

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

СТАТИСТИКА ЯКОСТІ

**Конспект лекцій та методичні вказівки до самостійного
вивчення дисципліни для спеціальності
8.050301 „Товарознавство і комерційна діяльність”
напряму підготовки 0503 „Торгівля”**

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри обліку і аудиту
протокол №7 від 13.01.2011 р.

Чернігів ЧДТУ 2011

Статистика якості. Конспект лекцій та методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни для спеціальності 8.050301 „Товарознавство і комерційна діяльність” напряму підготовки 0503 „Торгівля” / Укл.: Ющенко Н.Л. – Чернігів: ЧДТУ, 2011. – 96 с.

Укладачі: Ющенко Надія Леонідівна, кандидат економічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Лень Василь Степанович, заступник завідувача кафедри обліку і аудиту, кандидат економічних наук, професор

Рецензент: Рядська Валентина Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку і аудиту Чернігівського державного технологічного університету

ВСТУП

Статистика якості відноситься до нормативних дисциплін циклу професійно орієнтованої гуманітарної підготовки.

В умовах поглиблення світових тенденцій до глобалізації, загострення конкуренції та розширення ринків збуту, а також з огляду на вступ України до СОТ, гармонізація вітчизняної системи управління якістю з міжнародними стандартами є актуальною проблемою сьогодення і постає перед всіма, без винятку, виробниками, економістами, товаровознавцями та ін. суб'єктами, які і спрямовують свою діяльність на інтегрування в європейське й світове співтовариство. Для підтримання конкурентоздатності вітчизняного товаровиробника як на зовнішньому так і на внутрішньому ринках за даних умов очевидно є необхідність формування ефективною та дієвою системи контролю якості на основі ратифікації міжнародних стандартів та сертифікації з метою забезпечення належного рівня якості виробленої в Україні високотехнологічної продукції, що і визначає майбутній розвиток економіки нашої країни.

Мета дисципліни – формування теоретичних знань і практичних навичок щодо кількісної оцінки масових явищ і процесів у сферах виробництва й експлуатації продукції.

Предметом навчальної дисципліни є системи статистичних показників та характеристик якості товарів.

Після вивчення дисципліни магістр має **знати**:

- принципи побудови інформаційно–аналітичного забезпечення якості продукції;
- статистичні методи аналізу процесу виготовлення продукції;
- статистичні методи аналізу якості продукції;
- статистичні методи контролю продукції;
- статистичне моделювання та прогнозування якості продукції.

Магістр має **вміти** збирати та систематизувати статистичну інформацію про якість продукції; застосовувати методи обробки інформації та її узагальнення; самостійно, творчо робити комплексний статистичний аналіз та прогноз якості продукції, її конкурентоспроможності, та приймати відповідні управлінські рішення.

З метою кращого засвоєння навчального матеріалу дисципліни магістри повинні набути знань і навичок в галузі загальної економічної теорії, економіки підприємств, менеджменту, маркетингу, вміти простежувати вплив чинників зовнішнього та внутрішнього середовища на основні економічні показники роботи ринку товарів і послуг та його фінансовий стан. Основою

вивчення даної дисципліни є „Вища математика”, „Статистика”, „Інформатика та комп’ютерна техніка” й ін.

Знання, набуті магістрами в результаті вивчення даної дисципліни, використовуються в навчальних дисциплінах „Управління якістю товарів”, „Сертифікація товарів”, „Торговельна логістика”, „Стратегічний маркетинг” та ін.

Знання та навички з дисципліни „Статистика якості” будуть необхідні їм при виконанні аналітичних досліджень під час виробничих практик, при написанні випускних кваліфікаційних робіт, у подальшій професійній діяльності.

Методичні вказівки до вивчення дисципліни „Статистика якості” спрямовані на розвиток самостійної роботи магістрів з метою поглибленого вивчення навчального матеріалу, засвоєння ними теоретичної інформації та набуття вмінь і навичок статистичного забезпечення управління якістю.

Зміст методичних рекомендацій відображає структуру навчальної дисципліни. Кожна розглянута тема містить перелік питань, що є обов’язковими для вивчення. Наведені питання для самоперевірки сприятимуть контролю якості засвоєння теоретичного матеріалу і будуть досить корисними при роботі на практичних (семінарських) заняттях.

1 ОРГАНІЗАЦІЯ АУДИТОРНОЇ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРІВ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Інформацію щодо розподілу навчального часу за темами, які відповідають навчальній програмі дисципліни, формами занять, а також передбачені форми контролю наведено у таблиці 1.1. Позначка „ПК” у таблиці 1.1 означає поточний контроль знань слухачів у вигляді усних опитувань, перевірки правильності виконання індивідуальних завдань; „К” – контрольна робота (виконується письмово в аудиторний час).

Таблиця 1.1 – Розподіл навчального часу за темами і формами вивчення та контролю

Тема за навчальною програмою дисципліни	Кількість годин				Форми контролю
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	
Змістовий модуль 1 Статистичні методи як елемент системи якості	26,5	13	10	3,5	ПК, К
1. Роль і місце статистики якості в загальному управлінні якістю	3,5	3	–	0,5	
2. Статистична оцінка ознак якості. Варіація ознак якості та її вимір	4,5	2	2	0,5	
3. Вибіркове спостереження	4,5	2	2	0,5	
4. Графічний метод статистичного управління якістю	2,5	2	–	0,5	
5. Розподіли ознак якості	3,5	1	2	0,5	
6. Статистична перевірка гіпотез	3,5	1	2	0,5	
7. Визначення залежностей між ознаками якості	4,5	2	2	0,5	
Змістовий модуль 2 Статистичне управління процесами	27,5	4	7	16,5	ПК, К
8. Теоретичні основи статистичного управління процесами	2,5	2	–	0,5	
9. Контрольні мапи кількісних ознак	4	–	1	3	
10. Контрольні мапи альтернативних ознак	4	–	1	3	
11. Контрольні мапи вдосконалених типів	4	–	1	3	
12. Основи статистичного управління багатовимірними процесами	4	–	2	2	
13. Індекси відтворювання процесу	3	–	1	2	
14. Застосування комп'ютерних технологій при використанні статистичних методів в управлінні якістю	4	2	–	2	
15. Концепція „6 S ” та її статистичне підґрунтя	2	–	1	1	

Продовження таблиці 1.1

Тема за навчальною програмою дисципліни	Кількість годин				Форми контролю
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	
Разом	54	17	17	20	Залік

Інформація щодо змісту лекцій і практичних занять наведена у таблиці 1.2. Метою проведення лекцій з дисципліни „Статистика якості” є ознайомлення слухачів з сукупністю статистичних методів, що застосовуються для розв’язання проблем управління якістю. Метою проведення практичних занять є закріплення теоретичних знань, набутих на лекціях та в процесі самостійного вивчення дисципліни; вироблення навичок у виборі адекватних методів для кількісного обґрунтування прийняття рішень, аналізу розвитку, прогнозування явищ і процесів. Практичне заняття включає проведення поточного контролю знань, вмінь і навичок слухачів, постановку загальної проблеми викладачем та її обговорення за участю аудиторії, розв’язування завдань з їх обговоренням, розв’язування контрольних завдань, їх перевірку, оцінювання. Бали, отримані слухачем за окремі практичні заняття, враховуються при виставленні поточної модульної оцінки з даної навчальної дисципліни.

При викладанні дисципліни передбачено застосування активних та інтерактивних методів навчання, що сприяють посиленню мотивації магістрів, закріпленню теоретичних знань на практиці, підвищенню самосвідомості магістрів, виробленню здатності ухвалювати самостійні рішення, виробленню здатності до колективних рішень, виробленні здібності до соціальної інтеграції, набуттю навичок вирішення конфліктів, розвитку здібності до компромісів. Зокрема, робота в малих групах дає змогу структурувати практичні заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного магістра в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування. Після висвітлення проблеми або стислого викладання матеріалу магістрам пропонується об’єднатися в групи по 5–6 осіб та презентувати через встановлений термін часу (наприклад, наприкінці заняття) своє бачення та сприйняття матеріалу. Презентації – виступи перед аудиторією, що використовуються для представлення певних досягнень, результатів роботи групи, звіту про виконання індивідуальних завдань. Однією з позитивних рис презентації та її переваг при використанні в навчальному процесі є обмін досвідом, який здобули магістри при роботі у певній малій групі

або індивідуально. Мозкові атаки – метод розв’язання невідкладних завдань, сутність якого полягає у тому, щоб висловити якомога більшу кількість ідей за дуже обмежений проміжок часу, обговорити і здійснити їх селекцію.

Таблиця 1.2 – Зміст лекцій і практичних занять з навчальної дисципліни „Статистика якості”

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К–сть годин	Зміст практичних занять	К–сть годин
Змістовий модуль 1 Статистичні методи як елемент системи якості	х	13	х	10
1. Роль і місце статистики якості в загальному управлінні якістю	Лекція 1 1. Напрями гармонізації вітчизняної практики управління якістю з міжнародними стандартами. 2. Поняття „якість”, „управління якістю”. Принципи загального менеджменту якості. Статистичне управління якістю та його основні розділи. 3. Мета, завдання і властивості статистичного забезпечення якості. Систематизація методів статистичного забезпечення якості.	3		
2. Статистична оцінка ознак якості. Варіація ознак якості та її вимір	Лекція 2 1. Поняття „ознака якості”, різновиди ознак. Статистичне спостереження. Кількисний вимір ознак якості. Поняття ряду розподілу, елементи ряду розподілу. 2. Застосування методу середніх величин для кількісної характеристики якості товарів чи послуг. Мода, медіана, квартилі і децилі. 3. Варіація ознаки. Абсолютні й відносні статистичні показники варіації.	2	Практичне заняття 1 Визначення середнього значення, моди і медіани, показників варіації ознак якості	2

Продовження таблиці 1.2

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К–сть годин	Зміст практичних занять	К–сть годин
3. Вибіркове спостереження	Лекція 3 1. Суть і переваги вибіркового спостереження, його завдання та основні поняття. 2. Обчислення помилок і визначення меж довірчого інтервалу для середньої величини і частки при повторному та неповторному відборі. 3. Визначення обсягу вибірки. 4. Способи формування вибіркової сукупності та перенесення характеристик вибірки на генеральну сукупність.	2	Практичне заняття 2 Визначення характеристик генеральної сукупності за даними вибіркового спостереження. Обчислення необхідної чисельності вибірки	2
4. Графічний метод статистичного управління якістю	Лекція 4 1. Значення і переваги графічного методу наочного подання інформації в сфері управління якістю. Типи та види статистичних графіків. 2. Призначення, послідовність і правила побудови, застосування гісторгами, діаграми Парето, графіків часових рядів, графіка „ящик з вусами”.	2		
5. Розподіли ознак якості	Лекція 5 1. Випадкові величини та способи їх представлення. 2. Закони розподілу дискретних величин: біноміальний розподіл, розподіл Пуасона. 3. Закони розподілу неперервних величин: нормальний закон розподілу, експоненційний розподіл. Закони розподілу похідні від нормального: розподіл Стюдента, розподіл Пірсона, розподіл Фішера–Снедекора.	1	Практичне заняття 3 Розгляд прикладів практичних застосувань законів розподілу випадкових величин у статистиці якості	2

Продовження таблиці 1.2

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К-сть годин	Зміст практичних занять	К-сть годин
6. Статистична перевірка гіпотез	Продовження лекції 5 4. Статистична гіпотеза. Основні поняття і принципи статистичної перевірки гіпотез. 5. Перевірка гіпотез про рівність дисперсій: порівняння дисперсії з гіпотетичною дисперсією генеральної сукупності; порівняння дисперсій двох генеральних сукупностей, розподілених за нормальним законом. 6. Перевірка гіпотез про рівність середніх: порівняння середньої генеральної сукупності з її очікуваним значенням; порівняння середніх значень двох сукупностей, дисперсії яких однакові та дисперсії яких є значно відмінними. 7. Перевірка гіпотез про частку сукупності: порівняння емпіричної (спостережуваної) частки з гіпотетичною часткою в сукупності; порівняння часток двох сукупностей.	1	Практичне заняття 4 Статистична перевірка гіпотез про рівність дисперсій і середніх. Порівняння часток	2
7. Визначення залежностей між ознаками якості	Лекція 6 1. Види взаємозв'язків. Способи встановлення наявності залежності певної ознаки якості від впливу різноманітних факторів. 2. Побудова та читання діаграм розсіювання. Кореляційно-регресійний аналіз. Оцінка регресійних моделей зв'язку між ознаками якості на адекватність і точність. Критерії перевірки істотності зв'язку. 3. Метод аналітичного групування і його застосування при вивченні взаємозв'язків між ознаками. 4. Встановлення залежностей між атрибутивними ознаками якості.	2	Практичне заняття 5 Дослідження взаємозв'язку між ознаками з використанням методу аналітичного групування та шляхом кореляційно-регресійного аналізу Контрольна робота 1	2

Продовження таблиці 1.2

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К-сть годин	Зміст практичних занять	К-сть годин
Змістовий модуль 2 Статистичне управління процесами	x	4	x	7
8. Теоретичні основи статистичного управління процесами	Лекція 7 1. Розвиток методології статистичного управління процесами. 2. Методологія контрольних мап як основний засіб статистичного управління процесами. Особливості етапів застосування контрольної мапи. 3. Принципи формування раціональних підгруп даних. 4. Форми, типи і види контрольних мап. 5. Критерії ефективності контрольних мап. Економічні особливості застосування контрольних мап. 6. Інтерпретація контрольних мап.	2		
9. Контрольні мапи кількісних ознак			Практичне заняття 6 1. Загальна характеристика контрольних мап кількісних ознак, реалізація цілей їх застосування. Контрольні мапи середніх значень і розмахів варіації (\bar{x} - R – мапи). Контрольні мапи середніх значень та середньоквадратичних відхилень (\bar{x} - s – мапа). Мапа медіан і розмахів варіацій (M_e - R – мапа). Контрольні мапи індивідуальних спостережень	1
10. Контрольні мапи альтернативних ознак			Продовження практичного заняття 6 2. Мета створення контрольних мап для атрибутивних ознак. Контрольна мапа частки невідповідностей (p – мапа). Контрольна мапа числа дефектів (np – мапа). Контрольні мапи числа невідповідностей на виріб (c – мапа та u – мапа)	1

Продовження таблиці 1.2

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К–сть годин	Зміст практичних занять	К–сть годин
11. Контрольні мапи вдосконалених типів			Продовження практичного заняття 6 3. Контрольні мапи кумулятивних сум. Контрольні мапи експоненційно зважених ковзних середніх. Контрольна мапа трендів. Контрольні мапи для процесів дрібносерійного виробництва. Аналіз процесів з автокореляцією. Рекомендації щодо застосування контрольних мап	1
12. Основи статистичного управління багатовимірними процесами			Практичне заняття 7 Необхідність багатовимірного статистичного управління процесами. Основні типи багатовимірних контрольних мап: багатовимірні мапи Шугарта (C^2 – мапи), T^2 – мапи Хотеллінга, мапи MEWMA, мапи MCUSUM. Інтерпретація сигналів багатовимірних контрольних мап	2
13. Індекси відтворювання процесу			Практичне заняття 8 Поширення застосування індексів відповідності. Цілі застосування результатів вивчення відповідності процесу встановленим вимогам. Характеристика індексів відтворюваності	1
14. Застосування комп'ютерних технологій при використанні статистичних методів в управлінні якістю	Лекція 8 1. Характеристика напрямів застосування комп'ютерних технологій в управлінні якістю. 2. Особливості створення контрольних мап в пакеті Excel. Особливості ведення моніторингу статистичної стабільності процесу із використанням пакету Excel.	2		

Продовження таблиці 1.2

Тема за навчальною програмою дисципліни	План лекції	К–сть годин	Зміст практичних занять	К–сть годин
15. Концепція „6S” та її статистичне підґрунтя			Продовження прктичного заняття 8 Сутність і основна мета підходу „6S” визначення і виключення причин помилок (дефектів) у бізнес–процесах шляхом зосередження уваги на критично важливих для споживача параметрах. Ключові поняття концепції. Показники характеристики ефективності процесів у концепції „6S” Контрольна робота 2	1
Разом	х	17	х	17

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота слухачів з вітчизняною та закордонною спеціальною економічною літературою, нормативними актами з питань державного регулювання економіки, ознайомлення з публікаціями в періодичних виданнях, інформацією в мережі Інтернет тощо. Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом в умовах тенденції зростання обсягів інформації та обмеженого часу аудиторної роботи. Основними видами самостійної роботи магістрів повинні бути: вивчення лекційного матеріалу, робота з вивчення рекомендованої літератури, вивчення основних термінів і понять, підготовка до практичних занять, дискусій, роботи в малих групах, контрольна перевірка кожним слухачем особистих знань за запитаннями для самостійного поглибленого вивчення та самоконтролю, виконання індивідуальних завдань. Метою самостійної роботи є поглиблене вивчення найважливіших тем дисципліни, набуття практичних навичок у використанні комп'ютерної техніки для аналізу розвитку, прогнозування процесів тощо та генерування інваріантів управлінських рішень. Інформація щодо змісту самостійної роботи студентів наведена у таблиці 1.3.

Магістрам, котрі з поважних причин пропустили ряд аудиторних занять може рекомендуватися підготовка та представлення на практичних заняттях доповідей (рефератів) за тематикою навчальної дисципліни. Тема

реферату узгоджується з викладачем, який проводить практичні заняття. Зміст реферату, підготовленого магістром, має демонструвати науково–пошуковий характер дослідження обраного питання.

Таблиця 1.3 – Розподіл обсягу самостійної роботи за темами і видами робіт для спеціальності 8.050301 „Товарознавство та комерційна діяльність”

Тема за навчальною програмою дисципліни	Кількість годин за видами самостійної роботи				
	Засвоєння лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять	Засвоєння питань програми, які не викладаються на лекції (детал. див. табл. 1.4)	Виконання індивідуального навчально–дослідного завдання	Підготовка до контрольних робіт	Сумарна кількість годин
1. Роль і місце статистики якості в загальному управлінні якістю	0,25	–	–	0,25	0,5
2. Статистична оцінка ознак якості. Варіація ознак якості та її вимір	0,25	–	–	0,25	0,5
3. Вибіркове спостереження	0,10	0,20	–	0,20	0,5
4. Графічний метод статистичного управління якістю	0,10	0,20	–	0,20	0,5
5. Розподіли ознак якості	0,25	–	–	0,25	0,5
6. Статистична перевірка гіпотез	0,10	0,20	–	0,20	0,5
7. Визначення залежностей між ознаками якості	0,10	0,20	–	0,20	0,5
8. Теоретичні основи статистичного управління процесами	0,25	–	–	0,25	0,5
9. Контрольні мапи кількісних ознак	–	1,25	1,50	0,25	3,0
10. Контрольні мапи альтернативних ознак	–	1,25	1,50	0,25	3,0
11. Контрольні мапи вдосконалених типів	–	1,25	1,50	0,25	3,0
12. Основи статистичного управління багатовимірними процесами	–	0,75	1,00	0,25	2,0
13. Індeksi відтворювання процесу	–	0,75	1,00	0,25	2,0

Продовження таблиці 1.3

Тема за навчальною програмою дисципліни	Кількість годин за видами самостійної роботи				
	Засвоєння лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять	Засвоєння питань програми, які не викладаються на лекції (детал. див. табл. 1.4)	Виконання індивідуального навчально-дослідного завдання	Підготовка до контрольних робіт	Сумарна кількість годин
14. Застосування комп'ютерних технологій при використанні статистичних методів в управлінні якістю	0,25	0,50	1,00	0,25	2,0
15. Концепція „6σ” та її статистичне підґрунтя	–	0,30	0,50	0,20	1,0
Разом	1,65	6,85	8,00	3,50	20,0

Таблиця 1.4 – Питання, що виносяться на самостійне опрацювання з дисципліни „Статистика якості”

Тема за навчальною програмою дисципліни	Питання для самостійного вивчення	Кількість годин	Літературне джерело, №, стор.
3. Вибіркове спостереження	Способи формування вибірових сукупностей	0,20	[34, с. 57–58]
4. Графічний метод статистичного управління якістю	Елементи графіка, правила побудови, види статистичних графіків	0,20	[36, с.153–180], [29]
6. Статистична перевірка гіпотез	Порівняння дисперсії з гіпотетичною дисперсією генеральної сукупності; порівняння часток двох сукупностей	0,20	[13, с. 57–58, 69–70]
7. Визначення залежностей між ознаками якості	Множинна регресія. Оцінка регресійних моделей зв'язку між ознаками якості на адекватність і точність. Встановлення залежностей між атрибутивними ознаками якості	0,20	[36, с. 91–96], [10, с. 208–216], [13, с. 289–290]

Продовження таблиці 1.4

Тема за навчальною програмою дисципліни	Питання для самостійного вивчення	Кількість годин	Літературне джерело, №, стор.
9. Контрольні мапи кількісних ознак	Загальна характеристика контрольних мап кількісних ознак, реалізація цілей їх застосування. Контрольні мапи середніх значень і розмахів варіації (\bar{x} - R – мапи). Контрольні мапи середніх значень та середньоквадратичних відхилень (\bar{x} - s – мапи). Мапа медіан і розмахів варіацій (m_e - R – мапи). Контрольні мапи індивідуальних спостережень	2,75	[13, с. 101–137]
10. Контрольні мапи альтернативних ознак	Мета створення контрольних мап для атрибутивних ознак. Контрольна мапа частки невідповідностей (p – мапа). Контрольна мапа числа дефектів (np – мапа). Контрольні мапи числа невідповідностей на виріб (c – мапа та u – мапа)	2,75	[13, с. 144–171]
11. Контрольні мапи вдосконалених типів	Контрольні мапи кумулятивних сум. Контрольні мапи експоненційно зважених ковзних середніх. Контрольна мапа трендів. Контрольні мапи для процесів дрібносерійного виробництва. Аналіз процесів з автокореляцією. Рекомендації щодо застосування контрольних мап	2,75	[13, с. 182–214]
12. Основи статистичного управління багатовимірними процесами	Необхідність багатовимірного статистичного управління процесами. Основні типи багатовимірних контрольних мап: багатовимірні мапи Шугарта (c^2 – мапи), T^2 – мапи Хотеллінга, мапи MEWMA, мапи MCUSUM. Інтерпретація сигналів багатовимірних контрольних мап	1,75	[13, с. 218–269]
13. Індекси відтворювання процесу	Поширення застосування індексів відповідності. Цілі застосування результатів вивчення відповідності процесу встановленим вимогам. Характеристика індексів відтворюваності	1,75	[13, с. 271–280]
14. Застосування комп'ютерних технологій при використанні статистичних методів в управлінні якістю	Відпрацювання лекційного матеріалу за комп'ютером, вироблення практичних навичок	1,50	[13, с. 294–308]

Продовження таблиці 1.4

Тема за навчальною програмою дисципліни	Питання для самостійного вивчення	Кількість годин	Літературне джерело, №, стор.
15. Концепція „6s” та її статистичне підґрунтя	Сутність і основна мета підходу „6s” визначення і виключення причин помилок (дефектів) у бізнес–процесах шляхом зосередження уваги на критично важливих для споживача параметрах. Ключові поняття концепції. Показники характеристики ефективності процесів у концепції „6s”	0,80	[13, с. 309–313]
Усього за семестр	х	14,85	х

Індивідуально–консультативна робота здійснюється за затвердженим графіком консультацій викладача навчальної дисципліни у формі індивідуальних занять, консультацій, перевірки виконання індивідуальних завдань, перевірки завдань, що винесені на поточний контроль тощо. Формами організації індивідуально–консультативної роботи за засвоєнням теоретичного і практичного матеріалу є індивідуальні (запитання – відповідь) та групові (розгляд типових прикладів) консультації; для комплексної оцінки засвоєння програмного матеріалу застосовується індивідуальне здавання магістрами на перевірку виконаних робіт, підготовка рефератів, доповідей для виступу на науковій конференції й ін.

У вищій школі доцільним є спонукання (залучення) викладачем слухачів до пошукової, науково–дослідної роботи. Відповідно, магістрам може пропонуватися виконання індивідуального навчально–дослідного завдання (ІНДЗ) з дисципліни „Статистика якості” щодо використання статистичного інструментарію у забезпеченні управління якістю та представлення результатів на науково–практичних конференціях, публікація тез доповідей, статей у наукових фахових виданнях. ІНДЗ виконується самостійно при консультуванні викладачем протягом вивчення дисципліни згідно з графіком навчального процесу. ІНДЗ виконується з метою закріплення, поглиблення, узагальнення знань, здобутих слухачами під час аудиторної роботи на набуття практичних навичок. ІНДЗ допускає наявність таких елементів наукового дослідження: практичної значущості; комплексного системного підходу до вирішення завдань дослідження; теоретичного використання передової сучасної методології і наукових розробок; наявності елементів творчості.

2 ЗАСОБИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ МАГІСТРІВ

Інформація щодо форм поточного контролю, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних і практичних занять, представлена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Форми поточного контролю знань слухачів

Модуль за тематичним планом дисципліни та форма контролю	Кількість балів
Змістовий модуль 1 Статистичні методи як елемент системи якості	0...40
Відвідування занять	0...5
Конспект занять	0...5
Активність під час опитувань	0...5
Підготовленість до занять	0...5
Контрольна робота 1	0...20
Змістовий модуль 2 Статистичне управління процесами	0...60
Відвідування занять	0...5
Конспект занять	0...5
Активність під час опитувань	0...5
Підготовленість до занять	0...5
Своєчасність здавання звіту про виконання індивідуального навчально-дослідного завдання	0...5
Презентація (захист) виконаного індивідуального навчально-дослідного завдання	0...15
Контрольна робота 2	0...20
Усього за семестр	0...100

Підсумковий контроль здійснюється наприкінці семестру шляхом заліку. За умови виконання слухачем усіх видів обов'язкових робіт, він отримує залік на основі сумарної модульної оцінки (див. таблицю 2.2).

Таблиця 2.2 – Шкала переведення сумарної модульної оцінки у державну семестрову оцінку та оцінку ECTS

Кількість балів, набраних слухачем за семестр	Оцінка національна	Оцінка ECTS
90–100	Відмінно	A – Відмінно
82–89	Добре	B – Дуже добре
75–81		C – Добре
66–74	Задовільно	D – Задовільно
60–65		E – Достатньо (задовільняє мінімальні критерії)
35–59	Незадовільно	FX – Незадовільно (з можливістю перескладати)
1–34		F – Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

Залік виставляється, якщо слухач набрав протягом семестру не менше 60 балів. Зі слухачами, котрі набрали менше 60 балів за семестр, проводяться додаткові індивідуальні заняття, за результатами яких визначається, наскільки глибоко засвоєний курс, чи необхідне повторне вивчення дисципліни.

3 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

3.1 Роль і місце статистики якості в загальному управлінні якістю

3.1.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: якість, управління якістю, системи управління якістю, статистичне управління якістю, методи статистичного забезпечення якості, контроль процесу виробництва, приймальний контроль, мапа контролю якості, вимірювальний контроль, контроль за альтернативною озакою

Ніні у центрі суспільного розвитку є людина, якість і безпека її життя, а це вимагає від учасників ринкових відносин упровадження кардинально нових підходів до вирішення проблем захисту споживача в умовах поглиблення світових тенденцій до глобалізації, розширення конкуренції та розширення ринків збуту. Крім того, метою будь-якої комерційної організації є випуск конкурентоспроможного, а тому якісного товару. Саме на досягнення цієї цілі направлена система управління якістю.

Проте в Україні рівень управління системою якості залишається досить низьким, що є одним з найвагоміших чинників, які безпосередньо впливають на якість продукції, представленої на ринку. Зокрема, за даними Всесвітнього економічного форуму в Давосі у 2005 році Україна за рівнем конкурентоспроможності з 117 країн посіла лише 84 місце. Саме тому вітчизняним підприємствам необхідно якнайшвидше підтягнутися до світового рівня якості. З огляду на вступ 5 лютого 2008 року України в СОТ нагальність даного питання лише посилюється, адже для підтримання конкурентоздатності вітчизняного товаровиробника як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринку за даних умов очевидною є необхідність формування ефективної та дієвої системи контролю якості на основі ратифікації міжнародних стандартів та сертифікації з метою забезпечення належного рівня якості виробленої в Україні високотехнологічної продукції, яка і визначає майбутній розвиток економіки нашої країни, її міжнародне визнання та авторитет.

На початковому етапі керування якістю було представлено окремими елементами, що були частиною виробничого менеджменту. У подальшому менеджмент якості виокремився в самостійний напрям, що розглядався як інженерно-технічна проблема контролю продукції. Етапи розвитку керування якістю одержали наступні умовні назви [26, с. 27].

1 етап. Механічний контроль (до 1900 р.) – кожний працівник сам відповідає за виріб власного виготовлення із застосуванням ручної або машинної праці.

2 етап. Контроль майстра (1900–1920 рр.) – основна відповідальність за якість покладається на майстра (десятника), адже почало розвиватися конвеєрне промислове виробництво. Активно впроваджується система Тейлора, що включає поняття верхньої і нижньої меж якості, поля допусків,

вводить вимірювальні інструменти (шаблони і колібри), обґрунтовує необхідність введення незалежної посади інспектора з якості. Розроблені методи впливу на якість продукції, система штрафних санкцій за брак. На цьому етапі якість продукції визначилась як відповідність стандартам.

3 етап. Інспекційний контроль (1920–1940 рр.) – набуло розвитку масове промислове виробництво, почали з'являтися обґрунтовані Тейлором інспекції з якості, тобто контроль якості переходив до рук спеціально навчених незалежних інспекторів з якості. Набув поширення організований 100%–ий контроль якості виробленого товару. Вперше стали застосовуватися методи статистичного контролю: контрольні карти (В.Шухарта), обґрунтовувалися вибіркові методи контролю якості продукції. Якість визначалась як відповідність стандартам і стабільності процесів.

4 етап. Статистичний контроль (1940–1960 рр.). Розроблені у США статистичні методи, що не отримали там широкого визнання, стали активно використовуватися на японських підприємствах. Більше того, за участі К.Ісікави проблема якості набула вирішення у межах національної програми і вивченням статистичних методів у Японії почали займатися зі шкільної лави, а на підприємствах їх вивчали у гуртках якості. Якість продукції, процесів, діяльності визначалась як відповідність ринковим умовам. Здійснювався контроль проектування та виробництва.

5 етап. Забезпечення якості (1960–1980 рр.) – набула поширення концепція систем забезпечення якості, котра забезпечувала вже не лише проектування і виготовлення якісної продукції, а й якість усієї діяльності фірми. Завдяки Е.Демінгу (формулювання 14 принципів, покладених в основу реформування системи менеджменту виробництва у Японії, а пізніше – основа теорії загального керування якістю (Total Quality Management)) та Дж.Джурану (переконували керівництво японських компаній у важливості забезпечення якості продукції), американському фахівцеві А.Фейгенбауму (ідея комплексного керування якістю, що передбачала урахування усіх факторів, котрі впливають на якість на всіх етапах виробництва і між усіма підрозділами компанії), К.Ісікаві та ін. вченим у Японії, промисловість якої стартувала не з самих сильних позицій (не вистачало ресурсів навіть для забезпечення продуктами харчування населення; єдиний ресурс з надлишком – люди, сповнені бажання вчитися і старанно працювати), відбувся прискорений процес поліпшення якості продукції, що отримав назву „японське економічне чудо”. У Японії була створена власна система якості „Керування якістю у межах фірми” (Company Wide Quality Control). Завдяки тому, що японські компанії дуже швидко усвідомили перевагу продукції високої якості, важливість кращого розуміння потреб споживача (замовника) і необхідність систематичного підходу до аналізу його вимог, їм вдалося розробити систему створення й удосконалення продукту відповідно до вимог і пріоритетів ринку. Якість японських товарів поступово завойовувала світ.

У цей час відбувалося збільшення обсягів міжнародної торгівлі, підвищувалися вимоги ринку, посилена увага стала приділятися проблемам безпеки і екології. Здійснювався поступовий перехід від загального контролю

якості (TQC) до загального керування якістю (TQM). Якість визначалась як задоволення вимог і потреб споживачів (замовників). Здійснювався контроль усієї діяльності виробника.

6 етап. Загальне керування якістю (1980–2000 рр.) – активне поширення принципів TQM, орієнтованих на постійне поліпшення якості, мінімізацію виробничих витрат і своєчасність постачання. Відбувається подальший міжнародний поділ праці, становлення транснаціональних виробничих систем, глобальних міжнародних ринків, посилюється конкуренція на міжнародному ринку. Розробляються міжнародні стандарти ISO 9000, основною метою яких стало забезпечення якості продукції та надання споживачеві необхідних доказів спроможності підприємств постачати продукцію, що відповідає вимогам споживачів та галузевим вимогам, запроваджується сертифікація на відповідність ним; з'являються міжнародні стандарти ISO 14000, що встановлюють вимоги до систем управління виробництвом з точки зору навколишнього середовища і безпеки; створюються міжнародні стандарти QS 9000 „Вимоги до систем якості” для автомобілебудування (з підвищеними вимогами).

Якість визначається як задоволення вимог і потреб суспільства, власників (акціонерів), споживачів, службовців. Здійснюється керування якістю підприємства і якістю суспільства у цілому.

Виходить третє видання міжнародних стандартів ISO 9000 версії 2000 року, в основу яких покладено вісім принципів TQM.

7 етап. Інтегровані системи (з 2000 р. до теперішнього часу) – відбувається подальше удосконалення міжнародних стандартів (аналіз небезпек і критичні контрольні точки (НАССР – Hazard Analysis and Critical Control Points); вимоги до системи управління професійною безпекою і здоров'ям OHSAS та ін.), посилення впливу суспільства на розвиток виробничих процесів і охорону навколишнього середовища.

Еволюція систем керування якістю на сучасному етапі тісно пов'язана із загальнолюдськими цілями – покращення якості життя.

На теренах СРСР був також накопичений певний досвід удосконалення якості продукції (див. таблицю 3.1) [7, с. 33]. При цьому впровадження відповідних систем на першому етапі здійснювалося на кращих підприємствах машинобудування, приладобудування, електротехнічної промисловості та ін. галузей, а на другому етапі системи впроваджувалися повсюдно на всіх підприємствах області (краю). Однак, зазначені системи об'єктивно не могли дати відчутних результатів через відсутність конкуренції, різноманіття форм власності й т.п., тобто через відсутність ринкових відносин; у методичному плані можна відзначити такі недоліки як виключення до складу показників якості продукції показників її ресурсоємності, ігнорування відтворювально-еволюційного, функціонального, маркетингового та ін. наукових підходів до керування. Незважаючи на ці недоліки, КСУКП була покладена в основу розроблених у 1988 р. міжнародних стандартів ISO серії 9000 з систем якості.

Таблиця 3.1 – Вітчизняні системи управління якістю

Назва системи	Місто і рік створення системи	Основний зміст системи	Критерій керування	Об'єкт керування
БВП (бездефектне виготовлення продукції)	м. Саратов, 1955 р.	Суворе виконання технологічних операцій	Одиничний: дотримання нормативно-технічної документації (НТД); узагальнюючий: відсоток здачі продукції з першого пред'явлення	Якість праці колективу через якість праці окремих виконавців
СБТ (система бездефектної праці)	м. Львів, 1961 р.	Суворе виконання технологічних операцій	Одиничний: дотримання НТД; узагальнюючий: коефіцієнт якості праці	Якість праці виконавця і колективу
КАНАРСПИ (якість, надійність, ресурс із перших виробів)	м. Горький, 1958 р.	Високий рівень конструкторської і технологічної підготовки виробництва	Відпрацьовування конструкції з перших виробів і відповідність НТД	Якість праці колективу і продукції, що випускається
НОРМ (наукова організація робіт з підвищення моторесурсу двигунів)	м. Ярославль, 1964 р.	Підвищення технічного рівня і якості продукції	Відповідність планові досягнутого рівня моторесурсу	Якість продукції і праці колективу
КСУКП (комплексна система керування якістю продукції)	м. Львів, 1975 р.	Керування якістю на базі стандартів, системного підходу	Відповідність якості продукції вищим досягненням	Якість продукції і праці колективу
КСПЭП (комплексна система підвищення ефективності виробництва)	м. Краснодар, 1980 р.	Керування якістю продукції та ефективністю виробництва	Показники ефективності виробництва й узагальнюючі показники якості продукції	Якість продукції і показники ефективності виробництва
КСУКП и ЭИР (комплексна система керування якістю продукції та ефективністю використання ресурсів)	м. Дніпропетровськ, 1983 р.	Керування якістю продукції й ефективністю використання ресурсів	Якість продукції та ефективність використання найважливіших ресурсів	Якість продукції і показники використання ресурсів

Порівняльний аналіз вітчизняних і закордонних систем управління якістю показує, що досягнення досконалої якості продукції на міжнародному рівні вимагає гармонізації національних систем керування якістю, зведення їх до єдиних вимог. Це стало можливим за допомогою систем менеджменту якості за стандартами міжнародної організації за стандартизації (International Organization for Standardization) ISO серії 9000 (вимоги до системи управління), екологічного менеджменту за стандартами ISO серії 14000 (вимоги до управління навколишнім середовищем), статистичних методів керування якістю, концепції загального управління TQM, що широко використовуються у світовій практиці, концепції „6S”, принципів бенчмаркінгу, методів „кайзен”, „канбан”, „поке-ека”, „хосін канрі”, реінженірингу.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO серії 9001 версії 2000 р. у світі сертифіковано вже понад 800 тис. систем управління якістю. Світовими лідерами у цій сфері є Китай, Італія, Велика Британія, Японія, Іспанія, США, Франція та Німеччина. У Європі найбільша кількість сертифікованих систем управління якістю у Чеській Республіці (понад 11 тис.), Угорщині (понад 10 тис.), Польщі (майже 6,5 тис.), Румунії (6 тис.). Лідерами з активізації робіт щодо впровадження і сертифікації систем управління якістю є Латвія (приріст у 6 разів), Чехія, Росія та Словенія (приріст у 4 рази). У багатьох промислово розвинутих країнах стандарти ISO серії 9000 прийняті як національні.

На основі міжнародних стандартів ISO 9000, ISO 9004, накопиченого вітчизняного досвіду з розробки та застосування комплексних систем керування якістю продукції й ін. систем (Львівської, Дніпропетровської, Краснодарської й ін.) в Україні були розроблені ДСТ 40.9001–88 „Система якості. Модель для забезпечення якості при проектуванні і/або розробці, виробництві, монтажі й обслуговуванні”, ДСТ 40.9002–88 „Система якості. Модель для забезпечення якості при виробництві і монтажі”, ДСТ 40.9003–88 „Система якості. Модель для забезпечення якості при остаточному контролі й випробуваннях” і рекомендації щодо їх застосування, котрі з часом еволюціонували. 01.09.2009 р. у відповідності з наказом Держспоживстандарту України №225 від 22.06.2009 р. на зміну ДСТУ ISO 9001:2001, чинному до 15.11.2010 р. (наказ Держспоживстандарту №250 від 12.07.2008 р.), прийшов на зміну національний стандарт ДСТУ ISO 9001:2009 „Система управління якістю. Вимоги”.

На сьогодні, Уряд України виокремив такі стратегічні цілі у сфері якості: постійне підвищення якості та конкурентоспроможності вітчизняної продукції, поліпшення умов і рівня життя, забезпечення стійкого розвитку економіки, збереження та відновлення довкілля, пропагування та впровадження принципів всезагального управління якістю, формування позитивного іміджу України на міжнародному рівні. В Україні щорічно проводиться Всеукраїнський конкурс на здобуття премії з якості та Європейський тиждень якості. Але питання гармонізації вітчизняного

досвіду управління якістю з міжнародною системою стандартів залишається відкритим.

У повсякденному житті під якістю люди розуміють міру, в якій товар (робота, послуга, інформація, процес, підрозділ, працівник, система, компанія, ціль і т.д.) задовільняє їх вимоги. Для товарів це функціональні характеристики, надійність, довговічність, бездефектність, естетичні властивості, екологічність, безпека; для послуг – надійність, гарантія, доступність, взаємозв'язок, ввічливість, наявність симпатій і ін. З часом розуміння цього поняття змінюється відповідно до умов існування і діяльності людини, а також з точки зору особи, яка його тлумачить. Наприклад, і вершкове масло, і маргарин можуть бути однаково якісною продукцією, але для певної категорії споживачів і цільового використання. Можна вважати, що якість досягнута, якщо вимоги для досягнення певної мети будуть задоволені через властивості продукції, і незалежно від того, що ці вимоги можуть бути вищими або нижчими. Отже, якість є ступенем задоволення вимог через властивості товару.

Оскільки у різних джерелах поняття „якість” визначається неоднозначно, доречно врахувати тлумачення, що наводяться у стандартах. Так, відповідно до ДСТУ 2925–94 „Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення”, затвердженого і введеного у дію наказом Держстандарту України №319 від 14.12.1994 р., якість продукції – це „сукупність характеристик продукції (процесу, послуги), які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби”. Згідно ДСТУ 3230–95 „Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення”, якість – „сукупність характеристик об'єкта, які стосуються його здатності задовольнити установлені й передбачені потреби”, а „управління якістю” – це „такі напрямки виконання функції загального управління, що визначають політику, цілі і відповідальність у сфері якості, а також здійснюють їх за допомогою таких засобів як планування якості, оперативне управління якістю, забезпечення якості та поліпшення якості у межах системи якості”.

Шляхом до досягнення високого рівня якості є система TQM, що передбачає всебічне цілеспрямоване і добре скоординоване застосування систем і методів керування якістю у всіх сферах діяльності від досліджень і розробок до післяреалізаційного обслуговування за участі керівництва і працівників усіх рівнів при раціональному використанні технічних можливостей. Система TQM включає контроль у процесі розробки нової продукції, оцінку якості виробничого процесу, навчання методам забезпечення якості, підвищення кваліфікації персоналу, гарантійне обслуговування, координацію робіт у сфері якості, використання циклу PDCA (plan – do – check – action) – „плануй – дій – перевіряй – коригуй”, вироблення політики у сфері якості, участь службовців у фінансовій діяльності, проведення заходів для формування культури якості, покладання відповідальності за діяльність у сфері якості на вище керівництво. Метою загального керування якістю є досягнення більш високої якості продукції і послуг. Концепція передбачає чотири рівні якості: відповідність стандарту,

відповідність використанню, відповідність вимогам ринку, відповідність прихованим потребам.

Міжнародною організацією зі стандартизації сформульовані наступні принципи менеджменту якості, покладені в основу стандартів ISO.

1. Орієнтація на споживача – організації залежать від своїх споживачів і тому повинні визначати і розуміти їх існуючі та майбутні потреби, щоб бути спроможними виконати вимоги споживачів, а також намагатися перевершити їх очікування.

2. Лідерство – управління не є адміністративною діяльністю, воно потрібне для забезпечення цілі і напрямку та для створення умов, у яких персонал організації буде повністю залучений до досягнення мети організації. Саме лідери визначають напрям дій і створюють середовище.

3. Залучення персоналу – люди є основою організації і повне залучення їхніх можливостей сприяє досягненню цілей.

4. Процесний підхід – система управління організацією будується на основі управління сукупністю процесів.

5. Системний підхід – означає ідентифікацію, розуміння та керування системою взаємозалежних процесів за їх внесками у досягнення встановлених цілей.

6. Безперервне вдосконалення – виступає стратегічною метою діяльності організації.

7. Прийняття рішень на основі фактів – ефективні рішення базуються на логічному аналізі та раціональній оцінці інформації.

8. Взаємовигідне співробітництво з постачальниками – такі відносини посилюють можливості обох сторін у створенні цінностей.

Підхід з позицій процесу у розробленні, впровадженні та поліпшенні результативності системи управління якістю передбачений міжнародним стандартом ISO 9001:2000 Quality management systems – Requirements (Системи управління якістю. Вимоги), ідентичним перекладом якого є ДСТУ ISO 9001–2001, котрому надано чинності наказом Держстандарту України №317 від 27.06.2001 р. (на заміну ДСТУ ISO 9001–95, ДСТУ ISO 9002–95, ДСТУ ISO 9003–95). Як видно з рисунку 3.1, споживач відіграє основну роль у системі менеджменту якості, формує вимоги до продукту, що створюється організацією, визначає ступінь відповідності продукту своїм вимогам.

Ефективне забезпечення якості і постійне удосконалення продукції та діяльності організації можливе лише на основі науково обґрунтованих управлінсько–інженерних рішень, прийняття яких має базуватися на певній інформації та її аналізі. Наукою, що надає можливість для правильного збору, кількісного аналізу інформації та тлумачення отриманих результатів є статистика. Статистичне управління якістю є розділом статистики, об'єкт вивчення якого якість товарів і послуг.



Рисунок 3.1 – Концептуальна модель системи управління якістю, в основу якої покладено процес

Статистичне управління якістю – це галузь статистичної науки, яка дає кількісну оцінку якості товарів і послуг та є основою для прийняття науково обгрунтованих рішень з управління якістю [13, с. 6–7]. Статистичне управління якістю складається з таких основних розділів:

статистичний приймальний контроль – відіграє пасивну роль, оскільки лише фіксує відповідність створеного продукту встановленим стандартам чи вимогам споживача;

статистичне управління процесами – є напівактивним засобом управління якістю, оскільки доє можливість оцінювати і аналізувати не створену продукцію, а процеси її виробництва, отже, таким чином, попереджує і зменшує витрати від створення невідповідної продукції; вдосконалення якості здійснюється лише після впровадження рішень, прийнятих за результатами проведеного аналізу;

методи планування експерименту – є активним засобом удосконалення якості, оскільки дозволяють визначити оптимальні значення параметрів якості та процесів створення продукту.

На відміну від стандартів серії ISO 9001:1994, де існував пінкт 4.20

„Статистичні методи”, уже версією стандартів ISO 9001:2000 використання на підприємствах статистичних методів для забезпечення якості безпосередньо не вимагається, але вимагається опосередковано у п. 8.1, пп. 8.2.1 та пп. 8.2.3 і з особливим наголосом у п. 8.4 стандарту.

Статистичні методи поділяються на методи аналізу, регулювання і контролю якості [33, с. 22]. Під статистичними методами аналізу якості розуміють методи прикладної статистики, що застосовуються при вивченні залежності показників якості продукції від різних факторів. При цьому основним є встановлення закону розподілу випадкової величини і параметрів його розподілу на основі емпіричних даних. Оцінювання наближення емпіричного розподілу до теоретичного виконується за допомогою критерія Пірсона χ^2 . Статистичні методи регулювання якості застосовуються при регулюванні технологічних процесів для забезпечення їх стабільності, ритмічності та уникнення браку. Статистичні методи контролю якості – методи прикладної статистики, що застосовуються при вибірковому контролі якості. Вибірковим контролем є контроль при якому рішення стосовно якості продукції приймається за результатами перевірки однієї або кількох вибірок. Вибірковий контроль поділяється на вхідний і приймальний. Під вхідним контролем розуміють контроль споживачем сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції, що надійшли до нього з інших підприємств або дільниць. Приймальний контроль – це вибірковий контроль готової продукції, за результатами якого приймається рішення про її придатність для постачання або використання.

У роботі [18, с. 3] статистичні методи у сфері якості поділені на наступні три групи. До елементарних методів відносяться так звані „сім інструментів якості”: контрольний листок, гістограма якості, причинно–наслідкова діаграма, діаграма Парето, стратифікація, діаграма розсіювання, контрольна мапа (ці методи дозволяють вирішити 95% всіх проблем, що стоять перед фірмою). Проміжні методи – це методи приймального контролю, теорії розподілів, статистичні оцінки і критерії. До передових методів відносяться методи, засновані на використанні комп’ютерних технологій: планування експерименту, багатовимірний аналіз, методи дослідження операцій.

Завданням статистичного забезпечення якості (statistical quality assurance control), що займається застосуванням математико–статистичних методів на основі вибіркового контролю у забезпеченні якості, є контроль відповідності між проектом виробу (задані величини з допустимими межами їх відхилень) і його виконанням. Властивості статистичного забезпечення якості (СЗЯ) наступні [25, с. 15–18].

1. СЗЯ передбачає не суцільний, а вибірковий контроль, що має ряд переваг, зокрема, є більш продуктивним, потребує менших витрат і часто характеризується більш високою точністю. Суцільний контроль проводять коли він необхідний (наприклад, перевірка функціональної здатності приладу для підтримки роботи серця), або коли за певних причин вибіркового

контролю не достатньо. Але є й такі ознаки якості, для яких суцільний контроль неможливий, оскільки він пов'язаний з руйнуванням виробу або зниженням його споживчих властивостей.

2. Метою СЗЯ є не контроль окремих елементів, а оцінювання якості всієї продукції певного виду.

3. Висновки про якість продукції певного виду, зроблені у межах СЗЯ на основі результатів вибіркового контролю, можуть бути помилковими при порушенні принципів випадкового відбору. Помилкові висновки можливі й при суцільному контролі, проте за інших причин (помилки операторів та похибки вимірювань).

Методи СЗЯ можна класифікувати за рядом ознак.

1. За місцем контролю у процесі виробництва (див. рисунок 3.2) розрізняють контроль виробництва та приймальний контроль.

1.1. Контроль процесу виробництва (process inspection) – це сукупність усіх контрольних операцій, що виконуються під час процесу виготовлення та дозволяють на підставі інформації про стан процесу управляти ним так, щоб ознака якості виробів, корті виготовляються, залишалась у допустимих межах. Часто використовується позначення SPC (statistical process control). При цьому мають справу з потенційно нескінченними сукупностями, що дозволяє використовувати статистичну теорію вибірки з нескінченної сукупності.

Статистичним інструментом контролю виробництва є мапи контролю якості (control chart). Контрольна мапа Шугарта – формуляр (паперовий або електронний), у який заносяться у хронологічній послідовності у графічній формі результати контролю (у первинному або стислому вигляді). На мапі нанесені граничні значення контрольованих величин у вигляді двох паралельних ліній. Якщо результат контролю виходить за межі паралельних ліній, повинні бути вжиті чітко визначені заходи спрямовані на покращення процесу виробництва.

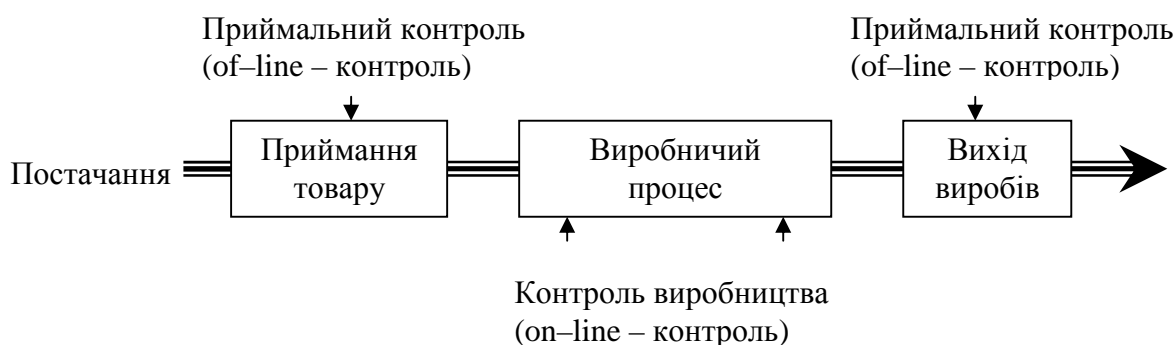


Рисунок 3.2 – Приймальний контроль і контроль виробництва

Кусум-мапи (cumulative sum control chart) більш чутливі до незначних і повільних змін певних параметрів процесу (рівень налагодження,

розсіювання). При цьому відхилення вимірюваних величин від заданих значень постійно накопичуються (кумуляються) і характеристики, обчислені з використанням усіх раніше накопичених відхилень, стають основою для прийняття рішення стосовно управління процесом. Отже, втручання у процес при роботі з Кусум–мапою відбувається у разі виходу накопиченої суми відхилень вимірюваної величини за певні межі, що відображаються паралельними лініями.

1.2. Приймальний контроль (acceptance sampling) – визначають чи відповідає частка браку у наданій партії вихідного, проміжного або кінцевого продукту необхідним стандартам. Статистичним інструментом контролю є план контролю. Він містить інформацію про кількість вибірок, яку потрібно взяти з даної партії, про обсяг вибірок, про умови за яких дана партія приймається. У разі приймального контролю мають справу завжди зі скінченними сукупностями, отже тут доцільно застосовувати статистичну теорію вибірки зі скінченної сукупності. Якщо ж обсяг вибірки малий у порівнянні з обсягом усієї сукупності, можна наближено за певних припущень використовувати більш просту теорію для вибірки з нескінченної сукупності.

Особливе місце у контролі виробництва займає безперервний вибірковий контроль (continuous sampling inspection). Необхідні для нього плани (continuous sampling plans – CSP) можуть застосовуватися у всіх ситуаціях, коли можна працювати і з контрольними мапами, тобто коли виробничий потік не розпадається природнім чином на партії виробів (неперервний потік продукції, потенціально нескінченна сукупність). Відмінність полягає, по–перше, у тому, що при контролі виробництва контрольні мапи заповнюються на основі аналізу вибірок, а тут – у залежності від рівня дефектності – відбувається перехід з вибіркового на суцільний контроль або навпаки, а, по–друге, тут головним є не управління виробничим процесом (як при використанні контрольних мап, коли передбачене втручання у процес виробництва при виході за межі поля допуску), а досягнення і дотримання того, щоб середня частка дефектних виробів у загальному обсязі виробництва не перевищувала межу середнього рівня дефектності на виході.

У відповідності з планами безперервного вибіркового контролю спочатку здійснюється суцільний контроль виробів по мірі їх випуску, що триває доки через контрольний пункт не пройде визначена планом кількість придатних виробів. Далі слідує вибірковий контроль і продовжується доки не буде перевищена передбачена планом кількість дефектних виробів. Метою безперервних вибіркових планів є гарантія того, що питома вага браку у результаті контролю не перевищуватиме заданих значень, що досягається шляхом безперервного, але змінного за своєю інтенсивністю, контролю. Крім того, результати контролю можна використовувати для підвищення ефективності виробничого процесу як і при контролі за допомогою контрольних мап.

2. За способом сприйняття (урахування) ознак якості, що підлягають

контролю, розрізняють вимірювальний контроль та арифметичний контроль.

2.1. Вимірювальний контроль або контроль за кількісною ознакою (inspection by variables) – оцінка якості виготовлення здійснюється на підставі результатів вимірювання або за показниками, котрі отримують внаслідок опрацювання результатів вимірювань.

2.2. Арифметичний контроль або контроль за атрибутивною (альтернативною) ознакою (inspection by attributes) – вироби підлягають лише сортуванню на дві групи: придатні до використання та брак (непридатні).

До контролю за атрибутивною ознакою відноситися також контроль за кількістю дефектів на виріб (defects, nonconformities). В виявлену кількість дефектів на один виріб можна використовувати у двох цілях: для оцінки якості даного виробу як придатного (дефекти відсутні або їх кількість незначна) або непридатного (велика кількість дефектів), або для оцінки якості усієї партії або виробничого процесу, причому у цьому випадку ознакою якості буде накопичена кількість дефектів у вибірці.

Вибір методу контролю залежить (на скільки це дозволяє тип ознак якості) від кадрових, технологічних та економічних можливостей організації.

3.1.2 Питання для самоперевірки

1. На чому засноване уявлення про якість?
2. У чому полягає цінність продукції для споживача?
3. Етапи розвитку управління якістю.
4. Дайте визначення понять „якість”, „управління якістю”.
5. Принципи загального менеджменту якості.
6. Що таке статистичне управління якістю? Його основні розділи.
7. Сформулюйте мету і завдання статистичного забезпечення якості.
8. Зазначте властивості статистичного забезпечення якості.
9. Класифікація методів статистичного забезпечення якості.

3.1.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Основоположники концепцій керування якістю Ф.Тейлор, Г.Форд, В.Шугарт, Е.Демінг, Дж.Джуран, К.Ісікава, А.Фейгенбаум, Г.Тагута, Ф.Кросбі, Д.Харрінгтон.

2. ГОСТ 16493–70 „Качество продукции. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Случай недопустимости дефектных изделий в выборке”.

3. Закордонний досвід керування якістю продукції (США, Японія, Західна Європа).

4. Економічні аспекти впровадження систем менеджменту якості на промислових підприємствах.

5. Оцінка ефективності управління якістю продукції на підприємствах.

6. Приймальний статистичний контроль: одноступеневий, багатоступеневий і послідовний.

7. Статистичний та експертний методи визначення рівня якості виробів.

8. Статистичні методи як елемент системи якості.

3.2 Статистична оцінка ознак якості. Варіація ознак якості та її вимір

3.2.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: ознака якості, варіація ознаки, статистичне спостереження, кількисний вимір ознак якості, ряд розподілу, середнє значення ознаки якості товарів чи послуг, мода, медіана, статистичні показники варіації

Управління можливе лише за умови кількісної характеристики параметрів об'єкта, що забезпечує можливість їх співставлення із заданими значеннями, порівняння у просторі або у часі і, таким чином, дозволяє виявити результати здійсненого на об'єкт впливу [13, с. 9]. Отже першим кроком у ефективному управлінні якістю товарів (робіт, послуг) є вимір значень відповідних ознак. Ознака якості – це кількісна або якісна властивість, що дозволяє розрізняти елементи сукупності. Розрізняють атрибутивні (визначаються описово) та кількісні (дискретні або неперервні) ознаки. Можна виокремити також альтернативну ознаку, що набуває одне з двох протилежних значень (притаманна одним елементам сукупності й не характерна для інших). Конкретні набуття ознакою певних числових або атрибутивних значень називаються значеннями ознаки. Ознака, значення якої змінюються від одного спостереження до іншого випадковим чином, називається стохастичною.

Надання кількісної характеристики ознаці якості конкретного елемента (одиниці) досліджуваної сукупності має назву виміру. Статистичний показник – це кількісна оцінка властивостей об'єкта дослідження. Спланована, науково організована реєстрація масових даних про окремі одиниці певної сукупності (наприклад, продукції) називається статистичним спостереженням. Програма статистичного спостереження – це перелік показників, які необхідно зафіксувати в ході спостереження.

У зв'язку з тим, що вимоги до продукції розрізняються залежно від її призначення, якість одного й того ж виробу може оцінюватися по різному. Сутність прояву цих властивостей оцінюється за допомогою кількісних показників якості. Назва показника якості визначає характерну властивість. Більш загальним є поняттям за показник якості є „параметр якості” – характеристика будь-яких властивостей і станів продукції. Параметри якості можуть мати кількісні вираження (літри, сантиметри, км/год) і якісні (колір, смак, запах). Наприклад, параметром якості виробу може бути маса, а показником якості – конкретне значення зазначене у нормативних документах.

Показники якості можуть бути зведені у наступні групи:

1) за властивостями: показники призначення і довговічності, показники надійності, показники технологічності, естетичні показники, ергономічні

показники, показники стандартизації та уніфікації, показники екологічної безпеки;

2) за способом вираження: показники виражені у натуральних одиницях, у безрозмірних (бали) одиницях та у вартісних одиницях;

3) за кількістю властивостей: узагальнюючі, одиничні, комплексні;

4) за застосуванням для оцінювання: обліково–оціночні та аналітичні.

Показники якості закріплюються у нормативно–технічній документації (стандартах, технічних умовах, інструкціях і т.д.) і стають основою для формування вимог до якості виробів.

Під впливом персоналу, устаткування, сировини і матеріалів, методів та технології, вимірювальних систем, оточуючого середовища й ін. факторів одна й та ж ознака може набувати різних значень у окремих елементів досліджуваної сукупності, тобто варіює. Значення, яких набуває певна ознака, називаються її варіантами. Кількість разів, з якою відповідні значення зустрічаються в досліджуваній сукупності називаються частотами. Частоти, представлені коефіцієнтами або виражені у відсотках до підсумку, називають частками. Перелік усіх можливих значень ознаки і відповідних ним частот (часток) має назву ряду розподілу. Ряд розподілу елементів сукупності за певною ознакою може бути представлений у табличній формі або графічно [36, с. 153–175].

Одним зі статистичних методів, що дозволяє кількісно охарактеризувати якість товарів (робіт, послуг) є метод середніх величин. Середня величина є узагальнюючою характеристикою сукупності за кількісно варіюючою ознакою, яка відображує рівень цієї ознаки, що може бути віднесений до кожної одиниці досліджуваної сукупності. Середня величина дозволяє одним числом представити певну ознаку якості, відбиваючи при цьому її основні властивості. До найбільш уживаних відносяться такі степеневі середні як середня арифметична та середня геометрична, а також середня хронологічна [13, с. 11].

За визначальною властивістю середніх до середньої арифметичної слід прибігати у випадках, коли загальний обсяг ознаки утворюється як сума її індивідуальних значень, т. б. значень ознаки, притаманних окремим елементам сукупності. Середня арифметична проста (формула (1)) застосовується для незгрупованих даних, а також у рядах розподілу з однаковими між собою частотними характеристиками.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}, \quad (1)$$

де \bar{x} – середнє значення ознаки;

x_j – значення осереднюваної ознаки, притаманні окремим елементам сукупності, т. б. індивідуальні значення ознаки ($j = \overline{1; n}$);

n – обсяг сукупності або число спостережень.

Коли ж дані згруповані і частоти (частки) розподілу не рівні між собою, використовується середня арифметична зважена – див. формулу (2). При використанні середньої арифметичної зваженої в інтервальних рядах розподілу (значення ознаки представлені у вигляді інтервалів значень), припускаючись похибки, величина якою буде тим меншою, чим вужчі межі інтервалів і більша чисельність окремих груп, за варіанти x_j приймаються середини інтервалів.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k x_j \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j}, \quad (2)$$

тут k – число груп;

x_j – варіанти розподілу ($j = \overline{1; k}$);

f_j – частоти (частки) розподілу.

За даними інтервального ряду розподілу з рівними інтервалами середнє значення ознаки можна визначити способом моментів – див. формулу (3).

$$\bar{x} = h \times m_1 + A, \quad (3)$$

де h – величина інтервалів;

A – середина інтервалу, якому відповідає найбільша частота, або середина центрального інтервалу у разі непарної кількості груп;

m_1 – момент 1-го порядку:

$$m_1 = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{x_j - A}{h} \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j}. \quad (4)$$

Якщо загальний обсяг ознаки утворюється як добуток її індивідуальних значень, середнє значення ознаки має визначатися за формулою середньої геометричної \bar{x}_g .

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} \text{ – середня геометрична проста,}$$

$\bar{x}_g = \frac{\sum_{j=1}^k t_j \sqrt[n]{x_j}}{\sum_{j=1}^k t_j}$ – середня геометрична зважена (t_j – не рівні між собою часові проміжки, до яких відносяться значення осереднюваної ознаки x_j).

У випадках, коли значення ознаки наводяться через рівні проміжки часу, користуються середньою хронологічною у вигляді (5), де n , як і раніше, кількість моментів спостережень:

$$\bar{x} = \frac{\frac{x_1 + x_n}{2} + x_2 + x_3 + \dots + x_{n-1}}{n - 1}. \quad (5)$$

Крім середніх величин, узагальнюючу характеристику ознакам якості можна надати за допомогою моди, медіани, квартилів і децилів.

Моду (x_{Mo}) у статистиці називають значення ознаки, що найчастіше зустрічається в сукупності. За даними дискретного ряду розподілу, у якому варіанти представлені окремими числовими значеннями, мода визначається візуально – це варіанта, котрій відповідає найбільша частотна характеристика, або графічно за допомогою полігона розподілу [36, с. 168]. Для інтервальних варіаційних рядів розподілу, у яких варіанти задаються у вигляді інтервалів значень певної ознаки), моду графічно визначають на основі гістограми розподілу [36, с. 170] або наближено розраховують за формулою (6). При цьому у якості модального приймається інтервал, якому відповідає найбільша частота (частка).

$$x_{Mo} = x_o + h_{Mo} \times \frac{f_{Mo} - f_{Mo-1}}{(f_{Mo} - f_{Mo-1}) + (f_{Mo} - f_{Mo+1})}, \quad (6)$$

де x_o – мінімальне значення модального інтервалу;

h_{Mo} – величина модального інтервалу;

f_{Mo} – частота (частка), що відповідає модальному інтервалу;

f_{Mo-1} – частотна характеристика інтервалу, котрий передує модальному;

f_{Mo+1} – частотна характеристика інтервалу, що слідує за модальним.

Медіаною (x_{Me}) у статистиці називають значення ознаки, котре ділить ранжовану (впорядковану за зростанням або зменшенням значень ознаки) сукупність навпіл, т. б. це кількісна межа, якої досягнула половина елементів сукупності. У дискретному ряді розподілу медіаною є варіанта, якій відповідає кумулятивна (накопичена) частота або частка, що дорівнює чи

перевищує півсуму частот (часток) збільшену на $\frac{1}{2}$. А за даними інтервального ряду розподілу медіана наближено обчислюється за формулою (7) і при цьому в якості медіанного приймається інтервал, котрому відповідає кумулятивна частота, що рівна або більша за півсуму частот (часток). Графічно медіана визначається за допомогою кумуляти розподілу або кумулятивної гістограми [36, с. 169, 172].

$$x_{Me} = x'_0 + h_{Me} \times \frac{\frac{\sum f}{2} - S_{Me-1}}{f_{Me}}, \quad (7)$$

де x'_0 – мінімальне значення медіанного інтервалу;

h_{Me} – величина медіанного інтервалу;

$\frac{\sum f}{2}$ – півсума частот (часток);

S_{Me-1} – накопичена (кумулятивна) частота чи частка до медіанного інтервалу;

f_{Me} – частота (частка), що відповідає медіанному інтервалу.

Квартилі (їх усього три, другий квартиль – це медіана) ділять ранжовану сукупність на чотири рівні частини, а децилі (їх дев'ять) – на десять рівних частин. Визначаються по аналогії з визначенням медіани, див. [35, с. 65].

До абсолютних характеристик варіації ознак у статистиці відносяться:

- варіаційний розмах (R) – різниця між найбільшим (x_{max}) і найменшим (x_{min}) значеннями ознаки, що показує у яких межах варіює ознака, або максимально можливе відхилення індивідуальних значень ознаки x_j від її середнього значення \bar{x} .

- середнє лінійне відхилення (\bar{l}) індивідуальних значень ознаки від її середнього значення – не що інше як середня арифметична з модулів відхилень $|x_j - \bar{x}|$ (див. формули (8), (9));

- середнє квадратичне (стандартне) відхилення (s), що є коренем квадратним із дисперсії (s^2) – див. формули (10)–(15), й показує на скільки одиниць у середньому індивідуальні значення ознаки відхиляються від середнього значення.

$$\bar{l} = \frac{\sum_{j=1}^n |x_j - \bar{x}|}{n} \quad \text{– коли розрахунок виконується на основі незгрупованих даних,} \quad (8)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (x_j - \bar{x})^2 \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j} \text{ – для згрупованих даних,} \quad (9)$$

$$s = \sqrt{s^2}. \quad (10)$$

Середній квадрат відхилень індивідуальних значень ознаки (x_j) від її середнього значення (\bar{x}) або середня арифметична з квадратів відхилень $x_j - \bar{x}$, або дисперсія s^2 , може бути обчислена одним з наступних способів.

$$s^2 = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{(\sum_{j=1}^n x_j)^2}{n}}{n} \text{ – для незгрупованих даних,} \quad (11)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{j=1}^k x_j^2 \times f_j - \frac{(\sum_{j=1}^k x_j \times f_j)^2}{\sum_{j=1}^k f_j}}{\sum_{j=1}^k f_j} \text{ – для згрупованих даних;} \quad (12)$$

$$s^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2,$$

тобто

$$s^2 = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - \frac{(\sum_{j=1}^n x_j)^2}{n^2} \text{ – для незгрупованих даних,} \quad (13)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{j=1}^k x_j^2 \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j} - \frac{(\sum_{j=1}^k x_j \times f_j)^2}{(\sum_{j=1}^k f_j)^2} \text{ – для згрупованих даних;} \quad (14)$$

або способом моментів за даними інтервального ряду розподілу з рівними інтервалами

$$s^2 = h^2 \times (m_2 - m_1^2), \quad (15)$$

де m_2 – момент 2-го порядку:

$$m_2 = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{x_j^2}{h} \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j}. \quad (16)$$

Дисперсія альтернативної ознаки визначається за формулою (16).

$$s^2 = d \times (1 - d), \quad (17)$$

де d – частка елементів з певною ознакою у сукупності.

Якщо потрібно визначити міру варіації не в одиницях виміру ознаки якості, а у відсотках до середнього значення, тоді використовують один з коефіцієнтів варіації, найчастіше квадратичний (стандартний) коефіцієнт варіації u_s :

$$u_s = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%. \quad (18)$$

3.2.2 Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняття „ознака якості”. Різновиди ознак.
2. Поняття „показники” і „параметри” якості. Групи показників якості.
3. Поняття статистичного спостереження. Організаційні форми та види спостережень. План спостереження.
4. Зведення і групування матеріалів спостереження.
5. Поняття ряду розподілу, елементи ряду розподілу.
6. Застосування методу середніх величин для кількісної характеристики якості товарів чи послуг.
7. Мода, медіана, квартилі і децилі.
8. Варіація ознаки. Абсолютні й відносні статистичні показники варіації.

3.2.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Методи кількісної оцінки якості виробів.
2. Комплексний контроль якості і методи його реалізації.
3. Порівняльний аналіз термінів „показник якості продукції”, „ознака продукції”, „параметр продукції”, „одиничний, комплексний і визначальний показники якості продукції” і т. п. за ГОСТом 15467–79 „Управление

качеством продукции. Основные понятия, термины и определения” та діючими стандартами.

4. Найпоширеніші методи статистичного регулювання технологічних процесів: метод середніх арифметичних значень і розмахів, медіан і індивідуальних значень та групування.

3.3 Вибіркове спостереження

3.3.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: вибірковий метод, середня помилка вибірки, гранична похибка, довірчий інтервал, повторний та неповторний відбір, обсяг вибірки, формування вибіркової сукупності

Вибірковим спостереженням, про переваги якого йшлося у п. 3.1 даної методичної розробки, називається різновид несучільного спостереження, за характеристиками відібраної частини одиниць якого судять про всю сукупність. Сукупність, з якої відбираються елементи для обстеження, називають генеральною, а сукупність, яку безпосередньо обстежують, вибірковою. Способи формування вибіркових сукупностей (простий випадковий, механічний, розшарований і серійний добір, багатоступенева і багатозапазна вибірка) див. [34, с. 57–58].

Оскільки вибіркова сукупність не точно відтворює структуру генеральної, то вибіркові характеристики не збігаються з характеристиками генеральної сукупності. Розбіжності між ними у теорії статистики називають похибками репрезентативності і за причинами виникнення поділяють їх на систематичні (тенденційні) та випадкові. Систематичні похибки, навмисні чи ненавмисні, виникають за умови, що під час формування вибіркової сукупності порушується принцип випадковості відбору (упереджений вибір елементів, недосконала основа вибірки тощо). Головне завдання при організації вибіркового спостереження полягає в запобіганні виникнення систематичних похибок. Випадкові похибки – це такі, що неминуче виникають внаслідок збігу випадкових обставин (наприклад, неуважність реєстратора) навіть при дотриманні принципу випадковості відбору, не носять тенденційний характер і не ведуть до зміщення узагальнюючих показників генеральної сукупності. Теорія вибіркового методу дозволяє визначити їх розмір і по можливості регулювати.

При дотриманні принципу випадкового відбору похибка вибірки визначається перш за все чисельністю вибірки (n): чим більше елементів потрапило у вибіркову сукупність при незмінних інших умовах, тим менша величина похибки вибірки. Крім того, помилка вибірки визначається мірою варіації досліджуваної ознаки, котра як відомо з п. 3.2 цих методичних вказівок, у статистиці характеризується середнім квадратом відхилень – дисперсією s^2 або $d \cdot (1 - d)$ для альтернативної ознаки. При однаковій чисельності вибіркових сукупностей похибка вибірки буде меншою у тій з

них, яка відібрана з генеральної сукупності з меншими коливаннями досліджуваної ознаки.

Залежність величини помилки вибірки від її чисельності і від міри варіювання ознаки знаходить відображення у формулах (19)–(22) середньої помилки вибірки m . Коли вибірково вимірюється середнє значення ознаки, формула середньої помилки вибірки має вигляд (19), а для вимірювання середньої похибки частки альтернативної ознаки використовують формулу (20). Математичне доведення цих формул виходить зі схеми так званої повторної вибірки, суть якої полягає у тому, що загальна чисельність одиниць генеральної сукупності (N) у процесі вибірки залишається незмінною, т. б. ту чи іншу одиницю сукупності, котра потрапила у вибірку, після реєстрації знову повертають у генеральну сукупність і вона має однакову можливість разом з іншими одиницями знову попасти у вибірку. Проте на практиці вибірку організують, як правило, за схемою безповторної вибірки, при якій одиниця сукупності, що була відібрана, у подальшому уже у відборі не бере участі; подальший відбір здійснюється з генеральної сукупності без відібраних раніше одиниць. Таким чином, при безповторній вибірці чисельність елементів генеральної сукупності скорочується в процесі вибірки. Стосовно безповторної вибірки у формулах середньої похибки вибірки у підкореновому виразі з'являється додатковий множник $\frac{n}{N} \cdot \frac{N-n}{N}$ – див. формули (21), (22). Оскільки завжди $n < N$, то

$1 - \frac{n}{N} < 1$, отже помилка вибірки при безповторному відборі завжди буде меншою ніж при повторному відборі. Разом з тим при порівняно невеликих за обсягом вибірках $1 - \frac{n}{N} \gg 1$ (наприклад, при 5%–й вибірці $1 - \frac{n}{N} \gg 0,95$; при 2%–й вибірці $1 - \frac{n}{N} \gg 0,98$ і т. д.), тому навіть якщо вибірка організовується як безповторна іноді застосовують формули (19), (20) тим самим дещо завищується величина помилки вибірки.

$$m_x = \sqrt{\frac{s_{\text{ддд}}^2}{n}}, \quad (19)$$

де m_x – середня помилка вибіркової середньої;

$s_{\text{ддд}}^2$ – дисперсія варіюючої ознаки в генеральній сукупності;

n – кількість одиниць вибіркової сукупності.

$$m_y = \sqrt{\frac{D \times (1 - D)}{n}}, \quad (20)$$

де m_x – середня помилка частки альтернативної ознаки;

D – частка ознаки у генеральній сукупності;

$D(1 - D)$ – дисперсія альтернативної ознаки в генеральній сукупності.

$$m_x = \sqrt{\frac{s_{\hat{d}}^2}{n} \times \frac{1}{e} - \frac{n}{N} \frac{\sigma}{\sigma}}, \quad (21)$$

$$m_d = \sqrt{\frac{D(1 - D)}{n} \times \frac{1}{e} - \frac{n}{N} \frac{\sigma}{\sigma}}. \quad (22)$$

Помилка вибірки в основному залежить від абсолютної чисельності вибірки і менше від відсотка вибірки.

У формулах (19)–(22) $s_{\hat{d}}^2$ і $D(1 - D)$ – це дисперсії ознак у генеральній сукупності, що не можуть бути обчислені, так як спостереження не суцільне, а вибіркове. Тому практично у формули помилки вибірки підставляються дисперсії не генеральних, а вибіркових сукупностей: $s_{\hat{d}}^2$ і $d(1 - d)$ (тут d – частка ознаки у вибірковій сукупності). У математичній статистиці доведено, що співвідношення між генеральною дисперсією та вибірковою наступне:

$$s_{\hat{d}}^2 = \frac{n}{n - 1} \times s_{\hat{d}}^2,$$

$$D(1 - D) = \frac{n}{n - 1} \times d(1 - d).$$

Якщо n достатньо велике, то коефіцієнт $\frac{n}{n - 1} \gg 1$ і вибіркові дисперсії практично збігаються з генеральними. Проте якщо n – невелике число (у так званій малій вибірці, де $n \leq 20$), тоді поправку $\frac{1}{e} \frac{n}{n - 1} \frac{\sigma}{\sigma}$ слід прийняти до уваги.

Добуток середньої помилки вибірки на коефіцієнт довіри має назву граничної помилки вибірки (D):

$$D = t \times m, \quad (23)$$

де t – коефіцієнт довіри, який визначається за спеціальними таблицями залежно від імовірності, з якою можна гарантувати, що гранична похибка не перевищить t -кратну середню похибку, т. б. з якою гарантуються межі зміни генеральної середньої (\bar{X}) чи генеральної частки (D). Зокрема, $t = 1$

відповідає ймовірності 68,3%; $t=2$ відповідає ймовірності 95,4%; $t=3$ – ймовірності 99,7% і т. д.

Довірчий інтервал середньої та частки відносно генеральної сукупності визначається, відповідно, за формулами (24) та (25).

$$\bar{x} - D_x \leq \bar{X} \leq \bar{x} + D_x, \quad (24)$$

$$d - D_d \leq D \leq d + D_d, \quad (25)$$

де D_x – гранична помилка вибіркової середньої;

D_d – гранична помилка частки альтернативної ознаки.

У практичній діяльності важливе значення має встановлення обсягу вибірки достатнього для адекватного представлення вибірковими оцінками властивостей генеральної сукупності. Так, з формули (19) слідує, що необхідна чисельність вибірки при визначенні середньої дорівнює середньому квадрату відхилень поділеному на квадрат заданої точності. Під точністю мається на увазі припустима похибка вибірки m :

$$n = \frac{s^2}{m_x^2}.$$

Якщо у формулу ввести коефіцієнт t , то, виходячи з (23), вона набуде вигляду:

$$n = \frac{s^2}{D_x^2} \cdot t^2.$$

При вибіркового визначенні частки ознаки необхідна чисельність вибірки (виводиться з формули (20)) дорівнює частці помноженій на доповнення її до одиниці і поділеній на квадрат заданої точності:

$$n = \frac{d \cdot (1 - d)}{m_y^2},$$

а після введення у формулу коефіцієнта t вона набуває наступного вигляду:

$$n = \frac{d \cdot (1 - d)}{D_d^2} \cdot t^2.$$

При визначенні необхідної чисельності (n) вибіркового обстеження за наведеними вище формулами міра варіації ознаки s^2 або її частка d наперед невідомі і можуть бути визначені лише після проведення вибіркового дослідження. Тому замість фактичного значення s^2 або d підставляють наближене значення, отримане при попередніх обстеженнях або на основі пробних вибірових спостережень. При цьому виходять з того, що чим більша величина s^2 або чим ближче частка ознаки d наближається до 0,5 (дисперсія альтернативної ознаки досягає найбільшого значення 0,25 при $d=0,5$), тим більшу за чисельністю вибірки потрібно взяти при тій же заданій точності. Отже дисперсії надають максимально можливе значення.

Коли відомі межі варіації ознаки, враховуючи, що приблизно 99,7% всієї сукупності потрапляють в інтервал $\bar{x} \pm 3s$, користуються формулою:

$$s = \frac{1}{6} (x_{max} - x_{min}).$$

3.3.2 Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення вибіркового спостереження як різновиду несуцільного спостереження.
2. Переваги вибіркового спостереження, його завдання.
3. Поняття генеральної і вибіркової сукупностей, повторного та неповторного відбору.
4. Обчислення середньої та граничної помилок для середньої величини і частки при повторному та неповторному відборі.
5. Визначення меж довірчого інтервалу для середньої величини і частки.
6. Як відбувається визначення необхідної чисельності вибірки?
7. Охарактеризуйте способи формування вибіркової сукупності.

3.3.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Механічний, розшарований і серійний добір одиниць для вибіркового обстеження.
2. Багатоступенева і багатофазна вибірка.
3. Похибки репрезентативності та причини їх виникнення.
4. Перенесення характеристик вибірки на генеральну сукупність.

3.4 Графічний метод статистичного управління якістю

3.4.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: діаграма, розподіл, графік, наочне подання інформації

Типи та види статистичних графіків, що можуть бути використані для наочного подання інформації у сфері управління якістю, послідовність і правила їх побудови можна повторити з курсу теорії статистики [36, с. 153–

180]. До найбільш використовуваних у менеджменті якості графіків належать Парето-діаграма, гістограма, діаграма Ісікави, коробчастий графік, контрольна мапа, графіки розсіювання і розшарування та ін.

При аналізі причин появи браку помітили, що у більшості випадків (60–80%) дефекти і пов'язані з ними втрати обумовлені 1–3 причинами. Діаграма Парето, названа ім'ям розробника – італійського економіста Парето (1845–1923 рр.), допомагає встановити ці головні фактори. Це стовпчикова (або кругова структурна) діаграма, у якій стовпчики розташовуються у порядку зменшення кількості дефектів зліва направо. Всі дефекти, кількість яких у порівнянні з іншими є незначною, об'єднуються в групу „Інші”, якій відповідає останній стовпчик графіка. Цей стовпчик може бути більшим, ніж кілька попередніх, але він має найменшу значимість з точки зору вдосконалення якості, оскільки усунення причин виникнення дефектів, що входять до цієї групи дасть найменший ефект. Головним завданням створення графіка є встановлення тих кількох видів дефектів, що мають абсолютну та відносну більшість (стовпчики котрих розташовані зліва на графіку). Саме усунення причин виникнення цих дефектів забезпечить найбільше зменшення загальної кількості дефектів та найкращий економічний ефект.

На рисунку 3.3 представлена стовпчикова діаграма розподілу питомої ваги дефектів залежно від їх типу за ступенем зниження питомої ваги. На графік наноситься й кумулятивна крива. На підставі її аналізу можна зробити висновок, що частка двох перших дефектів (деформації і тонкостінність) складає 74% їх загальної кількості, в той час як на інші п'ять груп припадає лише 26%. Отже, для суттєвого зменшення обсягу браку насамперед необхідно з'ясувати й усунути причини появи цих двох факторів.

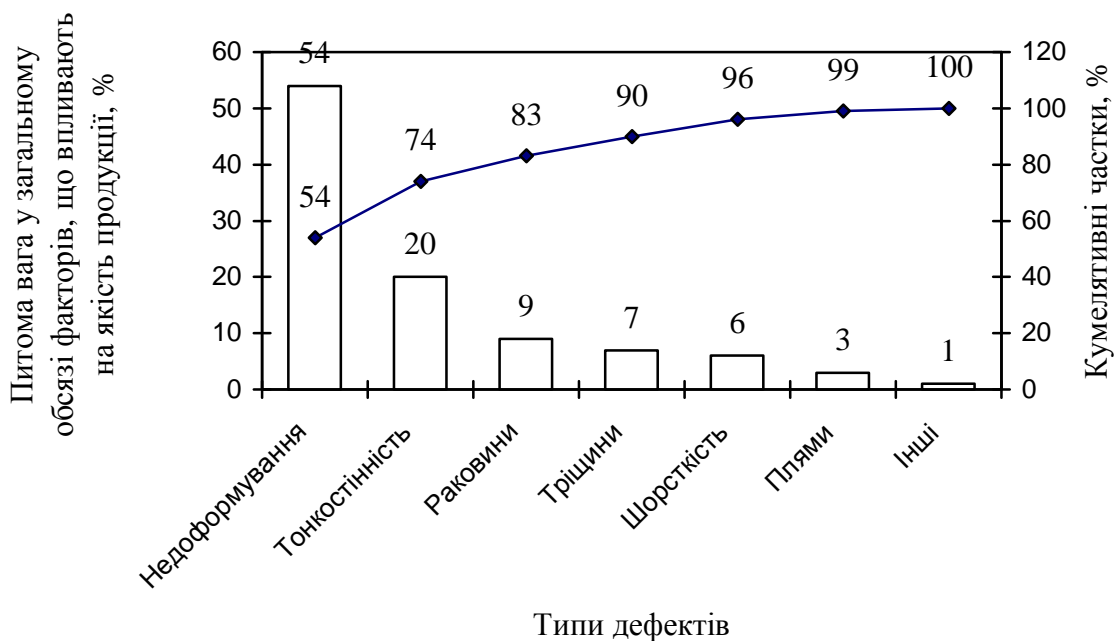


Рисунок 3.3 – Діаграма Парето

Завдяки Парето–діаграмі з’являється можливість зосередити увагу на усуненні дефектів, що спричиняють найбільші втрати. Порівнюючи діаграми Парето, побудовані за даними до і після поліпшення процесу, можна оцінити ефективність вжитих заходів.

Причинно–наслідкова діаграма розроблена професором Ісікавою ще в 1943 р. і одержала назву „риб’яча кістка” (рисунок 3.4), широко використовувалася в Японії та по за її межами не лише при аналізі показників якості товарів, а й якості послуг, задоволеності споживачів, ефективності роботи персоналу та ін. Вона має й іншу назву – діаграма 5М, за складом п’яти основних факторів, що переважно впливають на якість продукції: man, method, material, machine, medium, що у перекладі з англійської, відповідно, означають „людина”, „метод”, „матеріал”, „устаткування” і „навколишнє середовище”.

Ця діаграма дозволяє виявити і систематизувати різні чинники й умови, що впливають на досліджувану проблему. З її допомогою можна вирішувати широке коло завдань, у т. ч. конструкторські, організаційні, технологічні, економічні, соціальні та ін.

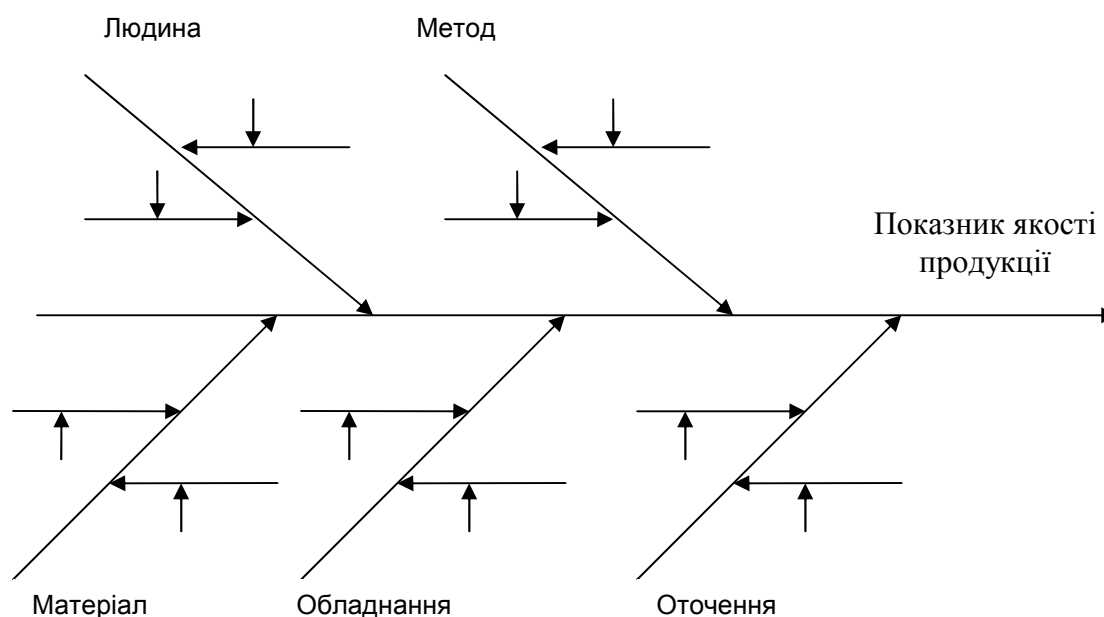


Рисунок 3.4 – Причинно–наслідкова діаграма Ісікави з розподілом причин за рівнем

Досліджувана проблема умовно зображується у вигляді прямої горизонтальної лінії. Серед факторів, що впливають на проблему, обираються основні. Це можуть бути перелічені вище фактори, умовно названі 5М, або ж інші залежно від точки зору, з якої розглядається ця проблема. Ці фактори будуть факторами першого порядку. Вони перебувають під впливом причин другого порядку, котрі виявляються залежними від чинників третього порядку і т. д. Важливо виділити якомога

більше причин, що впливають на дану проблему. При аналізі враховуються навіть ті, що на перший погляд здаються не суттєвими, оскільки саме вони можуть підказати найбільш правильний і ефективний спосіб вирішення проблеми.

Гістограма – це графік, що використовується для наочного зображення інтервальних варіаційних рядів розподілу елементів досліджуваної сукупності (наприклад, одиниць товару) за певною ознакою (наприклад, ознакою якості), на якому у вигляді стовпчиків показано розподіл даних окремих вимірів або контролю одного й того ж чи кількох параметрів, згрупованих за частотою попадання у певний заздалегідь встановлений той чи інший інтервал значень. Гістограма корисна для порівняння отриманого розподілу з контрольними нормативами або для визначення за отриманим розподілом середнього значення і стандартного відхилення. На рисунку 3.5 представлена гістограма розподілу параметрів, де А – нижня межа допусків, Б – верхня межа допусків, АБ – інтервал допусків.

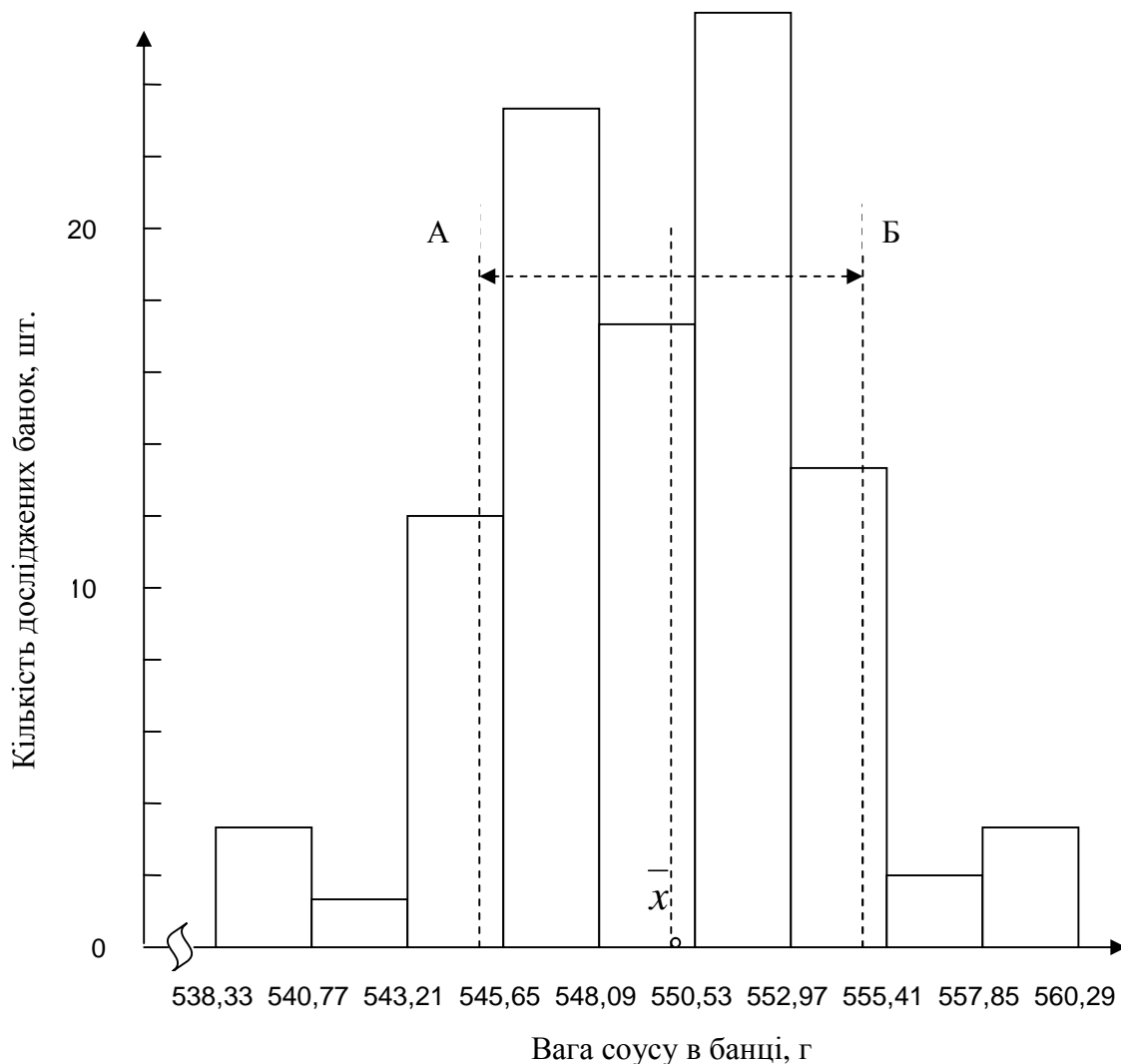


Рисунок 3.5 – Гістограма розподілу 100 перевірених одиниць продукції (банок з соусом) за місткістю

Гістограма широко використовується для складання по підприємству або його підрозділах (цехах, відділах і т. д.) місячних звітів з якості.

Контрольна карта (рисунок 3.6) представляє собою графічний засіб оцінки певної ознаки якості, виміряні значення якої наносяться на графік по мірі отримання у часі. При побудові контрольних карт (як і графіків часових рядів) на осі абсцис відображається час вибірки, а на осі ординат – значення контрольованого параметра. Але на відміну від графіків часових рядів, контрольна карта зазвичай містить три горизонтальні лінії: центральній лінії, що відповідає середньому значенню ознаки якості, і двох ліній, що мають назви меж регулювання: верхньої (ВМР; англ. UCL – upper control limit) та нижньої (НМР; англ. LCL – lower control limit).

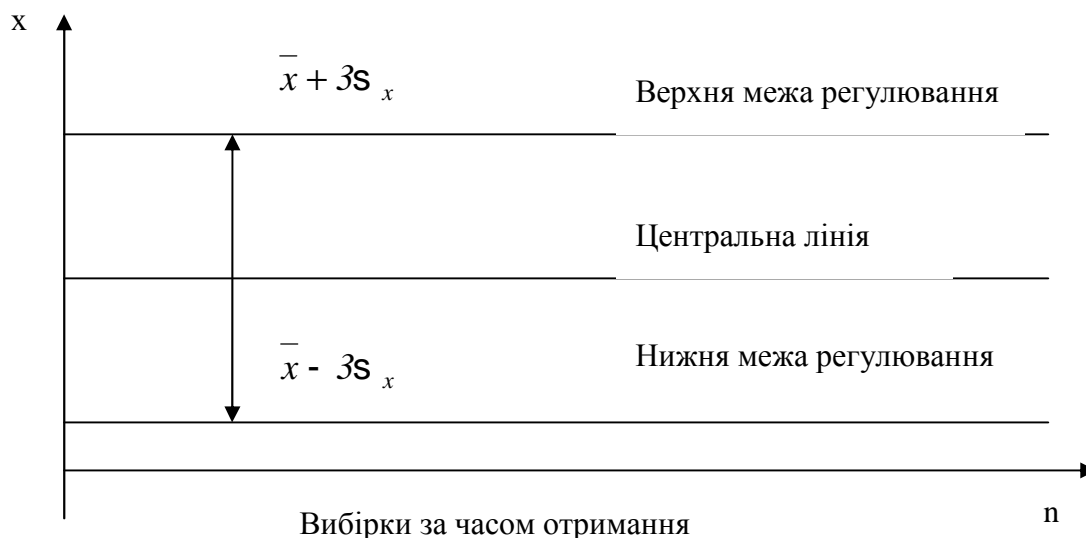


Рисунок 3.6 – Схема контрольної карти Шугарта

Слід зауважити, що межі регулювання ні в якій мірі не співвідносяться із межами допуску, що встановлюються при проектуванні виробу чи розробці послуги. Останні характеризують відповідність вимогам споживачів окремих одиниць створеного продукту. Це зовсім інші характеристики і недоцільно наносити їх на один графік. У найгіршому випадку така помилка приведе до руйнування системи статистичного управління процесами, у кращому – ускладнить інтерпретацію контрольних карт. Процес може бути під впливом особливих причин, тобто розподіл значень його ознак є непередбачуваним, але останні можуть знаходитись в межах допуску. Через деякий час такий процес приведе до створення невідповідної продукції, якщо дію особливих причин варіації не буде усунено. Коли ж процес є стабільним, можна очікувати, що він матиме такі самі параметри варіації і в майбутньому. І навіть якщо в поточний час створюється продукція, котра не відповідає вимогам допусків, завдяки певним коригувальним діям можна зробити так, щоб виготовлена продукція відповідала вимогам.

Доки на процес впливають лише випадкові причини варіації, майже всі значення вибірових статистичних показників ознаки якості, що наносять на карту, знаходяться між ними (рисунок 3.7 а). При цьому вважається, що процес знаходиться у стані статистичного управління або є стабільним.

У випадку коли точка, яка відповідає певному вибіровому спостереженню, буде знаходитися по за межами регулювання (рисунок 3.7 б), існує підстава вважати, що процес вийшов із стану стабільності – не знаходиться у стані статистичного контролю. У цьому випадку слід вжити коригувальних дій і провести поглиблений аналіз ситуації з метою визначення причин та їх наступного усунення.

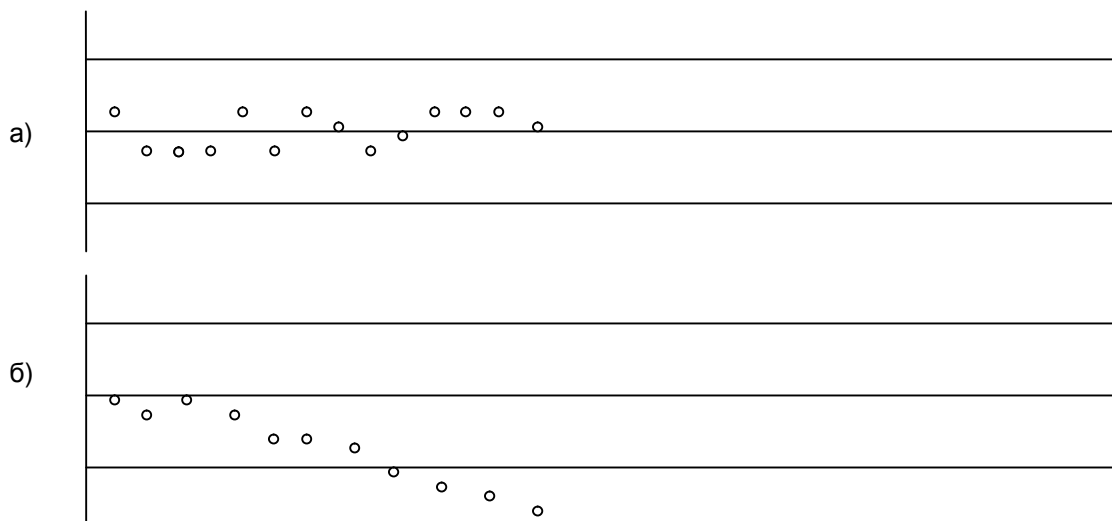


Рисунок 3.7 – Контрольна мапа: а) процес під контролем, б) процес вийшов з-під контролю

Найпростішим методом визначення наявності залежності однієї ознаки від іншої є діаграма розсіювання. Цей графічний метод реалізується наступним чином [13, с. 282]: з двох сукупностей, залежність між якими є предметом дослідження, вибирають певну кількість парних даних; по осі абсцис відкладають значення факторної ознаки, що здійснює вплив на результативну ознаку; по осі ординат відкладають, відповідні значенням факторної ознаки, значення результативної (залежної) ознаки; вивчають взаємне розташування точок на діаграмі і за його формою роблять висновок стосовно наявності залежності та її виду. Так, на рисунку 3.8 простежується пряма кореляція (залежність).

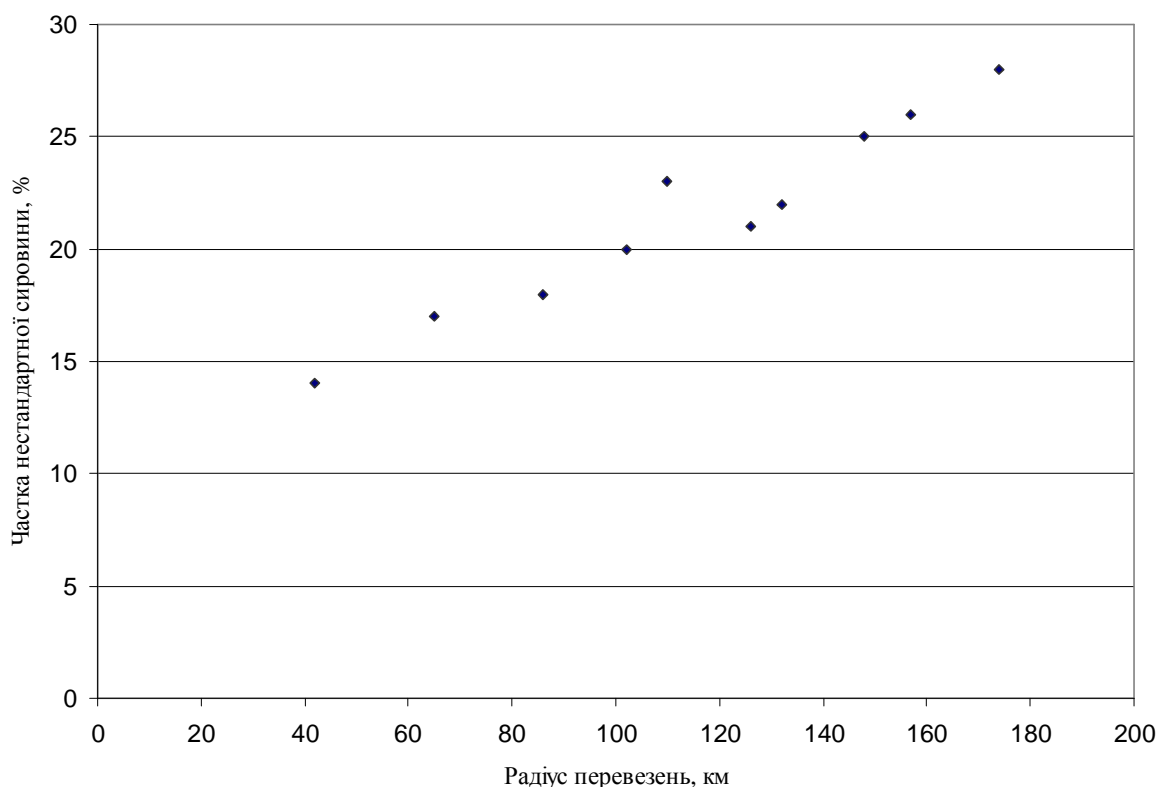


Рисунок 3.8 – Залежність якості овочевої сировини від дальності перевезень

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

- 1) виконавцями: статтю, стажем, кваліфікацією і т. д.;
- 2) устаткуванням: термінами введення в експлуатацію, вартістю, маркою, виробником і т. д.;
- 3) сировиною: за якістю сировини, місцем виробництва, виробниками, термінами постачання й ін.;
- 4) способами виробництва: технологією виготовлення, місцем виробництва, режимом, температурою і т. д.

Коробчастий графік (англ. „box and whiskers plot”) або графік „ящик з вусами” дозволяє одночасно оцінювати такі важливі характеристики ознак як розшарування або центральна тенденція розподілу значень, варіація, відхилення від симетричності та виявлення значень, що є відмінними від переважної більшості елементів сукупності. Графік складається з прямокутника („ящика”), котрий вміщує 50% значень досліджуваної сукупності, та двох ліній – „хвостів” або „вус”, які продовжуються по обидві сторони до найбільшого та найменшого значення ознаки в цій сукупності. Нижня межа „ящика” має назву „нижній кuartиль” і встановлюється на величині, менше якої знаходиться 25% усіх спостережень, а верхня (верхній кuartиль) – на величині, більше якої знаходиться 25% останніх спостережень. Відстань між ними називається кuartильним

розмахом [35, с. 66]. Чим більшою є довжина тіла графіку, тобто квартильний розмах, тим більшою є варіація ознаки якості в досліджуваній сукупності. Відстань між кінчиками „вус” відповідає розмаху варіації. На „ящику” також розташовується поперечна риска, яка показує значення медіани, та точка, яка характеризує середню величину. Через це можна оцінити симетрію розподілу значень. Використання даного графіка є особливо корисним при порівнянні кількох сукупностей.

3.4.2 Питання для самоперевірки

1. Які переваги графічного методу подання інформації у сфері управління якістю можна відмітити?
2. Назвіть етапи побудови діаграми Парето.
3. У яких випадках доцільно використовувати діаграму Ісікави?
4. Які особливості має побудова гістограм?
5. У чому полягають причини появи контрольних мап Шухарта?
6. Призначення графіків розсіювання і розшарування.
7. Застосування графіків часових рядів.
8. Послідовність і правила побудови коробчастого графіка.

3.4.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Використання графіків у менеджменті якості.
2. Критерії ефективності контрольних мап.
3. Економічні особливості застосування контрольних мап.
4. Приклади контрольних мап та їх інтерпретація.

3.5 Розподіли ознак якості

3.5.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: випадкова величина, закон розподілу, біноміальний розподіл, розподіл Пуасона, нормальний розподіл, експоненційний розподіл, розподіл Стьюдента, розподіл Пірсона, розподіл Фішера–Снедекора

Значення, яких може набувати ознака якості в кожному конкретному випадку визначаються впливом значної кількості чинників. Їх дія призводить до набуття ознакою значень у певному діапазоні. Функція, що означена на просторі всіх можливих наслідків випадкового випробування й приймає дійсні значення, називається випадковою величиною.

Якщо всі можливі наслідки – зчисленна (скінченна) множина, то випадкова величина є дискретною, у протилежному випадку – містить неперервну складову.

Випадкові величини можуть бути задані законом розподілу, тобто переліком значень з відповідними ймовірностями появи цих значень. Кожний закон розподілу являє собою певну функцію і значення цієї функції дає можливість повністю охарактеризувати випадкову величину.

На практиці, як правило, не виникає потреби детальної характеристики випадкової величини; достатньо зазначити окремі числові параметри, що характеризують істотні риси закону розподілу, тобто числові характеристики випадкової величини. Такими найважливішими числовими характеристиками випадкових величин є середня і дисперсія.

Закони розподілу дискретних величин [13, с. 44–54]

Біноміальний розподіл

У випадку, коли наслідками випробувань є лише два взаємовиключних результати (схема Бернуллі): успіх та невдача, ймовірність кожного з яких є постійною (p і $q = 1 - p$, відповідно), то випадкова величина X – число успіхів серед n незалежних випробувань, має біноміальний закон розподілу.

Ймовірність (P) того, що $X = k$ (k успіхів) визначається:

$$P(X = k) = \frac{n!}{k!(n - k)!} p^k q^{n-k}.$$

Математичне очікування (середнє значення \bar{x}) і дисперсія (s^2) величини, що має біноміальний закон розподілу:

$$\bar{x} = np,$$

$$s^2 = npq.$$

Розподіл Пуасона

Якщо кількість подій n є достатньо великою і ймовірність появи певного результату як наслідку окремої події є незначною ($np \approx \bar{x}$), а ймовірність того, що випадкова величина набудатиме значень $k = 0; 1; 2; \dots$:

$$P(k) = \frac{\bar{x}^k}{k!} e^{-\bar{x}}$$

має назву розподілу Пуасона з параметром \bar{x} .

Дисперсія випадкової величини, розподіленої за цим законом, дорівнює середній:

$$s^2 = \bar{x}.$$

Закони розподілу неперервних величин

Нормальний закон розподілу

Це найпоширеніший теоретичний розподіл, який найбільше використовують для характеристики ознак якості. На ньому ґрунтується переважна більшість сучасних статистичних методів управління якістю. Зокрема, при виготовленні виробу на його кінцеві параметри впливає значна

кількість чинників, особливості яких у загальному обсязі нівелюють вплив один одного, і як результат, сума підлягає закону близькому до нормального.

Для нормального розподілу функція щільності ймовірності має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2p}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}.$$

Функція розподілу визначається як:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} dx.$$

Ввівши заміну

$$t = \frac{x - \bar{x}}{s},$$

отримують, так званий, нормований нормальний розподіл, що має параметри $\bar{x} = 0$ і $s = 1$. Визначення значення ймовірності функції нормованого розподілу здійснюється через спеціальну функцію, для якої можливо визначити інтеграл, і яка називається функцією Лапласа (її значення встановлюють за спеціальними таблицями). Значення функції Лапласа знаходиться наступним чином:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2s}} dt.$$

Функція розподілу величини X з нормальним розподілом і параметрами \bar{x} та s може бути виражена через нормовану функцію нормального розподілу

$$F(x) = f(t) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{\frac{x - \bar{x}}{s}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Ймовірність випадкової величини з нормальним розподілом і довільними параметрами потрапити в інтервал від a до b може бути визначена через нормовану функцію нормального розподілу:

$$P(a < X < b) = \frac{1}{s} \int_{\frac{a - \bar{x}}{s}}^{\frac{b - \bar{x}}{s}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Експоненційний розподіл

Випадкова величина із функцією щільності ймовірності

$$f(x) = l e^{-lx}, \quad x > 0$$

і функцією розподілу

$$F(x) = 1 - e^{-lx}$$

називається розподіленою за експоненційним законом.

Середнє значення і дисперсія величини з а цим розподілом:

$$\bar{x} = \frac{1}{l},$$

$$s^2 = \frac{1}{l^2},$$

а отже середнє квадратичне відхилення

$$s = \frac{1}{l}.$$

Якщо випадкова величина визначається як час безвідмовної роботи пристрою (на практиці досить часто час безвідмовної роботи певного пристрою має експоненційний розподіл), то у випадку експоненційного розподілу за час t :

$$R(t) = e^{-lt}.$$

Параметр розподілу l – інтенсивність відмов у роботі за одиницю часу.

Закони розподілу похідні від нормального (утворюються на основі нормального розподілу)

Розподіл Стюдента

Якщо з сукупності із нормальним розподілом з параметрами \bar{x} і s узяти вибірки обсягом n одиниць, то середні значення вибірок \bar{X} матимуть нормальний розподіл із середнім значенням \bar{x} і дисперсією s / \sqrt{n} .

Обчислена величина

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{x}}{s} \sqrt{n}$$

матиме розподіл Стюдента з $n = n - 1$ степенями вільності.

При обсягах вибірок $n > 30$ розподіл апроксимується нормальним і це наближення стає тим більшим чим більше n . Величина за цим розподілом використовується як критерій для перевірки статистичних гіпотез.

Розподіл χ^2 (хі-квадрат) або розподіл Пірсона

Якщо існує сукупність величин X_i ($i = 1; 2; \dots; n$) із нормованими нормальними розподілами, то сума квадратів цих величин

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2$$

має розподіл за законом хі-квадрат (χ^2) з $k = n$ ступенями вільності.

Середнє значення і дисперсія величини за цим розподілом:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= k, \\ s^2 &= 2k. \end{aligned}$$

Розподіл Фішера–Снедекора (F – розподіл)

Нехай існує певна ознака, підпорядкована нормальному закону розподілу з дисперсією (середнім квадратом відхилень) s^2 . Здійснюються всі можливі вибірки обсягу n_1 і для них визначаються дисперсії s_1^2 . Далі здійснюються всі можливі вибірки обсягу n_2 і для них визначаються дисперсії s_2^2 . Визначаються всі можливі попарні відношення

$$\frac{s_1^2}{s_2^2}.$$

З цих відношень отримують розподіл частот, що і буде F-розподілом.

Функція щільності ймовірностей F-розподілу визначається двома параметрами – числом ступенів вільності. F-розподіл відіграє важливу роль при статистичній перевірці гіпотез та порівнянні дисперсій.

3.5.2 Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення ймовірності певної події.
2. Розкрийте особливості біноміального закону розподілу.
3. Розкрийте особливості закону розподілу Пуасона.
4. Які основні властивості нормального закону розподілу і у чому полягає його значення для практичних застосувань статистики якості?
5. Які закони розподілу є похідними від нормального і де вони застосовуються?

6. Наведіть приклади практичних застосувань законів розподілу випадкових величин у статистиці якості.

3.5.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Використання теоретичних розподілів для характеристики ознак якості.
2. Визначення ймовірності появи у партії певного числа невідповідних виробів та ймовірності появи в окремому виробі певної кількості невідповідностей.
3. Нормальний закон розподілу як основа сучасних статистичних методів управління якістю.
4. Використання експоненційного розподілу при дослідженні часу безвідмовної роботи пристроїв.

3.6 Статистична перевірка гіпотез

3.6.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: статистична гіпотеза, нульова гіпотеза, альтернативна гіпотеза, рівень значущості, критерій, емпіричне значення критерію, критичні точки критерію

Статистична гіпотеза – це певне припущення щодо властивостей генеральної сукупності, яке перевіряють за даними вибіркового спостереження. Як правило, це гіпотеза про характеристики ознаки якості та про параметри відомого розподілу.

Гіпотеза, яку належить перевірити, формулюється як відсутність розбіжностей між параметром генеральної сукупності C і заданою величиною a , називається нульовою і записується:

$$H_0 : C = a.$$

Кожній нульовій гіпотезі H_0 висувається альтернативна гіпотеза H_1 (або H_a), що вступає у протиріччя з H_0 . Залежно від виду і вагомості відхилень вона може бути сформульована як:

$$H_1 : C > a,$$

$$H_1 : C < a,$$

$$H_1 : C \neq a.$$

У результаті перевірки гіпотези можуть бути припущені помилки двох видів. Помилка першого роду (виду) полягає в тому, що буде відкинута правильна гіпотеза H_0 . Ймовірність помилки першого роду називають рівнем значущості (істиності) і позначають α . Помилка другого роду полягає в тому, що буде прийнята невірна гіпотеза, тобто прийнята H_0 , коли насправді вірною є альтернативна H_1 . Її ймовірність позначається γ .

Правило, за яким статистична гіпотеза H_0 відхиляється або не відхиляється, називається статистичним критерієм. В якості його виступає певна випадкова величина K , яка застосовується для перевірки гіпотези, і закон розподілу якої відомий.

Емпіричним значенням $K_{\text{спост}}$ наз. те значення критерію, що обчислюється по вибірці.

Областю прийняття гіпотези (областю допустимих значень) наз. сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу H_0 приймають.

Критичною областю наз. сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають.

Загальний принцип перевірки статистичних гіпотез: якщо спостережуване значення критерію належить критичній області, то нульову гіпотезу H_0 відкидають і приймають альтернативну гіпотезу H_1 ; якщо значення критерію, що отримане на основі вибірових даних, належить області прийняття гіпотези, то приймають нульову гіпотезу H_0 .

Результати перевірки статистичної гіпотези приймаються як такі, що відповідають дійсності, лише з певною ймовірністю, так як у будь-якому випадку залишається можливість помилки, яка виявляється при проведенні досліджень.

Критичні точки $K_{\text{кр}}$ – це ті значення критерію, що відділяють критичну область від області прийняття гіпотези.

Критичні області бувають: правостороння ($K > K_{\text{кр}}$); лівостороння ($K < K_{\text{кр}}$); двостороння ($K < K_1, K > K_2$); якщо симетрично 0, то $K < -K_{\text{кр}}, K > K_{\text{кр}}$.

Перевірка гіпотез про рівність дисперсій [13, с. 57–70]

Порівняння дисперсій двох генеральних сукупностей, розподілених за нормальним законом

Потреба у такій перевірці виникає коли необхідно співставити два методи вимірювання, точність роботи двох видів обладнання, оцінити однорідність двох сукупностей тощо.

Нехай з двох генеральних сукупностей отримані вибірки обсягом n_1 і n_2 , для кожної з яких визначена зкоригована (незміщена) вибірова дисперсія s_1^2 та s_2^2 , відповідно. Потрібно порівняти дисперсії цих сукупностей, тобто перевірити гіпотезу:

$$H_0 : s_1^2 = s_2^2,$$

$$H_1 : s_1^2 \neq s_2^2$$

при рівні значущості α .

Для цього необхідно розрахувати $F_{\text{спост}}$ – емпіричне значення критерію як відношення більшої дисперсії до меншої. Після чого за таблицею критичних точок розподілу Фішера–Снедекора для рівня значущості α і числа ступенів вільності $k_1 = n_1 - 1, k_2 = n_2 - 1$ (де значення k_1 беремо для більшої дисперсії) знайти критичну точку $F_{\text{кр}}(\alpha, k_1, k_2)$ і порівняти

спостережуване і критичне значення критерію. Якщо $F_{\text{спост}} > F_{\text{кр}}$, тоді відкидаємо H_0 , якщо $F_{\text{спост}} < F_{\text{кр}}$ – приймаємо H_0 .

Перевірка гіпотез про рівність середніх

Порівняння середньої генеральної сукупності з її очікуваним значенням

Виготовлена продукція повинна відповідати вимогам стандартів, виробничим специфікаціям. Кількісною характеристикою міри такої відповідності виступають результати перевірки гіпотези про рівність середнього значення досліджуваної сукупності певному очікуваному чи передбаченому стандартом значенню.

Якщо дисперсія генеральної сукупності є відомою, для того щоб перевірити гіпотезу про рівність середньої величини гіпотетичній генеральній середній:

$$H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_0,$$

$$H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_0,$$

де \bar{X}_1 – невідома середня з сукупності із відомою дисперсією;
 \bar{X}_0 – гіпотетичне значення середньої цієї сукупності,

потрібно знайти емпіричне (спостережуване) значення критерію

$$t_0 = \frac{(\bar{x} - \bar{X}_0)\sqrt{n}}{s}$$

і з таблиці функції Лапласа знайти критичну точку $K_{\text{кр}}$ з рівняння

$$f(K_{\text{кр}}) = \frac{1 - \alpha}{2}.$$

У тому випадку, якщо $|t_0| > K_{\text{кр}}$ – відкидаємо H_0 . У протилежному випадку $|t_0| < K_{\text{кр}}$ – приймаємо H_0 за визначеного рівня значущості α .

У тому випадку, коли дисперсія генеральної сукупності є невідомою, для того, щоб перевірити гіпотезу про рівність невідомої генеральної середньої гіпотетичній середній, потрібно використати критерій Стюдента виду

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{X}_0)\sqrt{n}}{s_v}$$

з $k = n - 1$ степенями вільності, де s_v – незміщене вибіркове середнє квадратичне відхилення.

Розрахункове значення критерію порівнюється з критичним, що встановлюється за спеціальними таблицями у залежності від рівня значущості α та числа ступенів вільності $k = n - 1$.

Порівняння середніх значень двох сукупностей

На виробництві часто виникають ситуації, коли потрібно порівняти між собою якість отриманої від різних постачальників сировини, якість виготовленої за різних умов продукції, роботу обладнання і т.п. Для проведення такого порівняння доцільно провести перевірку гіпотези про рівність середніх двох сукупностей. Порівняння виконується на основі визначених з вибірки значень середніх.

Перед проведенням порівняння двох середніх величин необхідно перевірити гіпотезу про рівність дисперсій.

Коли гіпотеза про рівність дисперсій вибіркових сукупностей підтверджується, для перевірки гіпотези про рівність середніх двох сукупностей

$$H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2,$$

$$H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

використовується критерій Стьюдента

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} s_y^2}$$

з $n = n_1 + n_2 - 2$ ступенями вільності на рівні значущості α , де n_1 , n_2 – обсяг першої та другої вибіркової сукупності, відповідно.

У критерії використовується узагальнена дисперсія s_y^2 , яку визначають на основі вибіркових дисперсій s_1^2 , s_2^2 першої та другої сукупності:

$$s_y^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}.$$

Нульову гіпотезу H_0 про рівність вибіркових середніх відкидаємо, якщо абсолютне спостережуване значення критерію $|t|$ перевищує критичне значення $t_{\alpha/2, n}$, тобто $|t| > t_{\alpha/2, n}$.

Для порівняння середніх двох сукупностей, дисперсії яких є істотно відмінними потрібно використовувати критерій

$$t_n = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}},$$

який має t-розподіл Стюдента із

$$n = \frac{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1+1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2+1}} - 2$$

ступенями вільності.

Перевірка гіпотез про частку сукупності

Порівняння спостережуваної частки з гіпотетичною часткою в сукупності

Для кількісної характеристики відповідності частоти появи певної події визначеному значенню доцільно скористатися гіпотезою про порівняння спостережуваної та стандартної частоти появи події.

Нехай маємо n незалежних дослідів, ймовірність появи події V в яких є постійною, але невідомою. Для цієї сукупності знайдена відносна частота числа певних подій m у загальній кількості n одиниць. Потрібно перевірити

гіпотезу, що вибіркова частота $v = \frac{m}{n}$ дорівнює гіпотетичній частоті v_0 , тобто:

$$H_0 : v = v_0,$$

$$H_1 : v \neq v_0.$$

де v_0 – гіпотетична частота.

Для перевірки цієї гіпотези при визначеному рівні значущості α потрібно обчислити значення критерію:

$$K_{\text{снот}} = \frac{\frac{m}{n} - v_0}{\sqrt{v_0(1-v_0)}}$$

і з таблиці функції Лапласа знайти критичну точку $K_{\text{кр}}$ з урахуванням

$$f(K_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2}.$$

Якщо $|K_{спост}| > K_{кр}$ – відкидаємо H_0 , $|K_{спост}| < K_{кр}$ – приймаємо H_0 .

3.6.2 Питання для самоперевірки

1. Що таке статистична гіпотеза про характеристики ознаки якості та про параметри відомого розподілу?
2. Поняття нульової та конкуруючої (альтернативної) гіпотез.
3. Можливі помилки у результаті перевірки гіпотез.
4. Критерії статистичної перевірки гіпотез.
5. Сформулюйте загальний принцип перевірки статистичних гіпотез.

3.6.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Приклади перевірки точності устаткування, вимірювальних приладів або стабільності технологічних процесів шляхом перевірки гіпотези про рівність генеральної дисперсії досліджуваної сукупності певному очікуваному значенню на основі вибіркової дисперсії.
2. Приклади порівняння точності роботи двох видів обладнання, двох методів вимірювання і т. п. шляхом перевірки гіпотези про рівність двох дисперсій генеральних сукупностей, розподілених за нормальним законом.
3. Приклади перевірки гіпотези про рівність середньої генеральної сукупності з її очікуваним значенням як обґрунтування відповідності виготовленої продукції вимогам стандартів, виробничим специфікаціям.
4. Приклади порівняння якості отриманих від різних постачальників товарів, якості виготовленої за різних умов продукції, роботи обладнання і т. ін. на основі перевірки гіпотези про рівність середніх значень двох сукупностей, дисперсії яких однакові та дисперсії яких суттєво відрізняються.
5. Прийняття рішення товарознавцем магазину про прийняття партії товарів за певної частки бракованих одиниць товару на основі порівняння емпіричної (спостережуваної) частки з гіпотетичною часткою в сукупності.

3.7 Визначення залежностей між ознаками якості

3.7.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: взаємозв'язок, фактор, результативна ознака, статистичні методи вивчення взаємозв'язків, регресійна модель, адекватна модель, точність моделі, кореляційне відношення, щільність зв'язку, істотний зв'язок

Для ефективного вдосконалення якості важливим є встановлення наявності залежності певної ознаки якості від впливу різноманітних факторів, а також кількісна характеристика ступеня і виду цієї залежності.

Види зв'язків суспільних явищ та статистичні методи вивчення взаємозв'язків можна повторити з курсу теорії статистики, наприклад, за [40, с. 134–146].

Дослідження кореляційного зв'язку відбувається у чотири етапи:

- 1) теоретичне обґрунтування моделі;
- 2) визначення параметрів моделі;
- 3) оцінювання тісноти (щільності) взаємозв'язку між ознаками;
- 4) перевірка істотності зв'язку.

Для вибору функціонального виду парної моделі регресії, тобто з урахуванням лише однієї факторної ознаки, використовують діаграму розсіювання (див. п. 3.4 даних методичних вказівок), аналітичні групування [36, с. 80–86], теоретичне обґрунтування. Але в економічних і, часто, технологічних явищах залежність одного показника від інших не завжди є однозначною. Тому доцільніше математично оцінювати адекватність ряду моделей регресії реальності та обирати найточнішу серед адекватних моделей для подальшого дослідження. Оскільки повної відповідності моделі реальному процесу або об'єкту бути не може, адекватність – певною мірою умовне поняття. При моделюванні мається на увазі не адекватність взагалі, а за тими властивостями моделі, котрі вважаються істотними для дослідження [10, с. 198].

Параметри моделей парної і множинної регресії визначаються на основі методу найменших квадратів (МНК). Геометрична інтерпретація МНК: параметри моделі повинні бути такими, щоб теоретична крива проходила у максимальній близькості до емпіричної. Математичне формулювання МНК: сума квадратів відхилень між теоретичними й емпіричними значеннями результативної ознаки повинна бути мінімальною, т. б.

$$\hat{a} (y_t - Y_t)^2 = \min,$$

де y_t – емпіричні значення результативної ознаки, що перебуває під впливом інших (факторних) ознак, отримані у ході спостереження, $t = 1; n$;

Y_t – теоретичні (розрахункові) значення результативної ознаки (розрахункові значення одержують підстановкою в модель фактичних значень усіх включених у модель факторів);

n – число спостережень.

Наприклад, однофакторна лінійна модель у загальному вигляді може бути представлена як

$$Y_t = b_0 + b_1 x_t,$$

де x_t – емпіричні (фактичні) значення факторної ознаки x , отримані в ході спостереження;

b_0, b_1 – параметри моделі, що можуть бути встановлені на основі МНК у результаті розв’язання наступної системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} n \times b_0 + b_1 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_t = \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} y_t, \\ b_0 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_t + b_1 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_t^2 = \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_t \times y_t. \end{cases}$$

Параметр b_1 наз. коефіцієнтом регресії і показує на скільки одиниць власного вимірювання зміниться значення результативної ознаки у при зміні значення факторної ознаки x на одиницю її вимірювання. Параметр b_0 – це значення y при $x=0$, а якщо факторна ознака x не набуває нульового значення, то параметр b_0 економічно не інтерпретується і як вільний член рівняння регресії відіграє у ньому лише розрахункову роль.

Врахувати одночасно вплив двох факторів на результативну ознаку можна описавши взаємозв’язок між ними, наприклад, двофакторною лінійною моделлю:

$$Y_t = b_0 + b_1 \times x_{1t} + b_2 \times x_{2t},$$

де x_{1t}, x_{2t} – фактичні значення факторних ознак x_1 та x_2 ;

b_0, b_1, b_2 – параметри моделі, які можна визначити, розв’язавши наступну систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} n \times b_0 + b_1 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t} + b_2 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{2t} = \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} y_t, \\ b_0 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t} + b_1 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t}^2 + b_2 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t} \times x_{2t} = \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t} \times y_t, \\ b_0 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{2t} + b_1 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{1t} \times x_{2t} + b_2 \times \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{2t}^2 = \overset{n}{\underset{t=1}{\overset{\circ}{\mathbf{a}}}} x_{2t} \times y_t. \end{cases}$$

Тут параметр b_1 показує на скільки одиниць власного вимірювання зміниться значення результативної ознаки у при зміні значення факторної ознаки x_1 на одиницю її вимірювання при незмінному значенні факторної ознаки x_2 і т. д.

Модель Y_t побудована на основі матеріалів спостереження y_t вважається адекватною, якщо для залишкової компоненти $e_t = y_t - Y_t$ ($t = \overline{1; n}$) виконуються властивості випадкової компоненти:

- 1) випадковість коливань рівнів залишкової послідовності;
- 2) відповідність розподілу випадкової компоненти нормальному закону розподілу;
- 3) рівність математичного очікування випадкової компоненти нулю;
- 4) незалежність значень рівнів випадкової компоненти.

Перевірка вищезазначених властивостей залишкової послідовності виконується наступним чином.

Перевірка випадковості коливань рівнів залишкової послідовності означає перевірку гіпотези про правильність вибору виду моделі. Для перевірки можна скористатися одним з непараметричних критеріїв: критерієм серій (з використанням медіани вибірки) або критерієм піків (поворотних точок).

При застосуванні критерію серій ряд з величин e_t розташовують за зростанням (зменшенням) їх значень і встановлюють медіану e_m , тобто серединне значення, якщо n – непарне число, або середню арифметичну з двох серединних значень при n парному. Повернувшись до початкової послідовності e_t і порівнюючи значення цієї послідовності з e_m , ставлять знак „плюс”, коли $e_t > e_m$, і знак „мінус”, коли $e_t < e_m$; у випадку рівності $e_t = e_m$ відповідне значення e_t не розглядається. Таким чином, отримують послідовність, що складається з плюсів і мінусів, загальна кількість яких не перевищує n . Послідовність плюсів або мінусом, що йдуть підряд, називається серією. Для того, щоб послідовність e_t була випадковою вибіркою, розмір найдовшої серії (K_{max}) не повинен бути занадто великим, а загальне число серій (n) – дуже малим, тобто для 5%-го рівня значущості а повинні виконуватися наступні нерівності:

$$K_{max} < [3,3(\lg n + 1)]; \quad (26)$$

$$n > \frac{e_1}{e_2} (n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1}) \quad (27)$$

де квадратні дужки означають цілу частину числа.

Якщо хоча б одна з цих нерівностей не виконується, то гіпотеза про випадковий характер відхилень емпіричних значень результативної ознаки від теоретичних відхиляється і, як наслідок, модель визнається неадекватною.

Альтернативним критерієм для даної перевірки є критерій піків (поворотних точок). Рівень послідовності e_t вважається максимумом, коли він більший за два сусідні рівні, тобто $e_{t-1} < e_t > e_{t+1}$, і мінімумом, коли він менший за обидва сусідні рівні, тобто $e_{t-1} > e_t < e_{t+1}$. В обох випадках e_t вважається поворотною точкою; загальна кількість поворотних точок для залишкової послідовності позначається p .

Критерієм випадковості з 5%-вим рівнем значущості, тобто з довірчою імовірністю 95%, є виконання нерівності

$$p > \left[p - 1,96\sqrt{s_p^2} \right] \quad (28)$$

де квадратні дужки, як і раніше, означають цілу частину числа;

\bar{p} – математичне очікування кількості точок повороту $\bar{p} = \frac{2}{3}(n - 2)$;

s_p^2 – дисперсія числа точок повороту $s_p^2 = \frac{16n - 29}{90}$;

Якщо нерівність (28) не виконується, модель вважається неадекватною.

Перевірка відповідності розподілу випадкової компоненти нормальному закону розподілу може бути виконана лише наближено шляхом дослідження показників асиметрії (g_1) та ексцесу (g_2), оскільки кількість спостережень, як правило, не дуже велика. При нормальному розподілі показники асиметрії й ексцесу генеральної сукупності рівні нулю. Припускається, що відхилення e_t являють собою вибірку з генеральної сукупності, отже можна визначити лише вибіркові характеристики асиметрії й ексцесу та їх помилки:

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^3}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}}; \quad (29)$$

$$s_{g_1} = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}}; \quad (30)$$

$$g_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^4}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} - 3; \quad (31)$$

$$s_{g_2} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}; \quad (32)$$

де g_1 – вибіркова характеристика асиметрії;

g_2 – вибіркова характеристика ексцесу;

s_{g_1} , s_{g_2} – відповідні середні квадратичні (стандартні) помилки.

Якщо одночасно виконуються наступні нерівності (33):

$$|g_1| < 1,5s_{g_1}; \quad \left| g_2 + \frac{6}{n+1} \right| < 1,5s_{g_2}, \quad (33)$$

то гіпотеза про нормальний характер розподілу випадкової компоненти приймається.

Якщо виконується хоча б одна з нерівностей (34):

$$|g_1|^3 \geq 2s_{g_1}; \quad \left| g_2 + \frac{6}{n+1} \right|^3 \geq 2s_{g_2}, \quad (34)$$

то гіпотеза про нормальний характер розподілу відхиляється, модель визнається неадекватною. Інші випадки потребують додаткової перевірки за допомогою більш складних критеріїв.

Перевірка рівності математичного очікування випадкової компоненти нулю, якщо вона розподілена за нормальним законом, здійснюється на основі t -критерію (критерію Стьюдента). Його розрахункове значення визначається за формулою (35):

$$t = \frac{\bar{e} - 0}{s_e} \sqrt{n}, \quad (35)$$

де \bar{e} – середнє арифметичне значення рівнів залишкової послідовності e_t

$$\bar{e} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n};$$

s_e – стандартне (середнє квадратичне) відхилення для цієї послідовності

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2}{n}}$$

Якщо розрахункове значення t менше за табличне значення t_a статистики Стьюдента із заданим рівнем значущості α та числом ступенів вільності $n-1$ (див., наприклад, таблицю А.1 додатку А даних методичних вказівок), то гіпотеза про рівність нулю математичного очікування випадкової послідовності приймається; у протилежному випадку ця гіпотеза відхиляється і модель вважається неадекватною.

Перевірка незалежності значень рівнів випадкової компоненти може виконуватися за допомогою ряду критеріїв, найбільш поширеним з яких є d -

критерій (критерій Дарбіна–Уотсона). Розрахункове значення цього критерію обчислюється за формулою (36):

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}. \quad (36)$$

Слід зауважити, що розрахункове значення критерію Дарбіна–Уотсона в інтервалі від 2 до 4 свідчить про негативний зв'язок; у такому випадку його необхідно перетворити за формулою $d' = 4 - d$ і у подальшому використовувати значення d' .

Розрахункове значення критерію d (або d') порівнюється з верхнім d_2 та нижнім d_1 критичними значеннями статистики Дарбіна–Уотсона (див. таблицю А.2 додатку А), що встановлюються у залежності від кількості рівнів ряду динаміки n і числа параметрів моделі k , а також рівня значущості α .

Якщо розрахункове значення критерію d перевищує верхнє табличне значення d_2 , то гіпотеза про незалежність рівнів залишкової послідовності, тобто про відсутність в ній автокореляції, приймається. Якщо значення d менше за нижнє табличне значення d_1 , то ця гіпотеза відхиляється і модель неадекватна. Якщо значення d знаходиться між значеннями d_1 і d_2 , включаючи самі ці значення, то вважається, що немає достатніх підстав зробити той чи інший висновок і необхідні подальші дослідження, наприклад, для більшої кількості спостережень n .

Таким чином, висновок про адекватність моделі робиться, якщо усі вказані вище чотири перевірки властивостей залишкової послідовності дають позитивний результат.

Після чого серед адекватних моделей для практичного використання необхідно вибрати найточнішу. Точність моделі характеризується величиною відхилення виходу моделі від реального значення змодельованої змінної (досліджуваного показника). Для показника, представленого матеріалами спостереження, точність визначається як різниця між значенням фактичного рівня результативної ознаки та її відповідною оцінкою, одержаною розрахунковим шляхом з використанням моделі. При цьому у якості статистичних показників точності застосовуються наступні: середнє квадратичне відхилення (s_Y)

$$s_Y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - Y_t)^2}{n - k}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n - k}}, \quad (37)$$

середня відносна помилка апроксимації (\bar{e}_{vidn})

$$\bar{e}_{vidn} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - Y_t}{y_t} \right| \times 100\%, \quad (38)$$

коефіцієнт наближеності (j^2)

$$j^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - Y_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}, \quad (39)$$

коефіцієнт детермінації (R^2)

$$R^2 = 1 - j^2 \quad (40)$$

й інші показники.

У вищенаведених формулах n – число спостережень; k – кількість параметрів моделі; Y_t – оцінка результативної ознаки за моделлю (розрахункове значення досліджуваного показника); \bar{y} – середнє

арифметичне з емпіричних значень результативної ознаки $\bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}$.

Для наближеної оцінки прогнозних властивостей моделі доцільно використовувати, так званий, ретроспективний прогноз – підхід, що базується на виокремленні ділянки з числа рівнів заданого ряду динаміки у кількості n_2 рівнів у якості перевіркової, а саму модель у такому разі необхідно будувати за першими точками, число яких становитиме $n_1 = n - n_2$. Тоді для розрахунку показників точності моделі за ретроспективним прогнозом застосовуються ті ж формули, проте підсумовування у них здійснюється не по всіх спостереженнях, а лише по останніх n_2 спостереженнях. Зокрема, формула для середнього квадратичного відхилення матиме наступний вигляд:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{t=n_1+1}^n (y_t - Y_t)^2}{n_2 - k}},$$

де Y_t – значення рівнів ряду за моделлю побудованою для перших рівнів.

Точковий прогноз Y_{n+L} на L кроків (часових проміжків, дат) вперед отримують шляхом підстановки у найточнішу з адекватних моделей $t = n + 1$, $t = n + 2$ і т.д. (період упередження обмежується базою прогнозування). Для прогнозування залежної змінної (результативної ознаки) на L кроків вперед необхідно знати прогнозні значення усіх факторів врахованих у даній моделі. Ці значення можуть бути одержані на основі екстраполяційних методів, наприклад, з використанням середніх абсолютних приростів факторних ознак; або методами експертних оцінок; або безпосередньо заданими дослідником процесу. Прогнозні значення факторів підставляють у модель і одержують точкові прогнозні оцінки показника, що вивчається.

Множина можливих значень результативної ознаки при відомих значеннях факторів, тобто довірчий інтервал прогнозу, що гарантується з імовірністю $1 - \alpha$, встановлюється наступним чином:

$$Y_{n+L} \pm s_y K, \quad (41)$$

де коефіцієнт K – це добуток табличного значення критерію Стьюдента t_α на корінь квадратний з виразу, що має різний вигляд для різних моделей і забезпечує розширення довірчого „коридору” по мірі віддалення від бази прогнозування. Так, наприклад, для лінійної моделі

$$K = t_\alpha \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{3(n + 2L - 1)^2}{n(n^2 - 1)}}.$$

У зв'язку з тим, що у навчальних завданнях, як правило, є заданою невелика кількість спостережень i , як наслідок, рекомендується визначити прогнозні значення на 1–2 часові проміжки (дати) вперед, то допускається не урахування виразу під коренем при встановленні довірчого інтервалу прогнозу, тобто інтервальний прогноз визначається як $Y_{n+L} \pm s_y t_\alpha$.

У разі застосування моделі парної регресії для оцінки тісноти зв'язку між ознаками (див. таблицю 3.2) використовується теоретичне кореляційне відношення R , що є коренем квадратним з коефіцієнта детермінації R^2 :

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{\frac{s_y^2}{s_y^2}}, \quad (42)$$

$$0 \leq R \leq 1.$$

При цьому загальну дисперсію результативної ознаки s_y^2 можна розрахувати за формулами (11) або (13), що набудуть вигляду:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}{n}$$

або

$$s_y^2 = \frac{\sum_{t=1}^n y_t^2}{n} - \frac{\left(\sum_{t=1}^n y_t\right)^2}{n^2}$$

Факторна дисперсія s_Y^2 розраховується за формулою:

$$s_Y^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{y})^2}{n}, \quad (43)$$

а без розрахунку теоретичних значень результативної ознаки (Y_t) у разі роботи з лінійною моделлю може бути визначена наступним чином:

$$s_Y^2 = \frac{1}{n} \left(b_0 \sum_{t=1}^n y_t + b_1 \sum_{t=1}^n x_t \right)^2 - \bar{y}^2. \quad (44)$$

Крім того, коли зв'язок між ознаками y та x описується лінійною однофакторною моделлю, для оцінювання щільності та напряму зв'язку може бути використаний індекс кореляції r_{yx} :

$$r_{yx} = \frac{\overline{y \times x} - \bar{y} \times \bar{x}}{s_y \times s_x}, \quad (45)$$

де середні значення розраховуються за формулою (1), а стандартні відхилення результативної (s_y) та факторної (s_x) ознак – як корінь квадратний з відповідних дисперсій, кожна з яких м. б. обчислена за формулою (11) або (13).

$$-1 \leq r \leq 1,$$

$r \geq 0$ означає прямий зв'язок між ознаками y та x ($b_1 \geq 0$), а $r \leq 0$ або параметр $b_1 \leq 0$ – обернений зв'язок між ознаками y та x .

Якщо факторна ознака x та результативна y мають різні одиниці вимірювання, то для безпосередньої оцінки впливу фактору на результативну ознаку доцільно використовувати не коефіцієнт регресії b_1 , а коефіцієнт

еластичності ε_{Yx} , що показує, на скільки відсотків зміниться результативна ознака y при зміні факторної ознаки x на 1%, та бета-коефіцієнт b_{Yx} , що показує, на яку частину величини свого стандартного відхилення зміниться y середньому значення результативної ознаки при зміні факторної ознаки на величину її середньоквадратичного відхилення.

$$\dot{Y}_{Yx} = \frac{b_{Yx} \times \bar{x}}{y}, \quad (46)$$

$$b_{Yx} = \frac{b_{Yx} \times s_x}{s_y}. \quad (47)$$

Таблиця 3.2 – Встановлення тісноти зв'язку між ознаками залежно від значень відповідних характеристик

R, r , h	0	0,1–0,3	0,3–0,5	0,5–0,7	0,7–0,9	0,9–0,99	1
Сила зв'язку	зв'язок відсутній	слабкий зв'язок	помітний	помірний	тісний	вельми тісний	функціональний зв'язок

У разі використання лінійної моделі множинної регресії, оцінити тісноту зв'язку між кожним із факторів і результативною ознакою при фіксованому значенню іншого фактору можна за допомогою частинних коефіцієнтів кореляції. Так, для двохфакторної лінійної моделі коефіцієнт кореляції між результативною ознакою y і факторною ознакою x_1 при незмінному значенні факторної ознаки x_2 розраховується за формулою:

$$r_{Yx_1(x_2)} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \times r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) \times (1 - r_{x_1x_2}^2)}},$$

де використовуються попарні коефіцієнти (індекси) кореляції $r_{yx_1}, r_{x_1x_2}, r_{yx_2}$, що розраховуються за формулами, аналогічними (45) і відображають напрям та тісноту зв'язку між відповідними ознаками.

Частинний коефіцієнт кореляції між результативною ознакою y і факторною ознакою x_2 при незмінному значенні x_1 :

$$r_{Yx_2(x_1)} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \times r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \times (1 - r_{x_1x_2}^2)}}.$$

Якщо частинні коефіцієнти кореляції піднести до квадрату, то отримаємо частинні коефіцієнти детермінації $(r_{yx_1(x_2)}^2; r_{yx_2(x_1)}^2)$, що характеризують частку варіації результативної ознаки під дією одного із факторів при незмінному значенні іншого фактору.

У багатофакторних регресійних моделях тіснота зв'язку між результативною ознакою y і всіма врахованими в моделі факторами оцінюється за допомогою коефіцієнта множинної кореляції, який, наприклад, у випадку двохфакторної регресійної моделі має наступний вигляд:

$$R_{Yx_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2 \times r_{yx_1} \times r_{yx_2} \times r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}$$

і чим ближче його значення до одиниці, тим більшою мірою у моделі враховані фактори, що здійснюють вплив на результативну ознаку.

$R_{Yx_1x_2}^2$ – сукупний коефіцієнт детермінації, що показує питому вагу варіації результативної ознаки під дією досліджуваних факторних ознак.

Вплив окремих факторів у багатофакторних моделях може бути охарактеризований за допомогою частинних коефіцієнтів еластичності, які у випадку лінійної моделі розраховуються за формулами аналогічними (46), та частинних бета-коефіцієнтів (розрах. по аналогії з (47)).

Для перевірки істотності зв'язку між результативною та факторними ознаками може використовуватись один з наступних підходів.

1. Розрахункове значення критерію Фішера (F-критерію) F порівнюється з його критичним значенням $F_{1-\alpha}(k_1; k_2)$, що визначається за спеціальними таблицями (див., наприклад, додаток у збірнику задач з курсу „Статистика” за ред. А.В.Головача, 1994 року видання) залежно від рівня значущості α та числа ступенів вільності k_1 і k_2 , відповідно, факторної (s_Y^2) та залишкової ($s_e^2 = s_y^2 - s_Y^2$) дисперсій:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \times \frac{k_2}{k_1} = \frac{s_Y^2}{s_e^2} \times \frac{k_2}{k_1},$$

$$k_1 = k - 1, \quad (48)$$

$$k_2 = n - k. \quad (49)$$

Якщо розрахункове значення критерію Фішера не перевищує його табличне значення, істотність зв'язку між факторними і результативною

ознаками залишається недоведеною. У протилежному випадку ($F > F_{1-\alpha}(k_1; k_2)$) – зв’язок є істотним.

2. Аналогічно до використання F–критерію, розрахункове значення коефіцієнта детермінації R^2 порівнюється з відповідним його табличним (критичним) значенням $R_{1-\alpha}^2(k_1; k_2)$.

З метою підвищення оперативності прийняття рішень рекомендується використовувати майстер діаграм, вбудовані функції та пакет аналізу, передбачені в Excel. Порядок їх застосування вивчається в курсі „Інформатика та комп’ютерна техніка”.

Більш примітивним методом вивчення кореляційного зв’язку між ознаками є аналітичне групування, що виконується завжди за однією з факторних ознак і для кожної з утворених груп розраховується середнє значення результативної ознаки. Таким чином, на відміну від кореляційно–регресійного аналізу, коли оцінка лінії регресії здійснювалася в усіх точках з множини значень факторної ознаки x , отриманих у ході спостереження, тут вона оцінюється лише в окремих точках, що відповідають серединам інтервалів. За зміною середніх значень результативної ознаки залежно від зміни значень факторної ознаки при переході від однієї групи до наступної

візуально та кількісно $\frac{\overline{Dy}}{\overline{Dx}}$ судять про характер зв’язку між x та y . Саме

відношення $\frac{\overline{Dy}}{\overline{Dx}}$ показує, на скільки одиниць власного вимірювання змінюється значення результативної ознаки y при зміні значення факторної ознаки x на одиницю її вимірювання.

Для оцінки тісноти зв’язку між цими ознаками у методі аналітичного групування використовується емпіричне кореляційне відношення h (див. таблицю 3.2), що дорівнює кореню квадратному з коефіцієнта детермінації (h^2), який показує, на скільки відсотків варіація результативної ознаки пояснюється варіацією факторної ознаки, покладеної в основу групування, і у свою чергу розраховується за формулою:

$$h^2 = \frac{d^2}{s_y^2},$$

де s_y^2 – загальна дисперсія результативної ознаки;

d^2 – міжгрупова дисперсія:

$$d^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - \bar{y})^2 \times f_j}{\sum_{j=1}^k f_j},$$

тут k – число груп;

f_j – частоти або частки розподілу;

\bar{y}_j – середні значення результативної ознаки для окремих груп (групові середні);

\bar{y} – середнє значення результативної ознаки для всієї сукупності спостережень (загальна середня).

Перевірка істотності зв'язку здійснюється так само як і у методі кореляційно-регресійного аналізу, але k_1 – число ступенів вільності міжгрупової дисперсії d^2 , а k_2 – число ступенів вільності середньої із групових дисперсій ($\overline{s_j^2} = s_y^2 - d^2$) і у формулах (48), (49) k – кількість груп, утворених за факторною ознакою.

3.7.2 Питання для самоперевірки

1. Поняття економетричної моделі, їх види.
2. Чим може бути викликане явище мультиколінеарності у багатofакторних економетричних моделях? Як воно позначається на якості моделей і як воно усувається?
3. Задачі економічного аналізу, що вирішуються на основі регресійних економетричних моделей.
4. Економічна інтерпретація коефіцієнтів парної і множинної кореляції, детермінації, сукупних коефіцієнтів детермінації.
5. Зміст коефіцієнта еластичності та b – коефіцієнта.
6. На основі яких коефіцієнтів можна проаналізувати вплив окремих чинників у лінійних моделях множинної регресії?
7. Яким чином може бути оцінена якість моделей регресії?
8. Розкрити сутність отримання точкових та інтервальних прогнозних значень результативного показника на основі регресійних моделей.

3.7.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Конструювання регресійної моделі.
2. Критерії перевірки істотності зв'язку між ознаками.
3. Встановлення залежностей між атрибутивними ознаками якості.
4. Засоби пакету Microsoft Excel для обробки й аналізу даних з метою прийняття рішень (регресійний аналіз, використання ліній тренду та ін.).

3.8 Теоретичні основи статистичного управління процесами

3.8.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: управління процесами, моніторинг процесу, раціональні підгрупи даних, контрольна мапа, причини варіації, межа регулювання, удосконалення процесу, методологія

Якість продукту, що виробляється фірмою, залежить від якості її процесів – певних операцій (дій), під час яких зростає цінність створюваного продукту. Отже, якщо фірма зацікавлена у створенні якісного продукту (товару, роботи чи послуги), вона повинна управляти якістю своїх процесів. Ефективне управління процесами можливе лише на основі рішень, прийнятих з урахуванням реальних фактів і їх кількісної оцінки [13, с. 74–100]. Здійснення кількісної оцінки будь-якого процесу передбачає проведення вимірювань за однією чи кількома ознаками кожної одиниці результату процесу – виробу чи наданої послуги, що можуть бути охарактеризовані значною кількістю ознак, які відображають різні властивості якості. Тому для виміру доцільно обирати ознаки, що є найбільш істотними для споживачів (кінцевих чи проміжних) результатів процесу. На практиці (як було зазначено у п. 3.1 методичних вказівок) кількісна характеристика процесу здійснюється на основі вибіркової обстежень елементів досліджуваної сукупності, після чого отримані результати розповсюджуються на параметри всіх одиниць створених продуктів.

Оскільки управління процесами має здійснюватися шляхом їх кількісної характеристики на основі вибірових оцінок, необхідним є використання відповідних статистичних методів, серед яких найбільшого поширення набули методи, що складають методологію статистичного управління процесами, запропоновану В. Шугартом впродовж 1929–1939 рр. В основу методології покладена ідея того, що всі процеси мають варіацію (див. рисунок 3.9). Деякі процеси мають постійну і передбачувану варіацію, викликану сукупністю різноманітних причин, що у В. Шугарта мають назву „випадкових” (у Дж. Бокса та ін. – „загальні”, „звичайні”). Інші процеси, ще мають неконтрольовану варіацію, яка змінюється із часом непередбачуваним чином і викликана дією причин (В.Шугартом наз. „установлюваними”; ін. авторами – „особливими” або „надзвичайними”), які пов'язані із чимось, що не є властивим звичайному виконанню процесу. Вплив цих особливих причин робить неможливим передбачення результатів процесу.

Сутністю статистичного управління є передбачення хоч і не точних значень, але у певних інтервалах. Якщо потік даних у часі (результат певного процесу) показує доцільний ступінь контрольованої варіації протягом тривалого періоду часу, тоді можливо зробити передбачення в певних межах, визначити якою буде поведінка потоку даних у майбутньому. Завдяки такому передбаченню набагато легшими стають здійснення поточної діяльності, планування та управління. Коли ж потік даних відображає непередбачену варіацію, тоді неможливо визначити межі його майбутнього стану і планування та управління набуває імовірнісного характеру з високим ступенем невизначеності. Отже, процес, на результат якого впливають лише

випадкові причини варіації, знаходиться в стані статистичного управління (іншими словами, випадкові причини варіації є складовою частиною процесу). Процес, на результати якого впливають надзвичайні причини варіації, вважається як такий, що не знаходиться в стані статистичного управління.

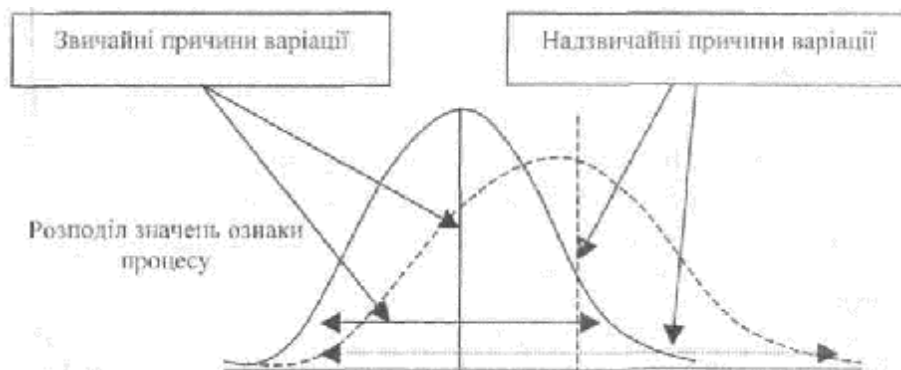


Рисунок 3.9 – Вплив звичайних та надзвичайних причин варіації на розподіл значень ознаки процесу

Концепція варіації процесу за Шугартом може бути представлена як:

$$S_{\text{загальна}} = S_{\text{звичайна}} + S_{\text{надзвичайна}}.$$

За умови статистично стабільного процесу модель, котра представляє розподіл значень досліджуваної ознаки процесу, визначається наступним чином.

$$y_t = \bar{x} + e_t,$$

де y_t – значення характеристики якості у момент часу t ;

\bar{x} – центр розташування значень розподілу (середньої);

e_t – випадкові відхилення від середньої.

Враховуючи фактори, що впливають на \bar{x} та e_t , ця модель може бути записана:

$$y_t = \bar{x}(x_1, x_2, \dots, x_n) + S_{\text{звичайна}}(x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_k) + S_{\text{надзвичайна}}(y_1, y_2, \dots, y_j).$$

Тут x_1, x_2, \dots, x_k – фактори, вплив яких на середню \bar{x} та варіацію e_t процесу є відомим, і які можна регулювати, завдяки чому забезпечується постійність \bar{x} та S . При цьому кількість цих факторів завжди визначена і обмежена, в той час як варіація e_t , також залежить і від необмеженої кількості невизначених чинників y_j . Отже загальні випадкові причини варіації

представлені у частині виразу $e_t(x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_k)$ дозволяють підтримувати варіацію ознаки процесу на бажаному рівні. Відкриття впливу особливої причини варіації y_j відповідатиме визначенню нового фактора, наприклад, x_{n+1} . Визначення причини надзвичайної варіації дає можливість впливати на неї і через це вона відноситься до відомих причин, як показано нижче:

$$y_t = \bar{x}(x_1, x_2, \dots, x_{n+1}) + e_t(x_{n+2}, x_{n+3}, \dots, x_k).$$

Завдяки цьому досягаються два позитивні наслідки. По–перше, оскільки послаблюється або взагалі вилучається вплив причини, що створювала надзвичайну варіацію результату процесу, останній стає статистично стабільним. По–друге, оскільки тепер відомо, яким чином фактор x_{n+1} впливає на досліджувану ознаку y , можливо встановити таку характеристику параметра x_{n+1} , яка здійснить позитивний вплив на y_t . Таким чином можливо здійснити вдосконалення якісної ознаки y_t .

За наявності стану статистичної стабільності можливо, змінивши параметри процесу, бути впевненим у тому, що результат змінився завдяки здійсненому впливу, а не є наслідком випадкової варіації через невідомі причини. Отже, здійснивши цілеспрямований вплив на параметри процесу, можна підтвердити досягнуте вдосконалення якості створюваного продукту.

Методом, який би дозволив визначити моменти прояву причин $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_k$ і сприяв встановленню цих причин, стали запропоновані В. Шугартом контрольні мапи (див. п. 3.4 методичних вказівок). Методологія контрольних мап, яка розвивається з 30–х років ХХ сторіччя, стала основним засобом статистичного управління процесами. Завдяки можливості високого ступеня формалізації контрольні мапи стали популярним засобом управління якістю у всьому світі. Так, в Японії разом із діаграмою процесів, діаграмою „причин і наслідків”, Парето – діаграмою, контрольним листком, гістограмою і діаграмою розсіювання вони становлять „7 простих інструментів вдосконалення якості”. Контрольні мапи виступають як засіб, через використання якого розпочинається вдосконалення якості, і як засіб підтвердження досягнутих результатів.

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

$$\begin{aligned} H_0 &: \bar{x}_1 = \bar{x}_0, \\ H_1 &: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_0. \end{aligned}$$

Тоді точка, що знаходиться у межах регулювання, не дає підстав відхилити гіпотезу про стабільність процесу, в той час як точка за межами регулювання,

дає такі підстави на користь альтернативної гіпотези про вихід процесу із стану керованості. Але між методологією контрольних мап і перевіркою гіпотез існують певні відмінності. Головна полягає в тому, що перевірка гіпотез добре відповідає лише випадку одноразової зміни середньої, яка після такої зміни залишиться стабільною на новому рівні, в той час, як в реальних випадках можливі й інші ситуації.

Загальну модель контрольної мапи описується наступним чином. Припускається, що W – це вибіркова величина, яка вимірює певну ознаку якості, і середньою цієї величини $W \in M_w$, а середньоквадратичним відхиленням $W \in s_w$. Тоді центральну лінію (ЦЛ), верхню та нижню межі регулювання (див. рисунок 3.6) можна представити як:

$$\begin{aligned} BMP &= W + Ls_w, \\ \ddot{O}\ddot{E} &= M_w, \\ HMP &= W - Ls_w, \end{aligned}$$

де L є відстанню між межами регулювання і центральною лінією.

Відстань від меж регулювання до центральної лінії контрольної карти В. Шугартом було запропоновано вимірювати у середньоквадратичних відхиленнях вибіркової статистики W . Виходячи з емпіричних припущень, він встановив значення $L = 3$. Контрольні карти, розроблені у відповідності до цього принципу, на честь їх винахідника називають контрольними картами Шугарта.

Для більшості видів розподілів окремих значень досліджуваної ознаки якості розподіл середніх величин вибірок, узятих з цих даних, буде підкорятися нормальному закону розподілу. Тому, враховуючи властивості останнього, у США та Японії для визначення відстані від центральної лінії до меж регулювання використовують множник, що дорівнює три, в той час як у Германії та Великобританії найчастіше використовують імовірнісні межі регулювання і обирають їх таким чином, щоб ймовірність появи точки за межами регулювання при стабільному процесі дорівнювала 0,001, 0,027 або 0,005. Прихильники останнього підходу вважають, що контрольні мапи Шугарта працюють лише за двох головних припущень:

- 1) спостереження, отримані у часі, є незалежним один від одного;
- 2) досліджувана ознака має нормальний розподіл.

Переважає кількість дослідників вважає, що контрольні мапи Шугарта довели свою ефективність і у випадку автокореляції даних, тобто коли результати спостережень впливають на наступні дані, і за характеристик розподілу ознаки якості, відмінних від нормального закону розподілу.

Більшість науковців чітко вирізняють два етапи у застосуванні контрольних мап. При цьому до конструювання контрольних мап застосовують ті ж самі підходи, але тлумачення результатів і значення для управлінських рішень на кожному етапі різне. Особливості кожного з цих

етапів, що мають відповідні назви „Фаза I” та „Фаза II” застосування контрольної карти наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Особливості етапів застосування контрольної мапи

Характеристика етапу	Особливості етапу	
	Фаза I (оцінка)	Фаза II (моніторинг)
Сценарій збору даних	Ретроспективний	Перспективний
Очікуваний стан процесу	Нестабільний	Стабільний
Сигнали виходу із стану статистичної керованості	Часті	Не часті
Межі регулювання	Переобчислюється після визначення причин і видалення точок, що відповідають сигналам	Переобчислюється лише після тривалого періоду спостережень
Управлінські рішення	Приведення процесу в стан статистичної керованості	Підтримання процесу у стабільному стані

Дехто зі вчених виокремлює навіть три етапи застосування контрольної мапи.

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

2. Удосконалення процесу. На мапу, використовуючи межі регулювання, оцінені на етапі 1, наноситься інформація по мірі її надходження. 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 в певній мірі вдосконалити процес. Коли обсяг даних, враховуючи дані з етапу 1, стає великим, скажімо, перевищує 100 спостережень, межі регулювання переобчислюють. Те ж саме здійснюється і у випадку значних позитивних змін у процесі. Якщо робота по вдосконаленню 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.

3. Моніторинг процесу. Навіть якщо проведена на етапі 2 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 визначати нові надзвичайні причини. При цьому можна змінити або частоту збору даних, або навіть тип контрольної мапи. Наприклад, на етапі 2 використовували контрольну мапу середніх значень Шугарта і привели процес до стану, коли в ньому з'являються (або можуть з'явитися) незначні, проте важливі зміни у рівні середньої величини процесу. У цьому випадку краще перейти до застосування інших типів контрольних мап.

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 заходи щодо регулювання процесу. Така регулююча дія може бути у формі:

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

Однією з суттєвих рис контрольної мапи є використання раціональних підгруп для збору даних. Раціональна підгрупа є частина виробів, відібрана з технічних чи економічних причин (вибірка), всередині якої відхилення можуть розглядатись як такі, що існують внаслідок не установлених випадкових (або звичайних) причин. Між ними можуть бути відхилення внаслідок установлених (або особливих) причин, чия наявність розглядається як можлива і важлива для виявлення. Відхилення, визначене у обґрунтованих однорідних підгрупах, використовується для визначення меж регулювання або для перевірки короткострокової стабільності, тоді як довгострокова стабільність звичайно оцінюється з точки зору змін між підгрупами. Хоча звичайно основою для формування раціональної підгрупи є короткий проміжок часу, з метою потенційного виявлення установлених причин може бути доцільним інше підґрунтя, таке, як відносно однорідна підмножина спостережень чи звичайні умови діяльності (наприклад, праця окремого оператора). Таке саме означення раціональної підгрупи буде використане для збору даних і знаходження меж регулювання.

У більшості виробничих застосувань раціональна підгрупа представляє дані, зібрані за короткий проміжок часу за умови ідентичного стану матеріалу, рівня налагодження робочого інструменту, стану середовища тощо. При застосуванні контрольних мап до нетехнологічних процесів чи при

наданні послуг раціональні підгрупи можуть бути визначені за допомогою особливих періодів або логічних угруповань у межах задач чи завдань певної особи чи колективу. Відхилення, яке зустрічається за цих обставин, повинно існувати тільки внаслідок випадкових (або звичайних) причин. Для триваліших термінів часу можна очікувати, що можуть траплятись установлені (або особливі) причини. До них можна віднести зміну постачальника матеріалу, відмінності у різних видах даних, зміна налагодження робочого інструменту, нове середовище надання послуг або заміна виконавця, які мають бути запротокольовані. Хоча такі зміни не обов'язково призведуть до зміни рівня процесу, ці причини представляють потенційне відхилення понад відхиленням, яке має місце внаслідок випадкових причин. Таким чином, стандартне відхилення всередині підгрупи (встановлене із вибірки підгрупи чи відоме з минулого досвіду) є основною мірою випадкової варіації.

Важливо зазначити, що раціональна підгрупа, якщо вона має осмислене значення, має підлягати дії усіх звичайних джерел випадкового (чи звичайного) відхилення. Проте, якщо підгрупа є занадто великою, настільки, що відхилення внаслідок установлених причин перевищує стандартне відхилення усередині підгрупи, багато установлених причин може бути невиявленими.

Стандартне відхилення спостережуваних вимірювань з кожної підгрупи становить основний показник визначення стандартного відхилення процесу, потрібного для створення контрольної мапи. Коли воно невідоме, стандартне відхилення оцінюється на основі інформації, зібраної зі значного за розміром набору підгруп. Рекомендується, щоб використовувалась інформація щонайменше з 20 підгруп, таким чином, щоб кількість досліджених індивідуальних виробів становила принаймні 100 одиниць. Важливо переконатись у тому, що дані, зібрані під час цього початкового періоду, відповідають процесу, який знаходяться у стані статистичного контролю. Якщо на контрольній мапі не існує сигналів (тобто дані знаходяться у стані статичного контролю з урахуванням внутрішнього відхилення), то процес вважається стабільним, а якщо сигнали існують, годі потрібно здійснити коригувальну дію, необхідну для отримання правильних базових даних

Класифікація контрольних мап представлена у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Типи, форми та види контрольних мап і їх коротка характеристика

Тип контрольної мапи	Форми контрольної мапи	Загальна характеристика форм контрольної мапи	Вид контрольної мапи	Характеристика виду контрольної мапи
<p>Контрольні мапи Шугарта застосовуються для оцінки наявності стану статистичного контролю процесу; часто використовуються і як засіб приймального контролю процесу, навіть якщо вони не розроблені у відношенні використання критерію або меж допусків технологічного процесу.</p> <p>Головним чином є мапами двох типів: контрольні мапи кількісних змінних та контрольні мапи альтернативних ознак.</p> <p>Головною особливістю контрольних мап Шугарта є те, що вони використовують лише ту інформацію про процес, що отримана під час останнього спостереження. При цьому ігнорується інформація, яку надає вся послідовність попередніх спостережень. Ця особливість робить мапи Шугарта відносно нечутливими до незначних змін (у $1,5S$ або менше) у процесі при його моніторингу. Тому мапи Шугарта ще називають контрольними мапами без пам'яті</p>	<p>Стандартні значення \bar{x} та s на параметри процесу не задано (стандартні значення можуть базуватись на наявних попередніх даних, що отримані із досвіду застосування контрольної мапи без встановлених стандартних значень; економічних значеннях, встановлених на підставі розгляду потреб послуг чи кошторису виробництва; бажаних або цільових значеннях, визначених у технічних умовах)</p>	<p>Використовують межі регулювання, значення яких визначаються на основі вибірових статистичних показників, що наносяться на мапи, і які в 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 створених за ретроспективним сценарієм. Ця форма контрольної мапи використовується, щоб визначити, чи відрізняються спостережувані вибіркові значення від величини загальної характеристики процесу на величину більшу, чим слід було б очікувати тільки внаслідок випадкових причин. Контрольні мапи, які створюються на основі вибірових оцінок, використовуються, 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 чи послуга відтворюваними</p>	<p>Залежно від статистичних показників, на основі яких конструюють контрольні мапи Шугарта, розглядаються наступні їх види.</p> <p>Контрольні мапи для кількісних змінних поділяються на:</p> <p>мапа середніх значень \bar{x} та розмахів R;</p> <p>мапа середніх значень \bar{x} та стандартних відхилень s ;</p> <p>мапа окремих значень x та ковзних розмахів MR;</p> <p>мапа медіан x_{Me} та мапа розмахів R</p> <p>Контрольні мапи для альтернативних змінних бувають наступних видів:</p> <p>мапа частки дефектів (p –мапа)</p>	<p>Кількісні дані представляють результати спостережень, отриманих виміром ознаки якості, яка може набувати для кожної одиниці продукту у підгрупі, що спостерігається, нескінченну кількість можливих значень в певному інтервалі. Прикладом кількісних вимірювань є довжина у метрах, опір у Омах, шум у децибелах і т. ін. Мапи кількісних змінних і особливо найбільш уживані форми – \bar{x} та R–мапи є класичним застосуванням контрольної мапи для управління процесом.</p> <p>Контрольні мапи для кількісних змінних є особливо корисними з ряду причин:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) більшість процесів та їх результати мають характеристики, які є вимірюваними, тому потенційне застосування є досить широким; 2) кількісне значення ознаки якості містить більше інформації ніж атрибутивне твердження "так" або "ні"; 3) результати виконання процесу можна проаналізувати не зважаючи на його специфікації. Мапи починають діяти разом з самим процесом і надають адекватне відображення процесу. Потім
	<p>Стандартні значення (\bar{x} та s) на параметри</p>	<p>Межі регулювання базуються на прийнятих стандартних значеннях, що застосовуються до статистичних показників, нанесених на мапу. При</p>		

Тип контрольної мапи	Форми контрольної мапи	Загальна характеристика форм контрольної мапи	Вид контрольної мапи	Характеристика виду контрольної мапи
	процесу задано	<p>цьому попередній збір вибіркового спостережень з процесу для встановлення значень меж регулювання є непотрібним. Ця форма контрольної мапи використовується, щоб виявити чи відрізняються спостережувані вибіркові значення від прийнятих стандартних значень на величину більшу, ніж очікувана тільки внаслідок дії випадкових причин. 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, визначених на основі ретроспективної оцінки або навпаки</p>	<p>або мапа кількості дефектних виробів (<i>np</i> – мапа); мапа кількості дефектів на виріб (<i>c</i> – мапа) або мапа середньої кількості дефектів на одиницю продукції (<i>u</i> – мапа)</p>	<p>результати процесу можна порівнювати із специфікаціями на окремі вироби; 4) незважаючи на те, що отримання окремого вимірюваного значення у загальному випадку більш витратне, ніж отримання одного конкретного значення даних типу "відповідає вимогам – не відповідає вимогам", тобто альтернативним даним, розміри підгруп для кількісних змінних 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. Як впливає з центральної граничної теореми середні значення мають тенденцію до нормального розподілу, навіть коли окремі спостереження її не виявляють. Це дає можливість припустити наявність нормального розподілу для значень середніх величин, визначених навіть для вибірок таких малих обсягів як 4–5 одиниць. Для цілей вивчення відтворюваності процесу важливим є істинний вид розподілу. Бажаними є періодичні перевірки відповідності такого припущення, особливо для гарантування того, що використовуються дані, отримані з однорідної сукупності. Розподіл же</p>

Тип контрольної мапи	Форми контрольної мапи	Загальна характеристика форм контрольної мапи	Вид контрольної мапи	Характеристика виду контрольної мапи
				розмахів і стандартних відхилень не відповідає нормальному, хоча передбачається приблизна нормальність при оцінюванні констант для обчислення контрольних меж, що є задовільним для емпіричної процедури рішення
Контрольні мапи з пам'яттю використовують дані, накопичені більше як з однієї підгрупи даних для розрахунку кожного наступного значення статистичної величини, на основі якої створюється відповідна контрольна мапа			Мапи кумулятивних сум (англ. cusum–мапи)	Ці види контрольних мап у різній мірі використовують результати всіх спостережень і тому в багатьох випадках є ефективнішими, ніж традиційні мапи Шугарта
			Мапи експоненційно зважених ковзних середніх (англ. ewma)	
			Мапи ковзних середніх та ковзних розмахів	
Контрольні мапи приймального контролю призначені для встановлення відповідності виготовленої продукції існуючим вимогам. Приймальна контрольна мапа є графічним методом оцінювання процесу і застосовується з подвійною метою: а) визначення того, перебуває чи ні процес у стані статистичного контролю по відношенню до отриманих вибіркового спостережень; б) встановити, чи можна очікувати, що вимірювані характеристики задовольняють вимоги, які висуваються до товару чи послуги. Основним у приймальній контрольній мапі, на відміну від звичайної контрольної мапи, є те, що процесу немає потреби залишатись у контрольованому стані біля певного єдиного стандартного рівня, навпаки – доти, поки відхилення усередині вибіркового підгруп залишаються під контролем, процес може відбуватись на будь-якому рівні чи рівнях усередині певної зони рівнів процесу, встановлених з емпіричних міркувань. Допускається, що певні установлені причини призведуть до зміщень у рівні процесу, які є достатньо малими по відношенню до вимог, що висуваються до товару або послуги, тому було б неекономним намагатись 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 зміщення рівня процесу можуть бути занадто великими і важливо враховувати ризик їхнього невиявлення. Однією з сильних сторін приймальних контрольних мап є відсутність ситуації так званого переконтролювання, тобто необгрунтованих дій, спрямованих на коригування процесу.			Приймальні контрольні мапи середніх значень \bar{x} та розмахів R	
			Приймальна контрольна мапа часток p невідповідної продукції	
			Приймальна мапа кількості с дефектів	

Тип контрольної мапи	Форми контрольної мапи	Загальна характеристика форм контрольної мапи	Вид контрольної мапи	Характеристика виду контрольної мапи
		<p>Наслідком такого надмірного регулювання часто є менш стабільний процес, тому що налагодження процесу часто є неточним і призводить до наступних змін у процесі. Для процесу, рівень якого перебуває у середині задовільної вимогам зони процесу, ефект від коригувальних дій може швидше призвести до виходу процесу з стану стабільності, ніж зменшити існуюче відхилення.</p> <p>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.</p> <p>Особа, яка спостерігає за якістю, або експерт з якості визначає зони приймальних процесів, обмежених їх рівнями, і встановлює бракувальні рівні. Потім визначається обсяг вибірки, необхідний, щоб задовольнити встановлений α –ризик забракувати продукцію, яку слід було б прийняти, і β – ризику прийняти продукцію, яку насправді варто було б забракувати. На основі цих характеристик обчислюються спеціальні межі регулювання, які належить нанести на мапу, як критерій для прийняття рішень особою, яка контролює хід процесу. З метою перевірки стану статистичного контролю також необхідна контрольна мапа оцінки відхилень усередині окремих вибіркових підгруп продукції. Існує значна гнучкість розробки контрольних мап цього виду, включаючи, де це доречно, використання несиметричних меж</p>		
		<p>Адаптивні контрольні мапи використовуються для того, щоб регулювати технологічний процес за допомогою передбачення тенденцій його розвитку і здійснення попереднього налагодження на підставі таких передбачень.</p> <p>Адаптивна контрольна мапа корисна для ситуацій, у яких може бути здійснено налагодження процесу і для якого важливим є суворе дотримання стандартного рівня. Її застосування включає використання моделей передбачення різних ступенів складності, що допомагають визначити де буде процес, якщо його залишити у поточному стані, і прийняти підказану коригувальну дію аби запобігти відхиленню процесу від стандартного рівня. Оскільки параметри моделі, на основі 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 застосовуються для внесення попередніх змін у процес, щоб уникнути будь-якого передбаченого відхилення від цільового значення процесу. Коли прогнозна модель має високий ступінь відповідності існуючим умовам, цей підхід може бути дуже ефективним для зменшення варіації процесів. Якщо модель не відповідає умовам здійснення процесу, у результаті вірогідним є збільшення відхилень від встановленого рівня</p>		

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

а) помилки першого роду (тип I або α -ризик), коли робиться висновок, що мало місце зміщення параметрів процесу, коли насправді його не було. Такі помилки призводять до витрат, які зумовлені переконтролюванням або дослідженням неіснуючих проблем;

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

Для заданої конфігурації контрольної мапи, включаючи обсяг вибірки і використовувані межі, може бути побудована так звана крива операційної характеристики (ОХ), що зображує ймовірність розпізнавання зміни рівня процесу за певний час як функцію його рівня. Цей підхід може бути застосований тільки для контрольних мап Шугарта та 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 ОХ не є практично корисним, і часто набагато зручніше мати справу з середньою довжиною серії вибірок між сигналами (СДС, англ. *ARL*). У цьому контексті довжина серії вибірок визначається як кількість підгруп, перевірених за час відтоді як трапилась зміна у процесі до того моменту як контрольна мапа подасть сигнал, що відбулося зміщення. Для змін різних розмірів існує розподіл можливих довжин серій вибірок. З метою розробки контрольних мап зручно використовувати середнє значення цього розподілу, середню довжину серії (СДС). СДС можна застосовувати 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 довша або коротша за розрахункове для даної мапи значення СДС.

Для будь-якої контрольної мапи Шугарта середня довжина серії обернено залежить від ймовірності того, що за існуючого стану процесу за межами регулювання знаходиться принаймні одна точка:

$$\tilde{N}\tilde{A}\tilde{N} = \frac{1}{p},$$

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

Концепція середньої довжини серій є корисною для порівняння різних контрольних мап і оцінки їх ефективності. Так, довга СДС бажана для процесу, розташованому на його визначеному рівні (щоб мінімізувати залучення фахівців для непотрібних обстежень або коригувальних дій), а коротка СДС бажана для процесу, що змістився на деякий небажаний рівень (щоб негайно була застосована коригувальна дія). Таким чином, найбільш ефективною буде та контрольна мапа, у якій буде найбільша СДС за стабільного процесу і найменша СДС для випадку, коли процес перестав бути стабільним і у ньому відбулися зміни.

Проведення вибірових спостережень за станом процесу вимагає використання певних ресурсів. Визначення частоти здійснення вибірок є важливим елементом при оцінюванні економічного впливу $a - i$ b –ризиків. Праці, розроблені з цих питань, дають різні спеціальні рекомендації щодо вибору економічно ефективних контрольних мап. Спеціальні рекомендації щодо обсягу і частоти вибірок наведені в окремих стандартах щодо застосування контрольних мап. Загальною настановою є те, що на початкових стадіях застосування контрольної мапи бажано якнайшвидше дійти висновку про стан стабільності процесу за рахунок більш частого здійснення вибірок. По мірі того як процес стабілізується і стає зрозумілою його історія, частота вибірок може зменшуватися. Більші вибірки можуть бути корисними для визначення малих змін у рівні процесу, проте більш часті менші вибірки можуть бути корисними для швидкого визначення істотних змін.

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

На контрольній мапі виділяють три зони (A, B, C), що обмежуються відстанню від центральної лінії: зона C – $\pm s$ від центральної лінії; зона B – $\pm 2s$ від центральної лінії; зона A – $\pm 3s$ від центральної лінії.

Можливі наступні варіанти результатів процесу.

1. Існування лише випадкових причин варіації. У такому випадку процес є статистично стабільним, на контрольній мапі при цьому немає ніяких сигналів.

2. Внаслідок дії особливих причин змінилася тільки центрованість процесу, тобто середнє значення певної кількості спостережень. Контрольна мапа середніх значень подає відповідний сигнал.

3. Внаслідок дії особливих причин змінилася тільки варіація процесу, відповідна контрольна мапа подає сигнали.

4. Внаслідок дії особливих причин змінилася як середня так і варіація процесу. Контрольні мапи подають сигнал виходу зі стану статистичного контролю.

Оскільки можливі зміни в загальній тенденції процесу (середній) та варіації як разом так і окремо, для їх визначення слід використовувати дві контрольні мапи – одну для оцінки середнього значення процесу, іншу для оцінки його варіації.

3.8.2 Питання для самоперевірки

1. Вплив загальних та випадкових факторів на розподіл значень ознаки процесу.
2. Послідовність прийняття рішення про вдосконалення процесу з використанням статистичних методів.
3. Методологія контрольних мап як основний засіб статистичного управління процесами.
4. Особливості етапів застосування контрольної мапи.
5. Принципи формування раціональних підгруп даних.
6. Форми, типи і види контрольних мап.
7. Критерії ефективності контрольних мап.
8. Можливі варіанти результатів процесу.

3.8.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Викладення основ методології статистичного управління процесами у працях Вальтера А. Шугарта „Економічне управління якістю продуктів виробництва” (1931 р.) та „Статистичний метод з погляду управління якістю” (1939 р.).
2. Розвиток методології статистичного управління процесами.
3. Контрольні мапи кількісних ознак, реалізація цілей їх застосування.
4. Приклади створення та використання контрольних мап середніх значень і розмахів варіації ($\bar{x} - R$ – мап).
5. Застосування контрольних мап середніх значень та середньоквадратичних відхилень ($\bar{x} - s$ – мап) для оцінки стабільності процесів та моніторингу за стабільністю середньої й варіації процесу.
6. Мапа медіан і розмахів варіацій ($M_e - R$ – мапа) як інструмент спрощення розрахунків при визначенні стабільності розташування процесу.
7. Особливості використання контрольних мап індивідуальних спостережень.
8. Контрольні мапи із змінним обсягом вибірки.
9. Приклади використання контрольних мап атрибутивних ознак.
10. Контрольні мапи вдосконалених типів.
11. Характеристика основних типів багатовимірних контрольних мап.

3.9 Застосування комп’ютерних технологій при використанні статистичних методів в управлінні якістю

3.9.1 Теоретичні відомості

Ключові терміни і поняття: інформація, інформаційного забезпечення системи управління якістю, збір даних, реєстрація даних,

впорядкування даних, статистичний аналіз даних, програмний продукт, Excel, спеціальні програмні продукти, життєвий цикл продукції

В управлінні якістю можна виокремити два напрями застосування комп'ютерних технологій:

1) використання універсальних (Excel) або спеціальних (SPSS, Statgraphics, Statistica та ін.) програмних продуктів за статистичними методами при вирішенні конкретних виробничих задач;

2) створення комп'ютерної системи управління якістю на основі єдиного електронного опису продукції на всіх етапах її життєвого циклу (CALS-технології), до складу якої входить база даних статистичних методів, включаючи системи збору, реєстрації, зберігання і обробки даних про якість.

Серед універсальних програмних засобів, що входить до Microsoft Office, найбільш поширені електронні таблиці Excel, котрі надають достатньо широкі можливості для статистичного аналізу з використанням статистичних функцій, інструменту для побудови лінії тренду, вбудованого пакету аналізу даних. З особливостями створення контрольних карт в пакеті Excel та прикладом створення контрольної карти середніх значень і стандартних відхилень можна ознайомитися, наприклад, в [13, с. 294–308].

Набагато ширший спектр інструментів розроблено в статистичних пакетах SPSS, Statgraphics, Statistica й ін. Зокрема, система Statistica включає набір спеціальних модулів: „Контрольні карти”, „Аналіз процесів” і „Планування експерименту”, орієнтованих на контроль і аналіз якості [5].

Створення комп'ютерної системи управління якістю на основі CALS-технологій (технологій інформаційної підтримки життєвого циклу виробу) активно використовується при розробці і виробництві складної наукоємкої продукції [2]. Застосування CALS-технологій дозволяє вирішувати проблеми забезпечення якості продукції, що випускається, оскільки електронний опис етапів життєвого циклу виробу повністю відповідає вимогам міжнародних стандартів якості ISO серії 9000. Відповідно до стандарту ISO життєвий цикл продукції включає одинадцять етапів, що подаються в літературі з менеджменту у вигляді „петлі якості”: маркетинг, пошук і вивчення ринку; проектування і розробка технічних вимог, розробка продукції; матеріально-технічне постачання; підготовка й розробка виробничих процесів; виробництво; контроль, проведення випробувань і обстежень; упакування і зберігання; реалізація й розподіл продукції; монтаж і експлуатація; технічна допомога й обслуговування; утилізація після використання. Концепція CALS передбачає створення єдиного інформаційного простору для всіх учасників життєвого циклу виробу, в рамках якого вся інформація про виріб представлена в електронному вигляді на основі стандартів. Система якості при цьому має дві складові. Перша включає організаційне і нормативно-методичне забезпечення. У звичайному вигляді це набір документів від політики у сфері якості до методичних інструкцій і мап контролю. Для реалізації цієї складової використовуються функціональні моделі процесів підприємства з погляду забезпечення якості. Така модель є структурованим

зображенням функцій виробничої системи або середовища, інформації та об'єктів, що пов'язують ці функції. Функціональна модель дає формалізований опис процесів і може бути використана для отримання всього необхідного комплексу паперових документів і, разом з тим, є інструментом проведення аналізу системи якості та її поліпшення. Друга складова – це інформаційна система збору, реєстрації, зберігання і обробки даних про якість. Вона являє собою інтегроване інформаційне середовище. Усі процеси життєвого циклу виробів відображаються в ній за допомогою інформаційних об'єктів. Інформаційні об'єкти описують структуру виробу, його склад і всі вхідні компоненти: деталі, вузли, агрегати, комплектуючі, матеріали і т. п. Кожний інформаційний об'єкт включає набір характеристик (атрибутів), що описують властивості реального об'єкту. Наприклад, при проведенні вхідного контролю комплектуючих персонал перевіряє об'єкти відповідно до розробленої технології контролю. Інформація про цю технологію міститься в інформаційному середовищі. На робочих місцях контролерів мапи вхідного контролю заповнюються безпосередньо у електронному вигляді (формуються на моніторах). Дані контрольної мапи можуть використовуватися, зокрема, для статистичного аналізу якості, прийняття рішення відносно направлення на виробництво комплектуючих, оцінки ризиків, пов'язаних із постачальниками. Статистичний аналіз результатів оперативного контролю дозволяє виявити причини і тенденції виникнення браку та вживати заходи щодо його запобігання.

Найбільш актуальним завданням для сучасних підприємств є забезпечення надійного управління всім об'ємом різномірної інформації, яка створюється, зберігається і використовується в різних інформаційних системах, що існують на підприємстві і пов'язаних з інформаційною підтримкою продукції протягом її життєвого циклу [18, с. 11–14]. З позиції користувача інформаційних систем це завдання зводиться до отримання для подальшого опрацювання необхідної інформації в потрібний час і в потрібному вигляді. Для впровадження статистичних методів в цю технологію необхідна розробка нового або використання існуючого програмного забезпечення для відповідного методу і його інтеграція в єдиний інформаційний простір учасників життєвого циклу виробу. З іншого боку, використовуючи стандарти подання даних про виріб можна організувати отримання інформації з інформаційного середовища підприємства для її подальшої обробки й аналізу за допомогою статистичної системи.

Ключовим етапом інформаційного забезпечення системи управління якості на підприємстві є збір даних. Перш ніж розпочати збирати дані, необхідно визначити мету і завдання спостереження згідно з принципами системного аналізу. Метою збору даних у процесі контролю якості є контроль і регулювання виробничого процесу, аналіз відхилень від установлених вимог, контроль продукції. Наприклад, варіація показника якості виробу. Не можна судити про варіації протягом дня, якщо робити лише один вимір на день. А щоб з'ясувати яким чином два різні працівники

ддопускають дефекти, доцільно брати роздільні вибірки з метою порівняння роботи кожного з них. Якщо порівняння виявляє розходження, то заходи з їх усунення також сприятимуть зменшенню мінливості процесу. Подібний поділ групи даних на декілька підгруп за певною ознакою наз. стратифікацією.

Навіть якщо вибірка проведена правильно можна прийти до невірною судження при ненадійних резельтатах виміру. Наприклад, при сенсорному контролі внаслідок несправності вимірювального приладу, частка дефектних виробів встановлена одним з контролерів значно перевищує результати інших контролерів. Цей факт варто враховувати в ході збору та при аналізі даних.

Коли дані зібрані для їх аналізу застосовуються різні статистичні методи, призначені для перетворення даних у джерело інформації. Важливо у процесі збору ретельно впорядкувати дані, щоб полегшити їх наступну обробку. По–перше, потрібно чітко зареєструвати джерело даних. Досить часто, незважаючи на те, що було витрачено цілий тиждень на збір даних про показники якості, від них мало користі, оскільки не зафіксований день тижня, коли збиралися дані; устаткування, на якому виконувалася обробка; робітник, який виконував операцію; партія використаних матеріалів і т. п. По–друге, важливо, щоб дані реєструвалися у простій і доступній для використання (впорядкування даних, одержання розподілу значень певного показника, обчислення статистичних характеристик тощо) формі.

3.9.2 Питання для самоперевірки

1. Які основні напрями застосування комп'ютерної техніки та інформаційних технологій в управлінні якістю?
2. Перерахуйте інструменти електронних таблиць Excel для вирішення завдань статистичного аналізу.
3. Складові системи якості технологій інформаційної підтримки життєвого циклу виробу.
4. Яким чином статистичні методи управління якістю пов'язані з CALS–технологіями?
5. Що означає стратифікація?
6. Які принципи використовуються при реєстрації даних?
7. У чому полягає мета збору даних у процесі контролю якості?

3.9.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів

1. Створення контрольних мап у пакеті Excel.
2. Ведення моніторингу статистичної стабільності процесу із використанням Excel.
3. Можливості пакетів SPSS та Statgraphics у менеджменті якості.
4. Використання спеціальних модулів „Контрольні карти”, „Аналіз процесів” і „Планування експерименту” системи Statistica для контролю й аналізу якості.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адлер Ю.П. Новое направление в статистическом контроле качества – метод Тагути. – М.: Знание, 1988. – 56 с.
2. Альперович Т.А., Баранов В.В., Давыдов А.Н. и др. Компьютерно–интегрированные производства и CALS–технологии в машиностроении. Учеб. пособие. – М.: ГУП „ВИМИ”, 1999. – 512 с.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 102 с.
4. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством. Учебник. – М.: ИНФРА–М, 2001. – 212 с.
5. Боровиков В. Statistica: Искусство анализа данных на компьютере. – СПб: Питер, 2001. – 656 с.
6. Боженко Л.І., Гутта О.Й. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції. Навч. посіб. – Львів: „Афіша”, 2001. – 176 с.
7. Вакуленко А.В. Управління якістю. Навч. – метод. посіб. для самоствивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2006. – 167 с.
8. Вашків П.Г. та ін. Статистика підприємництва. – К.: „Слобожанщина”, 1999. – 600 с.
9. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента: Методы обработки данных. – М.: Мир, 1980. – 510 с.
10. Экономико–математические методы и прикладные модели / Под ред. В.В.Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 391 с.
11. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. Статистические методы в современном менеджменте качества. – М.: Фонд „Новое тысячелетие”, 2001. – 208 с.
12. Захожай В.Б. Статистика якості. Підручник для студентів ВНЗ. – К.: МАУП, 2005. – 576 с.
13. Захожай В.Б., Чорний А.Ю. Статистичне забезпечення управління якістю. Навч. посіб. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 340 с.
14. Ильенкова С.Д., Ильенкова Н.Д., Мхитарян В.С. Управление качеством. Учебник для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 200 с.
15. Каэру Исикава. Японские методы управления качеством / Пер. с япон. – М.: Экономика, 1987. – 216 с.
16. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. – М.: Наука, 1976. – 736 с.
17. Клячкин В. Н. Многомерный статистический контроль технологического процесса. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.
18. Коваль Т.О. Статистика якості продукції. Конспект лекцій. – Харків: Вид–во ХНЕУ, 2008. – 84 с.
19. Коуден Д. Статистические методы контроля качества. Пер. с англ. / Под ред. Б.Р.Левина. – М.: Физматгиз, 1961. – 624 с.
20. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
21. Лapidус В.А., Розно М.И., Глазунов А.В. Статистический контроль

- качества продукции на основе принципа распределения приоритетов. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 224 с.
22. Лугінін О.Є. Статистика. Підручник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 580 с.
 23. Математическое обеспечение задач стандартизации и качества. Научные труды. Выпуск 34. – М.: Множительная база ВНИИС, 1978. – 106 с.
 24. Мердок Дж. Контрольные карты. Пер. с англ. / Предисл. Ю. П. Адлера. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 150 с.
 25. Миттаг Х.–Й. и др. Статистические методы обеспечения качества. Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1995. – 616 с.
 26. Момот О.І. Менеджмент якості та елементи системи якості. – К.; Центр учбової літератури, 2007. – 368 с.
 27. Мхитарян В. С. Статистические методы в управлении качеством продукции. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 120 с.
 28. Ноулер Л. Статистические методы контроля качества продукции. Пер. с англ. / Под ред. А.М.Бендерского. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 96 с.
 29. Общие требования к текстовым документам. Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.105–95. Принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации. Введен в действие в качестве государственного стандарта Украины приказом Госстандарта Украины от 27.06.1996 г. №259 с 01.07.1997 г.
 30. Орлов А.И. Эконометрика. Учебник для вузов. – М.: Изд. „Экзамен”, 2003. – 576 с.
 31. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. – М.: Мир, 1980. – 456 с.
 32. Семенов Г.А., Станчевський В.К. Організація і планування на підприємстві. Навч. посіб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 528 с.
 33. Спасский А.Н. Статистические методы регулирования качества продукции. – Горький: Типография Горьковского политехнического ин-та им. А.А.Жданова, 1976. – 48 с.
 34. Статистика: Навч.–метод. посібник для самост. вивч. дисц. / За ред. А.М.Єріної, Р.М.Моторина. – К.: КНЕУ, 2005. – 448 с.
 35. Статистика: Підручник / За ред. проф. С.С.Герасименка. – К.: КНЕУ, 2000. – 467 с.
 36. Статистика: Підручник / За ред. А.В.Головача, А.М.Єріної, О.В.Козирева. – К.: Вища шк., 1993. – 623 с.
 37. Статистические методы повышения качества / Под ред. Х. Куме; [Пер. с англ. и доп. Ю.П.Адлера, Л.А.Конаревой. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
 38. Строителев В.Н., Яницкий В.Е. Статистические методы в управлении качеством. – М.: Европейский центр по качеству, 2002. – 164 с.
 39. Уилкс С. Математическая статистика. – М.: Наука, 1967. – 632 с.
 40. Уманець Т.В., Пігарєв Ю.Б. Статистика: Навч. посібник. – К.: Вікар, 2003. – 623 с.
 41. Хартман К., Лецкий Э., Шеффер В. Планирование эксперимента в

исследовании технологических процессов. Пер. с нем. – М.: Мир, 1977.– 552 с.

42. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 958 с.
43. Холлендер М., Вульф Д. Непараметрические методы статистики. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 518 с.

ДОДАТОК А

Витяг з таблиць критичних значень деяких статистичних критеріїв

Таблиця А.1 – Критичні точки t-розподілу Стьюдента (n – число ступенів вільності; α – рівень значущості)

n	Двостороння критична область					
	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,002$	$\alpha = 0,001$
1	6,31	12,7	31,82	63,7	318,3	637,0
2	2,92	4,30	6,97	9,92	22,33	31,6
3	2,35	3,18	4,54	5,84	10,22	12,0
4	2,13	2,78	3,75	4,50	7,17	8,61
5	2,01	2,57	3,37	4,03	5,89	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,21	5,96
7	1,89	2,36	3,00	3,50	4,79	5,40
8	1,86	2,31	3,90	3,36	4,50	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,30	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,14	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,03	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,05	3,93	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	3,85	4,22
14	1,76	2,14	2,62	2,98	3,79	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	3,73	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	3,69	4,01
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,63	3,96
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,61	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,58	3,88
20	1,73	2,09	2,58	2,85	3,55	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,53	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,51	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,49	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,80	3,47	3,74
25	1,71	2,06	2,49	2,79	3,45	3,72
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,44	3,71
27	1,71	2,05	2,47	2,77	3,42	3,69
28	1,70	2,05	2,46	2,76	8,40	3,66
29	1,70	2,05	2,46	2,76	3,40	3,66
30	1,70	2,04	2,46	2,75	3,39	3,65
40	1,68	2,02	2,42	2,70	3,31	3,55
60	1,67	2,00	2,39	2,66	3,23	3,46
120	1,66	1,98	2,36	2,62	3,17	3,37
∞	1,64	1,96	2,33	2,58	3,09	3,23
n	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,0005$	$\alpha = 0,001$	$\alpha = 0,0005$
	Одностороння критична область					

Таблиця А.2 – Нижнє d_1 і верхнє d_2 критичні значення критерію Дарбіна–Уотсона (d -критерію) при 5%–ому рівні значущості (n – число спостережень; k' – число пояснюючих змінних моделі)

n	k'=1		k'=2		k'=3		k'=4		k'=5	
	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂
15	1,08	1,36	0,95	1,54	0,82	1,75	0,69	1,97	0,56	2,21
16	1,10	1,37	0,98	1,54	0,86	1,73	0,74	1,93	0,62	2,15
17	1,13	1,38	1,02	1,54	0,90	1,71	0,78	1,90	0,67	2,10
18	1,16	1,39	1,05	1,53	0,93	1,69	0,82	1,87	0,71	2,06
19	1,18	1,40	1,08	1,53	0,97	1,68	0,86	1,85	0,75	2,02
20	1,20	1,41	1,10	1,54	1,00	1,68	0,90	1,83	0,79	1,99
21	1,22	1,42	1,13	1,54	1,03	1,67	0,93	1,81	0,83	1,96
22	1,24	1,43	1,15	1,54	1,05	1,66	0,96	1,80	0,86	1,94
23	1,26	1,44	1,17	1,54	1,08	1,66	0,99	1,79	0,90	1,92
24	1,27	1,45	1,19	1,55	1,10	1,66	1,01	1,78	0,93	1,90
25	1,29	1,46	1,21	1,55	1,12	1,66	1,04	1,77	0,95	1,89
26	1,30	1,47	1,22	1,55	1,14	1,65	1,06	1,76	0,98	1,88
27	1,32	1,48	1,24	1,56	1,16	1,65	1,08	1,76	1,01	1,86
28	1,33	1,48	1,26	1,56	1,18	1,65	1,10	1,75	1,03	1,85
29	1,34	1,49	1,26	1,56	1,20	1,65	1,12	1,74	1,05	1,84
30	1,35	1,50	1,28	1,57	1,21	1,65	1,14	1,74	1,07	1,83
31	1,36	1,50	1,30	1,57	1,23	1,65	1,16	1,74	1,09	1,83
32	1,37	1,51	1,31	1,57	1,24	1,65	1,18	1,73	1,11	1,82
33	1,38	1,51	1,32	1,58	1,26	1,65	1,19	1,73	1,13	1,81
34	1,39	1,52	1,33	1,58	1,27	1,65	1,21	1,73	1,15	1,81
35	1,40	1,52	1,34	1,58	1,28	1,65	1,22	1,73	1,16	1,80
36	1,41	1,52	1,35	1,59	1,29	1,65	1,24	1,73	1,18	1,80
37	1,42	1,53	1,36	1,59	1,31	1,66	1,25	1,72	1,19	1,80
38	1,43	1,54	1,37	1,59	1,32	1,66	1,26	1,72	1,21	1,79
39	1,43	1,54	1,38	1,60	1,33	1,66	1,27	1,72	1,22	1,79
40	1,44	1,54	1,39	1,60	1,34	1,66	1,29	1,72	1,23	1,79
45	1,48	1,57	1,43	1,62	1,38	1,67	1,34	1,72	1,29	1,78
50	1,50	1,59	1,46	1,63	1,42	1,67	1,38	1,72	1,34	1,77
55	1,53	1,60	1,49	1,64	1,45	1,68	1,41	1,72	1,38	1,77
60	1,55	1,62	1,51	1,65	1,48	1,69	1,44	1,73	1,41	1,77
65	1,57	1,63	1,54	1,66	1,50	1,70	1,47	1,73	1,44	1,77
70	1,58	1,64	1,55	1,67	1,52	1,70	1,49	1,74	1,46	1,77
75	1,60	1,65	1,57	1,68	1,54	1,71	1,51	1,74	1,49	1,77
80	1,61	1,66	1,59	1,69	1,56	1,72	1,53	1,74	1,51	1,77
85	1,62	1,67	1,60	1,70	1,57	1,72	1,55	1,75	1,52	1,77
90	1,63	1,68	1,61	1,70	1,59	1,73	1,57	1,75	1,54	1,78
95	1,64	1,69	1,62	1,71	1,60	1,73	1,58	1,75	1,56	1,78
100	1,65	1,69	1,63	1,72	1,61	1,74	1,59	1,76	1,57	1,78

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОРГАНІЗАЦІЯ АУДИТОРНОЇ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРІВ	
3 ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
2 ЗАСОБИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО	
КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ МАГІСТРІВ.....	17
3 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ.....	19
3.1 Роль і місце статистики якості в загальному управлінні якістю.....	19
3.1.1 Теоретичні відомості.....	19
3.1.2 Питання для самоперевірки.....	30
3.1.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	30
3.2 Статистична оцінка ознак якості. Варіація ознак якості та її вимір.....	31
3.2.1 Теоретичні відомості.....	31
3.2.2 Питання для самоперевірки.....	37
3.2.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	37
3.3 Вибіркове спостереження.....	38
3.3.1 Теоретичні відомості.....	38
3.3.2 Питання для самоперевірки.....	42
3.3.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	42
3.4 Графічний метод статистичного управління якістю.....	42
3.4.1 Теоретичні відомості.....	42
3.4.2 Питання для самоперевірки.....	49
3.4.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	49
3.5 Розподіл ознак якості.....	49
3.5.1 Теоретичні відомості.....	49
3.5.2 Питання для самоперевірки.....	53
3.5.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	54
3.6 Статистична перевірка гіпотез.....	54
3.6.1 Теоретичні відомості.....	54
3.6.2 Питання для самоперевірки.....	59
3.6.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	59
3.7 Визначення залежностей між ознаками якості.....	59
3.7.1 Теоретичні відомості.....	59
3.7.2 Питання для самоперевірки.....	72
3.7.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	72
3.8 Теоретичні основи статистичного управління процесами.....	72
3.8.1 Теоретичні відомості.....	72
3.8.2 Питання для самоперевірки.....	86
3.8.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	86
3.9 Застосування комп'ютерних технологій при використанні	
статистичних методів в управлінні якістю.....	86
3.9.1 Теоретичні відомості.....	86
3.9.2 Питання для самоперевірки.....	89
3.9.3 Орієнтовні теми ІНДР, рефератів.....	89

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	90
ДОДАТОК А Витяг з таблиць критичних значень деяких статистичних критеріїв.....	93