і допускають можливість визначення кількісного взаємозв'язку між показниками чинників на входах процесу і результату на виході.

Для будь-якого процесу можна підібрати або створити такі набори «вхідних» параметрів X_1, X_2, X_3, \dots за яких «на виході» процесу будуть найкращі показники якості і витрат Y_1, Y_2, Y_3, \dots .

Шкода варіабельності

Налаштування процесу на оптимальні показники якості і витрат не було б особливо складним за умови стабільності чинників на входах процесу. Але, на жаль, стабільність у наших процесах зустрічають рідко.

Оскільки показник результату Y є функцією від вхідних дій X_1, \dots, X_i , то нестабільність кожного з чинників призводить до розкиду значень на виході процесу. Величина відхилення реального значення від цільового ΔY також є функцією від змін $\Delta_1, \dots, \Delta_i$.

Як правило, існує визначений вимогами споживача діапазон допустимих відхилень від цільового значення. Якщо відхилення велике і реальне значення Y не потрапляє в поле допуску, то результат процесу є дефектним за показником Y .

Отже, варіабельність у процесах є джерелом втрат:

Дефекти продукції : брак на кожному етапі процесу, відхилення параметрів виробів від цільових значень, динамічна зміна кількості

Витрати : коливання обсягів витрат ресурсів і собівартості, порушення норм і статей бюджету, непродуктивні витрати тощо.

Втрати ресурсів : зниження продуктивності устаткування, високий рівень відходів, неефективні трудовитрати тощо.

Втрати часу : динамічні відхилення часу виготовлення виробів і напівфабрикатів, аварійні і технологічні простої, порушення нормативів, термінів постачання тощо.

Чим же відрізняється хороший процес від поганого? Якістю результату, стабільністю і відсутністю проблем для керівників і працівників.

Якщо перевести ці поняття в область кількісного дослідження параметрів процесів, то можна визначити такі вимоги до процесу:

- розкид значень результату Y завжди у рамках допуску і немає браку;
- середнє значення Y знаходиться в середині діапазону допуску і розкид характеристик настільки малий, що існує впевненість у відсутності браку навіть за істотної зовнішньої дії на процес.

З рисунку 11.8 випливає, що перший процес поки браку не має, але це лише питання часу. Будь-яка дія, що дестабілізує, призведе до дефектів у продукції і проблем у технологів і виробничників. Другий процес значно кращий і надійніший. З таким «запасом міцності» набагато складніше втратити премію за якість.



Рисунок 11.8 — «Поганий» і «гарний» розкид значень на виході процесу

Неважко уявити «дуже поганий» результат на виході процесу: деяка частина значень знаходиться за межею допуску або, що ще гірше, розкид значень більший, ніж ширина діапазону допуску. Брак присутній завжди!

Слід прагнути до ідеального налаштування процесу: пік гистограми, що відповідає середині «дзвону» розкиду значень, знаходиться в середині діапазону допуску, і ширина дзвону значно менша за ширину діапазону допуску. Тоді не лише унеможливлено виробництво дефектів у короткостроковому періоді, але й забезпечено необхідну надійність процесу на довгий термін. Такий процес стійкий до ймовірних дій, що дестабілізують, і гарантує стабільність високого рівня якості продукції, яку виробляють.

Поняття «сигма» і чому їх «шість»

Налаштування процесу за методикою Шість Сигм припускає цілеспрямовану роботу зі зменшення розкиду параметрів, зміщення середнього значення в середину діапазону допуску і виключення дій, що дестабілізують, на процес (рис. 11.9).

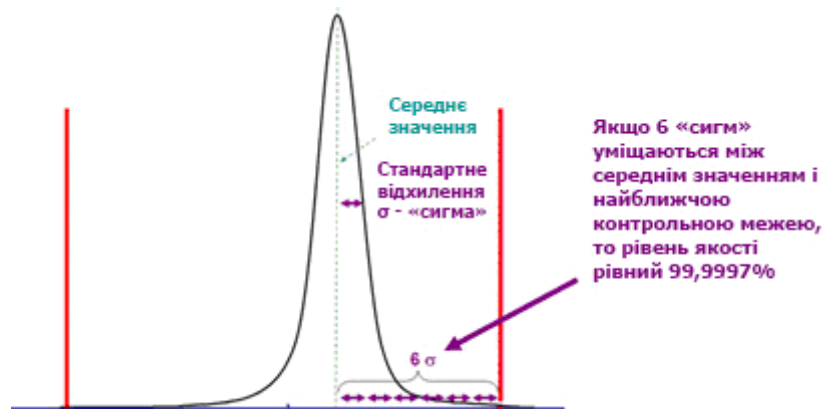


Рисунок 11.9 — Якість процесу «6 сигм»

«Сигма» (σ — стандартне відхилення) показує міру варіабельності результату, тобто ширину дзвону розкиду параметрів на виході процесу. В ідеальному випадку від середнього значення вимірювань до найближчої межі допуску вкладається 6 "сигм". Тоді ймовірність виготовити дефектну продукцію є близькою до нуля — 3,4 дефекти на мільйон можливостей!

Це легко уявити: якщо реальний параметр якості продукції має на виході процесу середній розкид значень у шість разів менший за ширину діапазону допуску, то ми отримуємо величезний «запас надійності»

за якістю. Стабільність якості процесу і результату у свою чергу дозволяє багаторазово знизити витрати ресурсів на контроль і доопрацювання браку, обслуговування рекламаций незадоволених клієнтів, зміст сервісних служб і дорогу систему тотального контролю якості.

Добре налагоджений процес економить величезну кількість ресурсів, починаючи з розробки нової моделі і закінчуючи утилізацією продукції.

Метод налаштування процесів

Метод Шість Сигм припускає створення ефективних систем збирання вірогідних даних про процес, аналіз цих даних за допомогою статистичних інструментів, здійснення експертних досліджень і розробку рішень з модернізації процесу. По суті, звичайний грамотний інженерний підхід до вирішення завдань (рис. 11.10).

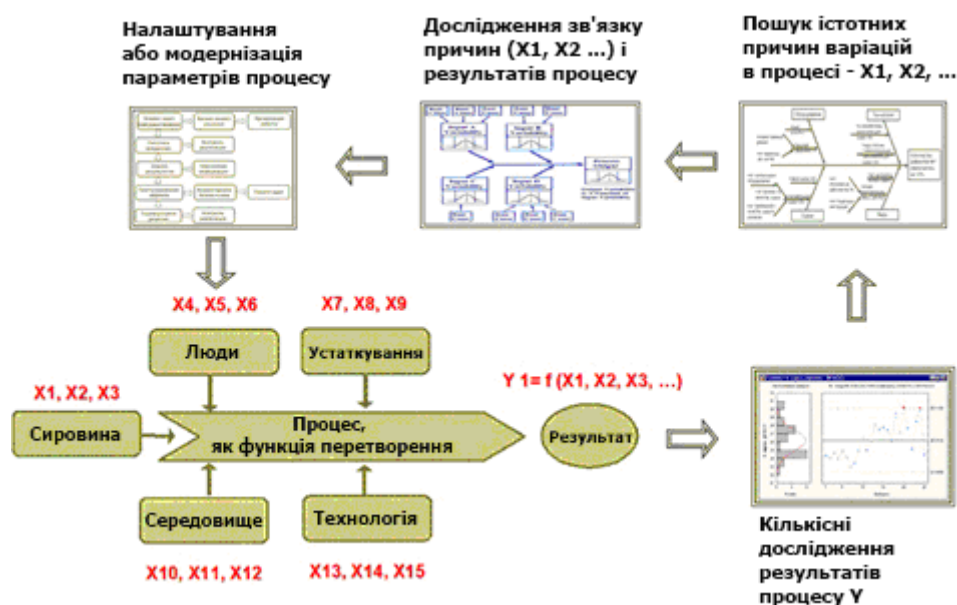


Рисунок 11.10 — Метод Шість Сигм з ефективного налаштування процесів

Кількісні дослідження результатів на виході процесу забезпечують дослідників оперативними і вірогідними даними про реальні зміни в процесі, унеможливаючи створення неправдивих виведень на основі застарілої інформації та помилок, що історично затвердилися.

Пошук істотних причин варіації і джерел дефектів здійснюють за допомогою найбільш ефективних інструментів статистичного аналізу цих та експертних досліджень, дозволяючи виявити чинники, що здійснюють істотний позитивний чи негативний вплив на характеристики

результату.

Дослідження зв'язку причин і результатів у форматі кількісних даних допускає створення простої математичної моделі взаємодії входів і виходу процесу. Маючи таку інформацію, можна з великою точністю прогнозувати результат, визначати необхідні налаштування чинників, вибрати оптимальне співвідношення показників якості і витрат. Крім того, стає можливим створення системи **«Раннього попередження»**: виявлення й усунення відхилень у процесі на найперших стадіях, до того, як процес почав давати результат з небезпечними для якості порушеннями нормативів чи брак у готовій продукції.

Налаштування або модернізація процесу є розробкою і впровадженням заходів, що забезпечують реалізацію розроблених на попередніх етапах рішень з налаштування процесу на зниження втрат, дефектів і витрат.

Сам по собі метод досить універсальний і, його можна застосовувати для вирішення завдань різного рівня складності.

Методи організації робіт

Основні завдання системи Шість Сігма

Робота з удосконалення процесів також є процесом, особливо у разі «регулярного виробництва проектів», а точніше — успішних результатів проектів. Як і у будь-якому процесі, «на виході» може бути «продукція» різного рівня якості: позитивний ефект проведених робіт залежить від безлічі чинників і насамперед від методики і правильної організації дій команди впровадження.

1. **Створення інфраструктури, що підтримує впровадження системи Шість Сігм і кожен Проект.** На підприємстві будь-якого масштабу виконання проектів вдосконалення процесів має забезпечуватися необхідною кількістю ресурсів і підтримуватися на усіх рівнях управління. Тоді робота буде успішною, а поліпшення значними в масштабах бізнесу!
2. **Навчання керівників проектів, експертів і груп впровадження.** Знання, навички і досвід з налаштування процесів на зниження втрат-дефектів-витрат є безцінним активом підприємства. Одне з головних завдань системи Шість Сігм — формування унікальної бази знань і колективу фахівців, котрі здатні вирішувати нетривіальні завдання розвитку бізнес-процесів.

3. **Кількісні дослідження основних втрат підприємства.** У логіці Шість Сигм будь-яка робота з вдосконалення має розпочинатися з розуміння, що слід покращувати і яку користь бізнесу принесе це поліпшення. Найпростіший і надійніший спосіб досягти цього розуміння — досліджувати наявні втрати і оцінити реальний збиток у прийнятому на підприємстві форматі базових цінностей.
4. **Вибір завдань за критерієм максимальної економічної ефективності.** Оскільки будь-який бізнес насамперед призначений для створення доходів, як базовий критерій під час вибору завдань вдосконалення застосовують стандартні «грошові» показники. Проте так само успішно можна використати й інші види «цінностей» бізнесу: задоволеність споживачів, показники Balanced Score Cards або різні характеристики ефективності і якості.
5. **Організація проектної роботи:** формування робочих груп, кількісні дослідження бізнес-процесів у локальних точках максимальних втрат, виявлення корінних причин втрат/дефектів на основі аналізу даних, послідовне виконання локальних проектів з усунення корінних причин дефектів.
6. **Закріплення результатів.** Після впровадження змін будь-яка система, як правило, прагне до повернення в первинний стан. Отже, для отримання необхідного економічного ефекту потрібні спеціальні заходи з підтримки і закріплення на довгий термін переваг, що отримано від удосконалення процесів.

Методи організації робіт в системі Шість Сигм створювалися практиками на основі багаторічного досвіду впровадження тисяч проектів.

Основні складові системи

Кожна система складається з декількох елементів, які взаємодіють відповідно до певних принципів. Інакше це не система. Система не може бути просто сумою складових. Взаємодія всередині системи може послабляти кожен з елементів. Тоді зібрані разом і об'єднані якоюсь загальною ідеєю непогані самі по собі складові раптом перетворюються на щось абсолютно непридатне. Щодня навколо ми бачимо безліч прикладів.

Є ще і системи, в яких сила примножується. Енергія системи стає значно більшою за суму енергій її складових. Накопичена кількість створює досконалішу якість, що має абсолютно нові можливості. Не завжди ця сила має позитивний характер, але ми, на щастя, обговорюємо системи управління процесами і якістю. Системи, що орієнтовані виключно на творення і поліпшення.

Ми вже визначили раніше, що називаємо Шість Сигм системою, оскільки вона містить безліч взаємопов'язаних інструментів і методик управління процесами, людьми, технологією та устаткуванням, що в сукупності забезпечують винятковий синергетичний ефект.

Що ж містить система? Якщо розглянути систему Шість Сигм у форматі основних завдань, то ми побачимо такі взаємопов'язані елементи, що забезпечують головну мету — економічну ефективність бізнес-процесів (рис. 11.11).



Рисунок 11.11 — Основні складові системи Шість Сигм

Як завжди, систему управління процесами поділяють на дві основні частини: люди і техніка. Навіть якщо ми розглядаємо і намагаємося оптимізувати який-небудь простий процес, на кшталт оформлення замовлення на постачання, то видно, що характеристики результату визначаються і людським чинником і елементарною механікою: регламентами і рівнем автоматизації документообігу, засобами зв'язку і передачі документів, якістю інформаційного і програмного забезпечення.

Дослідження всіх типів втрат, дефектів і витрат

На початковому етапі побудови системи має сформуватися бачення

найбільш суттєвих проблем підприємства. І ці проблеми слід не лише уявляти в загальному вигляді, як завжди відбувається. Слід знати їх, максимально точно оцінювати і, нарешті, навчитися розуміти. Тільки детальне дослідження всіх типів втрат, дефектів і витрат створює вірогідну інформацію для ухвалення грамотних технічних і управлінських рішень (рис. 11.12).



Рисунок 11.12 — Джерела втрат підприємства

Таке дослідження є першим кроком на шляху Шість Сигм і забезпечує ясне і загальне розуміння реальної вартості недосконалості наявних процесів:

- **дефекти в продукції** або результати певної діяльності — це відхилення характеристик продукції від вимог споживачів або технологічних нормативів, яке можна виміряти чи оцінити;
- **непродуктивні витрати** — це марно витрачені ресурси, дефект з позиції фінансового контролера, що має такі ж конкретні динамічні характеристики, як і брак у готовій продукції;
- **втрати** — це неотримані вигоди або доходи, порівняння того, що могло б бути за ідеального функціонування процесу з наявними результатами.

Матеріальні результати недосконалості процесів можна визначити, порахувати і оцінити шкоду, що завдається ними, підприємству. З ці-

єї миті у керівництва і співробітників підприємства з'являється цілком конкретна мета, виражена в зрозумілому всім форматі — грошовому. Далі досить нескладно визначають бюджети проектів, можливий рівень винагороди і почестей учасникам майбутньої перемоги

Як правило, усі знають про наявність втрат. Але реальний масштаб проблем можна уявити тільки після спеціальних досліджень!

Статистичний контроль процесів

На процес постійно впливає безліч чинників, що дестабілізують: люди щодня регулюють усе, що можна і не можна; сировина змінює свої характеристики за короткий період; устаткування зношується і відновлюється з новими параметрами і нестабільними характеристиками; технологія не встигає за змінами в процесі й задає неоптимальні налаштування; вимоги, що зростають, до якості з боку споживача визначають жорсткіші параметри результату. Усі ці зміни слід бачити, враховувати і правильно оцінювати!

Статистичний контроль процесів дозволяє виявити і скрупульозно досліджувати:

- **особливі причини**, що викликали істотні відхилення в процесі й відповідно в результаті: зміна одного або декількох чинників, що впливають на звичайний хід процесу, наприклад, характеристик сировини, налаштувань чи стану устаткування, технологічних режимів, кваліфікації операторів, умов зовнішнього середовища тощо;
- **випадкову варіацію**, природне коливання параметрів процесу — розкид значень, що відповідає звичайному функціонуванню процесу.

У процесі завжди існує певний розкид параметрів результату. Важливо, щоб ці відхилення завжди були у рамках, що відповідають вимогам споживачів!

Статистичний контроль і простий статистичний аналіз даних надають кількісну інформацію, яка є необхідною для налаштування та оптимізації процесів.

Управління якістю і витратами

Активне управління якістю і витратами є головним кроком на шляху до бездефектного виробництва, підвищення ефективності всіх бізнес-процесів підприємства. Фахівці мають бачити процес у найрізноманітніших його аспектах: зв'язок технічних характеристик і структури витрат, стратегічних цілей підприємства і модернізації устаткування, вимог ринку та якості продукції, що випускають.

Вартість «низької, поганої якості» — розрахункове завдання номер 1 для керівництва підприємства. Досліджуючи втрати, ми бачимо, що робота із забезпечення високої якості продукції та ефективності процесів, що виробляють її, є інвестиційним проектом з неймовірно високими показниками дохідності. За точного налаштування процесів на «бездефектне виробництво» відбувається істотна економія всіх видів ресурсів: сировина і матеріали, трудовитрати, енергія, адміністративні витрати тощо.

Традиційний погляд: «Висока якість — це витрати».
Позиція системи Шість Сигм: «Висока якість — це дуже вигідно!»

У цьому випадку працює «Правило 1-10-100», правило десятиразових витрат ґрунтується на тому, що вартість дефекту зростає під час просування по потоку процесу: дефект, який виявлено у виробництві, у 10 разів дешевше за дефект у готовій продукції і у 100 разів дешевше за дефект, що виявлено споживачем. Логіка цього твердження стає абсолютно очевидною, якщо оцінити вартість заходів з усунення виявленого дефекту та інші втрати.

На жаль, на побудову системи контролю якості, що ефективно працює, і постійне здійснення цього контролю слід витратити багато ресурсів, а економія за рахунок раннього виявлення дефектів виявиться не відразу. Або взагалі не враховується! Як наслідок, більшість наших керівників переконана в тому, що управління якістю продукції і процесів не приносять відчутного доходу.

При цьому у контролі якості є один істотний недолік: система контролю якості просто не пропускає дефект на наступний етап процесу, усього лише забороняє використання дефектної продукції, а не унеможливорює її створення. Водночас на виробництво продукції або напівфабриката з дефектом уже в повному обсязі витрачені ресурси і будуть витрачені додаткові ресурси на усунення цього браку і повторний контроль.

Система Шість Сигм пропонує радикальний підхід: якщо усунути причини виникнення дефектів, то браку не буде і в складній системі контролю якості не виникне необхідності.

Традиційний підхід до реагування на ті відхилення, що виникають у процесі, полягає в очікуванні появи браку і з'ясуванні причин цього браку. Звичне уявлення про те, що всередині діапазону допуску всі значення однаково гарні, завдає величезної шкоди процесу, виробництву і бізнесу!

Чому з одного боку межі діапазону все добре і не потрібно ніякі дії з налаштування процесу, а відразу за нею — брак і втрати? Складна структура будь-якого процесу має природну внутрішню варіабельність та інерційність і не може миттєво переходити з одного стану в інший. Процес неможливо «різко зупинити» точно на межі допуску (рис. 11.13)!

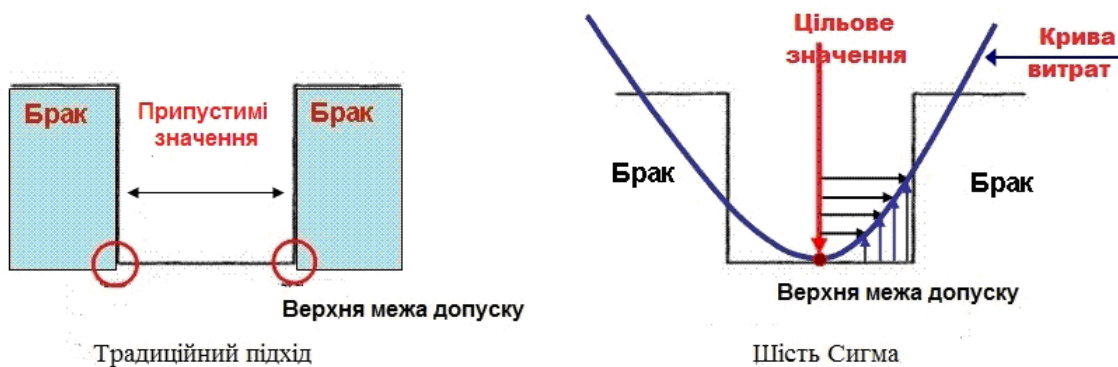


Рисунок 11.13 — Різні підходи реагування на відхилення

У системі Шість Сигм для налаштування процесів на бездефектне виробництво використовують концепцію функції втрат Г. Тагучі:

- є тільки одне правильне значення результату — цільове;
- будь-яке відхилення від цільового значення створює втрати і вимагає реагування;
- обсяг втрат зростає зі збільшенням відхилення, відповідно, обсяг і активність заходів реагування також мають зростати.

Наприклад, зі збільшенням відхилення на виході процесу персонал, що обслуговує, має виконати такі дії:

- звернути увагу;

- зафіксувати відхилення;
- здійснити додаткові вимірювання;
- відкоригувати налаштування;
- повідомити лінійного керівника;
- зупинити роботу на ділянці процесу;
- зупинити процес.

Послідовність проста: кожна наступна дія активніша щодо управління процесом, ніж попередня.

Мета Шість Сигм — виявити і стабілізувати параметри процесів, що забезпечують високу якість і низькі витрати. Це остаточно змінить технологічну культуру підприємства і дозволить вирватися вперед в нескінченній конкурентній гонці.

Інфраструктура впровадження і система навчання

Інфраструктура впровадження і система навчання наповнюють інноваційний процес найголовнішими ресурсами: професійно підготовленими фахівцями і підтримкою на усіх рівнях управління. Починаючи з керівництва підприємства і закінчуючи рядовим учасником проекту, кожному визначена своя роль і забезпечений необхідний обсяг знань!

Немає нічого складнішого, небезпечнішого і невизначенішого, ніж керувати введенням нового порядку речей. Оскільки у кожного нововведення є затяті вороги, яким добре жилося по-старому, і в'ялі прибічники, які не впевнені, чи зможуть вони жити по-новому.
Ніколо Макіавеллі

Істотною перевагою системи Шість Сигм можна назвати її прихильність принципам створення самонавчальних організацій, що саморозвиваються. Повноцінне впровадження системи Шість Сигм має кардинально змінити корпоративну культуру підприємства, направивши вектор професійних, групових і навіть особистих інтересів співробітників на вдосконалення бізнес-процесів і підвищення ефективності всіх видів діяльності.

Для цього у рамках системи Шість Сигм створюють спеціальну інфраструктуру, за допомогою якої відбувається впровадження сучасних

методів вирішення складних технологічних і управлінських завдань в корпоративну культуру організації.

Як відомо, для успішної реалізації завдання або проекту необхідно виконувати такі дуже важливі ролі: ідеолог, що визначає основні цілі і логіку дій; методолог, котрий розробляє способи досягнення необхідного результату; організатор, здатний згуртувати людей і направити їх енергію на вирішення поставленої задачі; виконавці, котрі мають достатній рівень знань і мотивовані на активну роботу.

Інфраструктура впровадження допускає активну підтримку інноваційної і проектної діяльності на усіх рівнях управління:

«Чемпіон» . Керівник компанії, яка впроваджує систему Шість Сигм.

Ідеолог інноваційних систем розвитку бізнесу, котрий готовий витратити час і сили на формування в колективі позитивного і відповідального ставлення до проактивного управління процесами, підвищення ефективності і якості всіх напрямів діяльності підприємства.

«Спонсор» . Керівник, котрий курирує і виділяє ресурси на впровадження системи Шість Сигм. Ідеолог побудови працездатної структури, що забезпечує масовість і постійність заходів вдосконалення процесів в усіх підрозділах підприємства.

«Власник процесу» . Керівник підрозділу, в якому відбувається модернізація бізнес-процесу. Замовник, котрий зацікавлений у поліпшенні показників якості та ефективності процесів, забезпечує вчасну і грамотну постановку завдань та ініціацію проектів.

«Чорний пояс» . Провідний фахівець з реалізації проектів Шість Сигм. Методолог і куратор декількох проектів вдосконалення, котрий забезпечує ефективне виконання поставлених завдань у найкоротші терміни і з мінімальними витратами ресурсів. Наставник Керівників проектів, відповідальний за дотримання методології і котрий допомагає у вирішенні складних або нестандартних ситуацій. Як правило, «Чорний пояс Шість Сигм» курирує одночасно 5–6 проектів вдосконалення.

«Зелений пояс» . Керівник або учасник проекту. Фахівець компанії, котрого навчили основним методам і інструментам технології Шість Сигм. Організатор і лідер, котрий добре розуміє методику виконання кроків проекту, здатний до творчої роботи з вирішення нестандартних завдань.

«Робоча група проекту» . Учасники проекту, котрі виконують різні завдання. Фахівці компанії, котрі мають творчий потенціал, добре знають свою роботу, відповідальні, розуміють і поділяють цілі компанії, користуються заслуженою повагою колег.

Впровадження інновацій — складна робота, що вимагає особливих якостей від усіх учасників і дуже гарної організації на всіх рівнях управління. Військова теорія вчить, що для успішного наступу потрібно в 6 разів більше сил, ніж для оборони. Інфраструктура, що ефективно функціонує, впровадження забезпечує таке співвідношення сил і створює можливість швидкого й успішного завершення проектів!

Навчання технічного та управлінського персоналу

Абсолютно очевидно, що наявного на підприємствах рівня знань технічного і управлінського персоналу недостатньо для ефективно організації робіт з вдосконалення процесів. За умови гарної технічної підготовки й великого досвіду застосування традиційних методів управління людьми наші фахівці, як правило, демонструють повну відсутність розуміння сучасних методик вдосконалення процесів і організації проектної роботи.

Навчання потрібне на всіх рівнях управління. Правильне функціонування інфраструктури впровадження допускає, що всі учасники добре розуміють свої ролі та їх значення для досягнення необхідного результату в масштабах підприємства:

- всебічної підтримки проектів з боку Керівництва;
- створення ефективних команд для вирішення проблем підприємства;
- контролю та управління з боку Керівництва і Кураторів;
- правильного вибору і виконання проектів вдосконалення;
- зниження кількості помилок і нерациональних витрат ресурсів;
- зниження опору інноваціям з боку колективу;
- вироблення в колективі «нового погляду» на якість і витрати.

Залежно від рівня корпоративної і технологічної культури та наявних на підприємстві управлінських традицій можна використати три можливі варіанти навчання:

Масове навчання певної частини трудового колективу для подальшого виконання великої кількості проектів в усіх основних підрозділах організації. Від 1 % до 100 % колективу, є організації, у яких практично всі співробітники проходять курси навчання за системою Шість Сигм.

Цей варіант економічно обґрунтований за високого рівня технологічної і проектної культури в організації. Слід також враховувати, що масове впровадження проектів вимагає створення спеціальних штабних структур, високої якості комунікацій на всіх рівнях управління, потужної методологічної підтримки.

Такий підхід «масштабних інвестицій у розвиток» успішно застосовують великі компанії. І можна з упевненістю сказати, що цей інвестиційний проект має найвищі показники дохідності, низький рівень ризиків і виключно привабливий для інвестора.

Проектне навчання групи фахівців як ядра майбутніх перетворень. Зусилля концентрують на формуванні однієї або декількох груп фахівців, котрі здатні ініціювати і виконувати проекти на різних ділянках бізнес-процесів. Кожен з навчених на рівень «зелений пояс Шість Сигм» співробітників зможе очолити і реалізувати проект.

Універсальне управлінське рішення корисне у будь-якій ситуації. На кожному підприємстві є, як мінімум, поточні завдання розвитку, та їх рішення у форматі проектів Шість Сигм буде здійснено швидше, ефективніше і з меншими витратами всіх типів ресурсів.

Технічне навчання використання окремих методик та інструментів різних профільних фахівців: технологів, методологів, лінійних керівників, аналітиків. У цьому випадку не будують структуру підтримки і не ініціюють проекти, а нові знання застосовують у поточній професійній діяльності. Просто фахівці ефективніше виконують свої постійні обов'язки. Користь істотна, але, природно, менша, ніж у перших двох варіантах навчання.

Підвищення кваліфікації та рівня знань співробітників є дуже потужним інструментом розвитку підприємства. Але, як і будь-яким

інструментом, слід навчитися правильно користуватися. Нецільове навчання безглузде з точки зору вирішення бізнес-завдань підприємства і перетворюється на приємне проведення часу. У логіці системи Шість Сигм підготовка Керівників і учасників проектів здійснюється відповідно до поставлених завдань проектів, і навіть у процесі заняття постійно здійснюють розробку практичних рішень.

Мета Шість Сигм — створити на підприємстві умови для постійного вдосконалення якості і зниження витрат.

Технологія вибору проектів для вдосконалення

Технологія вибору і реалізації проектів допомагає концентрувати зусилля на завданні, не відволікаючись і не розпиляючи ресурси, примушує оперативно коригувати помилкові дії. Використовуючи методіку Шість Сигм, Робоча група вибирає і впроваджує проект з високою ймовірністю успіху і низькими витратами.

Істотною перевагою вибору проектів за методікою Шість Сигм є можливість отримання максимального ефекту від виділених на розвиток ресурсів. Робота експертів з відбору найбільш перспективних завдань ґрунтується на базових критеріях, ситуаційне коригування яких дозволяє сформувати оптимальний список проектів.

На перших етапах роботи з впровадження системи основною умовою вибору завдань для реалізації можна вважати гарне поєднання таких показників, як висока дохідність, простота реалізації, низька вартість реалізації і гарний прогноз успішності (11.14).

На підставі принципу Парето можна вибрати приблизно 20 % проблем (причин), які для вирішення не потребують складних і дорогих рішень. Але це дозволяє значно (до 80 %) зменшити втрати, дефекти та витрати. Для таких проектів часто не потрібно робити складних статистичних досліджень. Достатньо використати прості інструменти і забезпечити добру організацію робіт. Такими проектами і слід займатися у першу чергу.

Стандартний проект з удосконалення в логіці системи Шість Сигм має:

- вирішувати істотні для Підприємства завдання і підтримуватися Керівництвом;
- забезпечувати дохід, що відповідає масштабу діяльності підприємства;

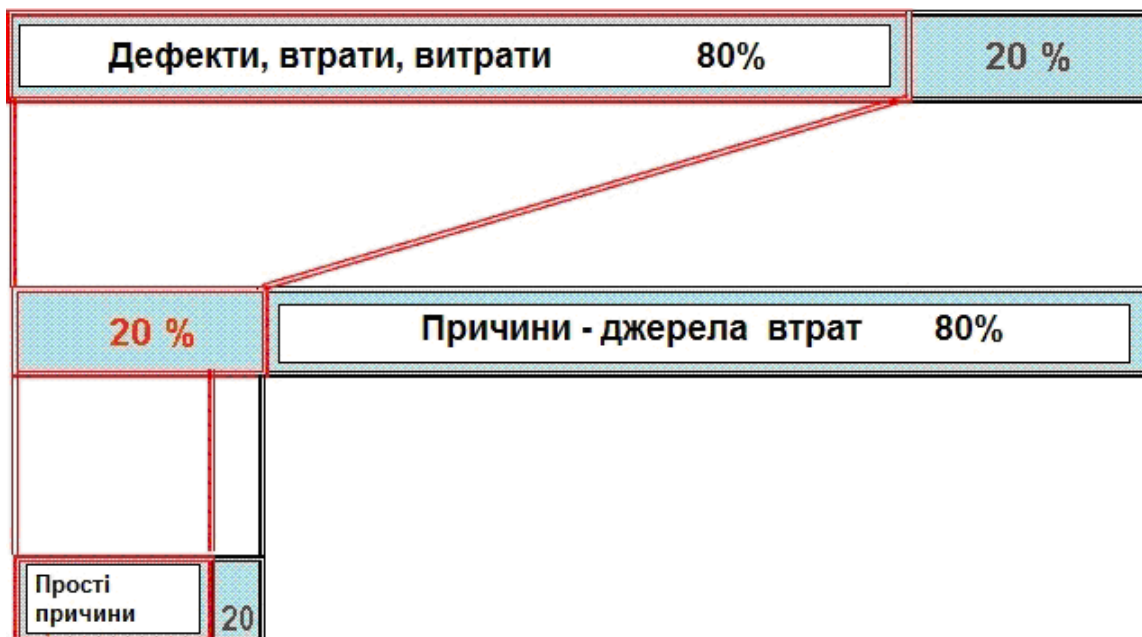


Рисунок 11.14 — Різні підходи реагування на відхилення

- ґрунтуватися на реально наявних ресурсах;
- мати високу ймовірність успішної реалізації;
- виконуватися в порівняно короткі терміни: 3–6 місяців;
- співвідношення «економія за перший рік експлуатації/витрати» має бути більше 5.

Ці вимоги не очікування або надії, а досить жорсткі критерії відбору завдань для першочергової реалізації. Якщо експертні оцінки за критеріями не відповідають затвердженим керівництвом нормам, проект не має права на існування: **виділені на розвиток ресурси будуть спрямовані на реалізацію завдання з більш високими показниками.**

Грамотний вибір завдань для реалізації істотно підвищує загальний економічний ефект впровадження системи розвитку бізнесу!

Технологія реалізації проектів DMAIC

Класичний варіант послідовності етапів проекту в системі Шість Сигм: **Визначення – Вимірювання – Аналіз – Вдосконалення – Контроль**. У англійському варіанті: **Define – Measure – Control – Improve – Control (DMAIC)**.

Поділення проектної діяльності на етапи абсолютно потрібне і дуже зручне: кожен з етапів якісно відрізняється від інших, і перехід до

наступного етапу можливий тільки після ефективного виконання попереднього. Відповідно, рішення про початок кожного етапу Керівництво приймає тільки після підтвердження економічної та технічної доцільності робіт. Це дозволяє вчасно коригувати діяльність у проекті й уникати даремних «інерційних» дій та витрат ресурсів.

Під час використання технології реалізації проектів (DMAIC) у декілька разів скорочується час і вартість виконання завдання, значно підвищується ймовірність досягнення необхідного результату (рис. 11.15).

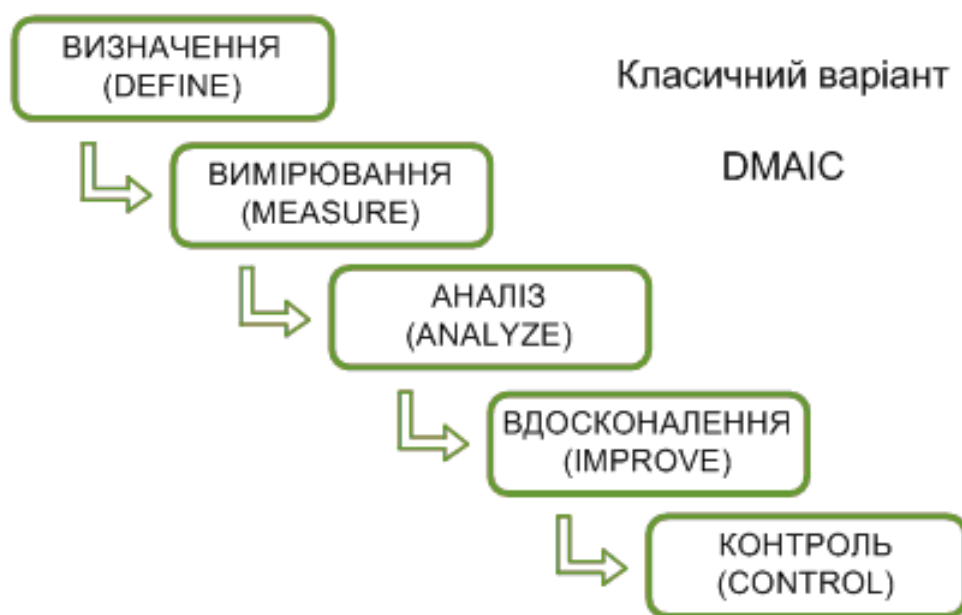


Рисунок 11.15 — Технологія реалізації проектів — стандартний варіант

За двадцять років існування системи Шість Сигм безліч компаній і навчальних організацій оптимізували і модернізували технологію виконання проектів, додаючи різні етапи і дещо змінюючи зміст дій кожного етапу відповідно до особливостей роботи компанії і рівня розвитку технологічної або корпоративної культури.

При цьому «ядро» методики залишається практично незмінним. Причина в оптимальній і універсальній логіці дій, яка незмінна з часів розробки старокитайської військової теорії.

Методика Шість Сигм — грамотний інженерний підхід до вирішення завдань: необхідний результат за мінімальних витрат часу і ресурсів!

Цілком природно, що для ефективного застосування в конкретних умовах методику необхідно адаптувати.

Нова корпоративна і технологічна культура

Метою і результатом впровадження системи Шість Сигм є нова корпоративна і технологічна культура підприємства. Що ховається під цим поняттям? Знання і навички людей, уміння грамотно працювати з сучасним устаткуванням і технологіями, ефективна взаємодія фахівців усіх підрозділів, узгодження бажань керівництва і колективу, небайдуже ставлення до проблем підприємства, прагнення до поліпшень, спільна мета і розуміння шляху. І, врешті-решт, організація, що самоорганізується і самонавчається, — найбільш перспективна структура з точки зору теорії управління.

Проте нову філософію організації неможливо впровадити одним рішучим зусиллям. Носіями корпоративної культури є люди — найінерційніша складова будь-якої структури. Щоб ідея могла успішно існувати, велика частина колективу має вірити в цю ідею. Вірити в її корисність для усіх разом і для кожного окремо. А це вимагає часу і зусиль. І, безумовно, сама ідея має бути позитивною і раціональною!

Що ж цінного в новій корпоративній і технологічній культурі Шість Сигм? Чому підприємство має прагнути до таких змін і витратити ресурси на розвиток системи управління процесами?

По-перше, важливий не лише результат у вигляді майбутнього нового стану компанії, але й шлях до цього результату. Річ у тому, що позитивні зміни розпочинають з першого кроку на цьому шляху. Нове бачення процесів і проблем вже забезпечує нові можливості для виправлення і поліпшення ситуації.

По-друге, це дуже вигідно. Обізнані, зацікавлені в результаті своєї праці та озброєні сучасною технологією люди здатні значно підвищити продуктивність процесів, що створюють цінності, і дохідність бізнесу в цілому.

По-третє, в такому колективі і з таким колективом набагато комфортніше працювати. Велику частину міжфункціональних бар'єрів люди вибудовують не з шкідливості і підступності, а в результаті відсутності віри в можливість спільних цілей і конструктивної співпраці. Варто лише надати їм цю можливість і трохи допомогти, показавши, наскільки просто вирішити багато проблем за допомогою управлінських технологій.

Вирішення проблем, які є істотними для підприємства в цілому, за допомогою локальних поліпшень на окремих ділянках створює можливість, рідкісну для традиційного інституту управління. Можливість об'єднання цілей керівництва підприємства і працівників конкретного підрозділу, котрим ефективність власної роботи потрібна для обґрунтува-

ння високого рівня винагороди і перспектив кар'єрного зростання (рис. 11.16).



Рисунок 11.16 — Від навчання фахівців до нової корпоративної культури

Нова корпоративна культура починає формуватися з моменту першого знайомства з ефективною технологією вирішення завдань. Система Шість Сигм кардинально змінює бачення фахівцем поточної ситуації в процесах. Потім прийде досвід перших проєктів, отримання практичних навичок і розуміння зроблених помилок, але головне — це новий нетрадиційний погляд на проблему. Саме з цього розпочинають позитивні зміни, поступово залучаючи до цього процесу все більшу кількість співробітників, поки ідеологія постійного вдосконалення бізнес-процесів системи Шість Сигм не стане основою корпоративної і технологічної культури підприємства.

Головна складова успіху — нове бачення і розуміння процесів! Усе інше — звичайні організаційні і технічні заходи.

Основні інструменти системи Шість Сигма

Велику частину спеціальних інструментів, які використовують у методиці Шість Сигм, складно назвати оригінальними. Усі вони відібрані за принципом максимальної результативності і, отже, вже встигли попрацювати на благо розвитку тисяч підприємств по всьому світу. Частина з них прості, і їх застосування не вимагає спеціальної підготовки. Для ефективного використання інших слід пройти спеціальне навчання і неабияк помучитися, набуваючи практичний досвід.

Здебільшого наведений перелік інструментів збігається з ДСТУ ISO 13053-1:2013 Статистичні методи. Методологія поліпшення процесів «Шість

сігма». Частина 1 Методологія DMAIC і розглянута в попередніх розділах.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть визначення поняття «бенчмаркінг». Для чого він застосовується? Які дії передбачає застосування бенчмаркінгу?
2. Назвіть види бенчмаркінгу.
3. Назвіть етапи застосування бенчмаркінгу.
4. Для чого застосовують мережний графік? Які існують варіанти мережних графіків?
5. Розкрийте поняття «граф», «путь», «робота», «події», що є складовими мережного графіка.
6. Використовуючи порядок побудови мережного графіка, побудуйте мережний графік для процесу «отримання диплома про вищу освіту» або будь-якого процесу за вашим вибором.
7. Для чого застосовують діаграму Ганта?
8. Побудуйте діаграму зв'язків для процесу «отримання диплома про вищу освіту» або будь-якого процесу за вашим вибором.
9. Що таке матрична діаграма? Назвіть основні варіанти матриць.
10. Порядок побудови матричних діаграм.
11. Яке основне призначення матриці пріоритетів? Які існують методи визначення критеріїв, за якими оцінюють пріоритетність даних? Коли застосовують кожний з них?
12. Наведіть порядок побудови матриці пріоритетів.
13. Для чого та як будують діаграму прийняття рішень?
14. Яке призначення FMEA-аналізу? Які основні види FMEA-аналізу?
15. Який порядок здійснення FMEA-аналізу?
16. Для чого застосовують «будинок якості»?
17. Які основні етапи побудови «будинку якості»?

18. Розкрийте суть методу «п'ять чому». Порядок його застосування.

19. Розкрийте суть методології «шість сигм».

Список рекомендованої літератури

1. Теорія ймовірностей та математична статистика для соціальних наук : навч. посіб. / В. С. Донченко, М. В. С. Сидоров. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2015. – 400 с.
2. Джордж Л. Майкл «Бережливое производство + шесть сигм» в сфере услуг: Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса / Майкл Л. Джордж; [пер. с англ.] — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с.
3. ДСТУ ISO 2859-1-2001 Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 1. Плани вибіркового контролю, визначені приймальним рівнем якості для послідовного контролю партій
4. ДСТУ ISO 2859-2-2001 Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 2. Плани вибіркового контролю, визначені граничною якістю для перевірки ізольованих партій
5. ДСТУ ISO 2859-3-2001 Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 3. Вибіркові процедури з пропусками
6. ДСТУ ISO 2859-4:2004 Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 4. Методи оцінювання заявлених рівнів якості
7. ДСТУ ISO 2859-10:2009 Статистичний контроль. Контроль за альтернативною ознакою вибіркової. Частина 10. Вступ до серії стандартів ISO 2859 щодо відбирання проб за альтернативною ознакою
8. ДСТУ ISO 7870-1:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 1. Загальні настанови
9. ДСТУ ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта
10. ДСТУ ISO 7870-3:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 3. Карти приймального контролю

11. ДСТУ ISO 7870-4:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 4. Карти кумулятивних сум
12. ДСТУ ISO 7870-5:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 5. Спеціалізовані контрольні карти
13. ДСТУ ISO 3534-1:2008 Статистика. Словник термінів і позначки. Частина 1. Загальні статистичні терміни та терміни теорії ймовірностей
14. ДСТУ ISO 3534-2:2008 Статистика. Словник термінів і позначки. Частина 2. Прикладна статистика
15. ДСТУ ISO 3534-3:2005 Статистика. Словник термінів і позначення. Частина 3. Планування експерименту
16. ДСТУ ISO 11462-1:2006 Статистичний контроль. Настанови щодо здійснення статистичного контролю за процесом. Частина 1. Елементи статистичного контролю за процесом
17. ДСТУ ISO 11462-2:2016 Статистичний контроль. Настанови щодо здійснення статистичного контролю за процесом. Частина 2. Каталог інструментів і методів
18. ДСТУ ISO 10576-1:2006 Статистичні методи. Настанови щодо оцінювання відповідності заданим вимогам. Частина 1. Загальні положення
19. ДСТУ ISO 13053-1:2016 Статистичний контроль. Кількісні методи покращення процесу. Шість Сигма. Частина 1. Методологія
20. ДСТУ ISO 13053-2:2016 Статистичний контроль. Кількісні методи покращення процесу. Шість Сигма. Частина 2. Інструменти і методи
21. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000

Показчик

- А. Фейгенбаум, 11, 24, 28, 29
Д. Джуран, 10, 24–26
Е. Демінг, 10, 23–25
Ф. Тейлор, 21, 22
Форма збирання даних, 65
Г. Емерсон, 22
Г. Форд, 18–20, 22
Г. Тагучі, 31
К. Ішікава, 29, 30
П. Кросбі, 26, 27
Ш. Шінго, 32, 33
В. Шугарт, 10, 22, 23, 31
абсолютна частота, 84
бенчмаркінг, 155
дані, 40–42
дисперсія, 84
діаграма Ганта, 176
діаграма спорідненості, 74
діаграма у вигляді дерева, 76
діаграма зв'язків, 177
елементарні статистичні методи, 58
форма збирання даних, 64, 65
функція керівної дії, 51
функція контролю, 51
функція планування, 50
функція здійснення, 50
граф, 160
інженер з якості, 10
коефіцієнт кореляції, 86
коефіцієнт варіації, 85
контрольний аркуш, 81, 82
кореляція, 86
коваріація, 86
критична путь, 163, 167
мапа технологічного процесу, 68
медіана, 85
мережна діаграма, 161
мережний графік, 160
метод «мозкового штурму», 72
мода, 85
передові статистичні методи, 60
петля якості, 11, 44
подія, 161
показник якості, 44
проміжні статистичні методи, 59
путь, 160, 162
ранжування, 84
робота, 161
розмах, 85
середнє значення, 84
середньоквадратичне відхилення, 85
система Тейлора, 9
статистична вага, 84
статистичний ряд, 84
стійкі вимоги, 40
управління якістю, 45
варіаційний ряд, 84
вибірка, 84
вибіркова коваріація, 86
встановлення конкурентноздатності,
67
якість, 44
ISO 9000, 11–13, 44
ISO 9004, 12
PDCA, 24, 38, 39, 42, 47, 49, 50, 56
PERT, 164
TQC, 11, 12, 24, 28
TQM, 11–13, 31, 35, 36, 38, 39, 42

Електронне навчальне видання

НІКІТЕНКО Олександр Миколайович
ЄГОРОВ Андрій Борисович
ШТЕФАН Наталія Володимирівна

СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Підручник

для студентів спеціальності
152 — Метрологія та вимірювальна техніка.

Відповідальний випусковий І.В. Руженцев

Редактор О.В. Янова

Комп'ютерна верстка О.М. Нікітенко

План 2019 (друге півріччя), поз. 21

Підп. до використання 03.07.2019. Формат pdf Обсяг даних 4,9 Мб.

ХНУРЕ, Україна, 61166, Харків, просп. Науки 14, E-mail: info@nure.ua

Підготовлено у редакційно-видавничому відділі ХНУРЕ.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №1409 від 26.06.2003