

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено
В.о. завідувача кафедри

_____ Явіся В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ _____ ” _____ 2018р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.
(код і назва)

спеціалізація Апаратно-програмні засоби електронних комунікацій

на тему: Методика вибору метода оцінки якості надання послуг в мобільних мережах четвертого покоління.

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЗ-71мп
(шифр групи)

Прут Андрій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент Явіся Валерій Сергійович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____
(назва розділу) _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018_ рік

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ.....	10
1.1 Визначення поняття якості послуг зв'язку.....	10
1.2 Стандартизація якості послуг зв'язку.....	7
1.3 Аналіз міжнародного досвіду управління якістю послуг.....	18
1.4 Аналіз законодавства України.....	25
1.5 Підсумок аналізу законодавства.....	28
Висновки до Розділу 1	31
РОЗДІЛ 2. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ	32
2.1 Основи статистичного забезпечення якості.....	32
2.2 Поняття вибіркового приймального контролю	33
2.3 Реалізація випадкового відбору.....	36
2.4 Вибіркові характеристики і їх властивості.....	36
2.5 Перевірка статистичних гіпотез	37
2.6 Процедура перевірки параметричних гіпотез і властивості параметричних гіпотез.....	39
2.7 Поняття приймального контролю	42
2.8 Однократні плани контролю.....	44
2.9 Двократні плани вибіркового контролю.....	47
2.9.1 Визначення двократного плану контролю	47
2.9.2 Опис методу контролю.....	48
Висновки до Розділу 2	50
РОЗДІЛ 3. ПЛАНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИБІРКОВОГО КОНТРОЛЮ	51
3.1 Опис планів безперервного вибіркового контролю	51
3.2 Плани контролю CSP-1	51
3.3 Блокові плани безперервного вибіркового контролю.....	59
3.4 Контрольні карти.....	61
3.4.1 Типи контрольних карт	62
3.4.2 Переваги контрольних карт для безперервних змінних і контрольних карт по альтернативного ознакою.....	64

3.4.3 Контрольна карта накопичених сум (>CUSUM-карта)	64
3.5 Принципи побудови контрольних карт і цілі їх використанні.....	65
Висновки до Розділу 3	67
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ	68
4.1 Постановка задачі.....	68
4.2 Методика для здійснення контролю за коефіцієнтом неготовності мережі..	69
4.2.1 Визначення коефіцієнту неготовності мережі	69
4.2.2 Методика проведення одного вимірювання	71
4.2.3 Побудова простого плану контролю з заданими властивостями	75
4.2.4 Обробка результатів випробувань та висновки	78
4.3 Методики для оцінки нормованого часу підключення та реєстрації у мережі	78
4.3.1 Визначення нормованого часу підключення та реєстрації у мережі PLMN (<i>Public land mobile network</i>).....	78
4.3.2 Плани вибіркового контролю при односторонньому обмеженні й невідомій дисперсії	79
4.3.3 Синтез оперативної характеристики для визначення нормованого часу підключення та реєстрації в мережі	80
Висновки до розділу 4	86
ВИСНОВКИ.....	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	88
Додаток А.....	90
Додаток Б	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- Generation Partnership Project (Міжнародний партнерський проект, створений для стандартизації систем третього покоління)
- Acceptance Quality Limit (прийнятний рівень дефектності)
- (Європейський інститут стандартів з телекомунікацій)
- Fiber-to-the-Home (технологія «волокно до абонента»)
- The Internet Engineering Task Force (Цільова інженерна група Інтернету)
- Internet Protocol (міжмережевий протокол)
- KPI – Key performance indicators (ключові показники ефективності)
- Performance (параметри, що характеризують роботу мережі зв'язку)
- Peer-to-peer (однорангова взаємодія)
- зона обслуговування мобільної мережі)
- Quality of Experience (якість сприйняття)
- Quality of Service (якість послуги)
- (гранично допустимий рівень дефектності)
- Service Layer Agreement (Угода про рівень обслуговування)
- Service (послуга передачі коротких текстових повідомлень)
- Speechand Multimedia Transmission Quality Technical Committee (Технічний комітет з якості послуг при передачі голосової та мультимедійної інформації)
- MSE – Міжнародний союз електрозв'язку
- MSE-P – Сектор радіозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку
- MSE-T – Сектор стандартизації телекомунікацій Міжнародного союзу електрозв'язку
- СНД – Співдружність незалежних держав
- ШСД – Широкосмуговий доступ

ВСТУП

Мобільний телефонний зв'язок сьогодні — це одна з найбільш успішних та дуже динамічних за розвитком областей радіозв'язку. Все більша кількість людей користується мобільними телефонами як звичайним та необхідним засобом комунікації.

Сьогодні в Україні налічується вже більш ніж 56 млн абонентів різних мобільних операторів. Рівень проникнення мобільного зв'язку складає близько 133%. За 10 років, починаючи з 2007 року, кількість абонентів мобільного зв'язку збільшилася майже в 10 разів (39 млн. абонентів в 2007 році і 56 млн. за станом на кінець 2016 року). Так само, як і кількість абонентів, стрімко змінюється і саме поняття мобільного телефону і мобільного зв'язку. Нам вже недостатньо просто телефонних дзвінків чи текстових повідомлень, мобільний телефон став основним засобом комунікації, невід'ємною складовою нашого життя. З'явилося поняття «мультисервісна мережа», спектр послуг, що надаються, розширюється з кожним днем. Користувачі розширюють свої вимоги до кількості та якості сервісів. Тому перед операторами мобільного зв'язку в умовах високої конкуренції та користувацької освіченості стоїть завдання забезпечення заявленого рівня якості обслуговування.

Виходячи з цих умов, постає питання контролю за якістю послуг, що надаються оператором мобільного зв'язку. Таким чином, управління якістю послуг, що надаються забезпечить оператору телекомунікацій підтримувати систему з гарантованим рівнем якості.

Складність побудови системи управління якістю заключається в таких основних факторах:

- 1) Багато абонентів;
- 2) Багато параметрів, які потребують контролю за якістю;
- 3) Велика кількість сервісів, для яких потрібно розробити систему управління;
- 4) Розміщення обладнання для збору інформації;
- 5) План здійснення збору інформації;
- 6) Вибір типу перевірки: суцільна чи вибіркова.

Отже, створення системи управління якістю послуг, що надаються являється актуальною задачею, що стоїть перед операторами телекомунікацій.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Визначення поняття якості послуг зв'язку

На даний момент часу загальноприйнятого визначення поняття якості не існує. Різні організації дають визначення якості відповідно до вирішуваних ними завданнями. Тільки в Рекомендаціях МСЕ -Т можна знайти 13 різних визначень QoS.

Загальне визначення поняття якості наведено в міжнародному стандарті ISO 8402 1994 року: «сукупність характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби». У 2000 році стандарт ISO 8402 був замінений стандартом ISO 9000, в якому поняття «якість» визначено як ступінь відповідності власних характеристик вимогам.

На основі загального поняття якості стандарту ISO 8402 були визначені основні терміни в області якості послуг зв'язку (Quality of Service, QoS), вперше наведені в Рекомендації МСЕ -Т E.800. У Рекомендації МСЕ -Т E.800 дано таке визначення QoS: «сукупний показник експлуатаційних характеристик послуги, що визначає ступінь задоволеності користувача послугою».

Численні публікації, включаючи міжнародні стандарти, використовують поняття QoS, але або не визначають його, або дають посилання на одну з наведених вище визначень. Наприклад, у багатьох стандартах, звітах і специфікаціях при використанні поняття QoS посилаються на Рекомендацію МСЕ -Т E.800.

Крім того використовується поняття «якість сприйняття» (Quality Of Methodology оцінки якого і основне значення параметрів представлені в Рекомендації G.1011.

В цілому якість послуги характеризується сукупністю наступних основних споживчих властивостей: забезпеченістю, зручністю використання, дієвістю, безпекою та іншими властивості, специфічними для кожної послуги.

Забезпеченість послуги - здатність оператора зв'язку надавати послугу (набір послуг) і забезпечувати обслуговування користувача з найкращим чином.

Зручність використання - властивість послуги, що характеризує, наскільки успішно і просто користувач може її отримати.

Дієвість - властивість послуги бути наданою тоді, коли це необхідно користувачу, і тривати без надмірного погіршення протягом необхідного часу в межах визначених допусків і в заданих умовах).

Безпека - властивість послуги бути захищеною від несанкціонованого доступу, зловмисного і неправильного використання, навмисного псування, помилок людини і стихійних лих. З чотирьох перерахованих вище властивостей найважливішим є дієвість, яка, в свою чергу, має три складові:

доступність - властивість послуги бути наданою тоді, коли це необхідно користувачу;

безперервність - властивість послуги, будучи наданою, тривати протягом необхідного часу;

цілісність - властивість послуги, будучи наданою, забезпечуватися без надмірного погіршення.

Існуюче різноманіття різних визначень характеризує складність визначення всіх аспектів, що відносяться до поняття QoS.

Якість послуги залежить від характеристик функціонування мережі визначають здатність мережі або її частини виконувати функції, що забезпечують зв'язок між користувачами.

QoS - це результат сприйняття користувача, в той час як NP визначається експлуатаційними характеристиками окремих мережевих елементів чи експлуатаційними характеристиками всієї мережі в цілому.

Таким чином, QoS не тільки задається або визначається показниками, які можуть бути виражені технічними показниками, але також визначається суб'єктивним показником, який визначає очікуване і сприймається користувачем якість.

Стандартизація якості послуг зв'язку

Стандартизацією якості послуг на міжнародному рівні займаються Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ), включаючи Сектор телекомунікацій (МСЕ-Т) і Сектор радіозв'язку (МСЕ-Р), Європейський інститут з телекомунікаційних стандартів (European Telecommunications Standardization) а також партнерство 3GPP.

У МСЕ розробкою рекомендацією, що відносяться до питань забезпечення якості послуг у мережах фіксованого зв'язку, включаючи кінцеве обладнання, мережі доступу, транспортні мережі, мережі телефонного зв'язку, займається сектор МСЕ -Т, а питаннями забезпечення якості послуг в мережах бездротового зв'язку, включаючи, кінцеве обладнання, мережі рухомого зв'язку, супутникового зв'язку, займається сектор МСЕ-Р.

МСЕ-Т розробив базові рекомендації, що створюють загальну основу для стандартизації питань забезпечення якості послуг в мережах електрозв'язку, включаючи наступні рекомендації (таблиця 1.1)

Провідною дослідницькою комісією (ДК) МСЕ -Т у сфері якості послуг зв'язку є ДК 12 («Параметри роботи мережі, якість послуг і якість сприйняття»). У МСЕ-Р раніше питаннями якості послуг займалася ДК 8 (послуги). На даний момент часу ДК 8 розформована, а її запитання розподілені між ДК 4 і ДК 5.

Таблиця 1.1 – Базові рекомендації МСЕ-Т

Номер рекомендації	Назва рекомендації	Зміст рекомендації
МСЕ-Т	«Якість послуг зв'язку»	Приведено загальне визначення QoS.
МСЕ-Т	«Категорії якості послуг мультимедіа з точки зору кінцевого користувача »	Наведено категорії QoS для послуг мультимедіа з точки зору кінцевого користувача, а також їх співвідношення з характеристиками роботи мережі.
МСЕ-Т E.800	"Терміни та визначення, що відносяться до якості послуг зв'язку та роботи мереж, включаючи надійність»	Наведено поняття якості послуг.
МСЕ-Т	«Параметри роботи мереж для надання послуг, що базуються на протоколі IP ».	Наведено класи QoS і деякі параметри QoS для мереж з комутацією пакетів по протоколу IP.
МСЕ-Т	QoS для послуг, що надаються в режимі реального часу по кабельних телевізійних лініях з використанням кабельних модемів ».	Наведено параметри QoS, необхідні для додатків, що вимагають режиму реального часу.

MCE-T X.140	Параметри якості послуг зв'язку для мереж передачі даних загального користування».	Наведено набір параметрів QoS для мереж передачі даних загального користування.
----------------	--	---

Одним з найбільш важливих документів, підготовлених раніше діючої ДК 8 МСЕ-Р, є рекомендація МСЕ-Р М.1079-2. Дана рекомендація визначає вимоги до QoS в мережах доступу ІМТ-2000 при передачі голосової інформації і даних, а також вимоги до часу встановлення з'єднання, затримці в мережі доступу ІМТ-2000 при встановленні з'єднання.

У ETSI стандартизацією вимог до якості послуг, у тому числі для мереж рухомого зв'язку, займається технічний комітет з якості послуг при передачі голосової та мультимедійної інформації (Speech and Multimedia Transmission). Розробку питань якості різними технічними комітетами ETSI і в своїй роботі тісно взаємодіє з МСЕ, 3GPP, Європейським комітетом з стандартизації в галузі електротехніки (European Committee for Electrotechnical Standardisation,

У повноваження TCSTQ входять питання забезпечення якості, що відносяться до стандартизації кінцевого і мережевого устаткування, використовуваного для передачі голосової та мультимедійної інформації, параметри роботи мережі з кінця в кінець, параметри QoS для мережі і послуг, і методи оцінки якості сприйняття.

Основні документи ETSI, в яких наведено загальні підходи до забезпечення якості послуг зв'язку, представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні документи ETSI, в яких наведено загальні підходи до забезпечення якості послуг зв'язку

Номер документа	Назва документа	Зміст документа
		Визначення понять «QoS» і «NP», їх взаємозв'язок.
		Параметри QoS для голосових послуг в мережах телефонного зв'язку і ISDN.

		Визначення параметрів QoS для різних послуг. Загальні рекомендації з вимірювання цих параметрів і збору статистики.
		Визначення параметрів QoS для послуг телефонного зв'язку, передачі факсимільних повідомлень, передачі даних і передачі коротких текстових повідомлень (SMS) в мережах телефонного зв'язку. Загальні рекомендації з вимірювання цих параметрів і збору статистики.
		Визначення параметрів QoS для мереж рухомого зв'язку. Загальні рекомендації з вимірювання цих параметрів і збору статистики.
		Визначення параметрів QoS для мережі Інтернет. Загальні

		рекомендації з вимірювання цих параметрів і збору статистики.
		Визначення параметрів QoS для послуг, що надаються в мережах GSM і 3G.
		Правила розрахунку параметрів QoS для послуг, що надаються в мережах GSM і 3G. Наведено відповідність між фазами з'єднання, які сприймає користувач, і фазами з'єднання в мережі зв'язку.
		Загальні рекомендації по вимірах параметрів QoS для кожної послуги, що надається в мережі рухомого зв'язку.
		Мінімальні вимоги до вимірювального обладнання.
		Умови, при яких рекомендується проводити вимірювання в мережах рухомого зв'язку.
		Статистичні методи обробки результатів

		вимірювань параметрів QoS, застосовувані в мережах GSM і 3G.
		Підхід до вимірювання параметрів QoS в мережах GSM і 3G.
		Опис класів послуг UMTS. Модель QoS від одного мобільного терміналу до іншого.

Основні документи 3GPP, в яких наведено загальні підходи до забезпечення якості послуг зв'язку, представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні документи 3GPP, в яких наведено загальні підходи до забезпечення якості послуг зв'язку

Номер документа	Назва документа	Зміст документа
		Вимоги до архітектури підтримки QoS в мережах рухомого зв'язку, побудованих з використанням технології комутації пакетів IP і IMS.
		Потоки сигналізації для резервування мережевих ресурсів відповідно з показниками якості в мережах рухомого зв'язку, побудованих з

		використанням технології комутації пакетів IP і IMS.
		Модель відображення параметрів QoS між протоколами верхнього і нижніх рівнів.
		Сценарії встановлення з'єднань в мережах рухомого зв'язку, побудованих на технологіях комутації пакетів IP і IMS, з урахуванням забезпечення якості послуг.
		Класифікація послуг і параметри якості в мережах рухомого зв'язку.
		Основні аспекти QoS, що сприймаються користувачами послугами стосовно до мереж LTE.

Аналіз міжнародного досвіду управління якістю послуг

На сучасному ринку послуг зв'язку, на якому попит на послуги зв'язку досяг насичення, основну увагу операторів зв'язку спрямовано на розширення переліку послуг та підвищення їх якості. Згідно із дослідженням, проведеним компанією A.T. Kearney, яка розглядала 21 країну, вимоги щодо забезпечення якості послуг у більшості закордонних країн відносяться до послуг

фіксованого телефонного зв'язку, універсальних послуг, послуг рухомого зв'язку і доступу в Інтернет.

Накладення вимог до якості послуг фіксованого зв'язку пояснюється тим, що мережі телефонного зв'язку історично складають основу телекомунікаційної інфраструктури, тому в більшості закордонних країн на операторів зв'язку накладаються вимоги по вимірюванню якості послуг і опублікуванню результатів вимірювань.

Що стосується універсальних послуг, то вони повинні надаватися громадянам за прийнятними цінами з необхідною якістю. У тих країнах (наприклад, Канада, США, Фінляндія), де регулюючі органи не встановили вимоги до якості універсальних послуг, оператори зв'язку зобов'язані публікувати звіти про якість послуг на своїх web-сайтах і в місцях продажу. До операторів зв'язку, які не виконують встановлені вимоги, застосовуються штрафні санкції.

У деяких країнах, наприклад, Італія, Латвія, Індія та інших, встановлено мінімальні вимоги до якості послуг рухомого зв'язку і доступу в Інтернет.

Відповідно до звіту «Quality of services monitoring. International practices», опублікованому МСЕ в листопаді 2016 року, постійно зростає кількість країн, що здійснюють моніторинг якості послуг зв'язку. Так, якщо в 2009 році їх кількість становила 76, то вже в 2016 році - 146 країн, включаючи країни Європи, Північної і Південної Америки, Азіатсько-Тихоокеанського регіону, СНД, Африки та Арабські країни (рисунки 1.1).

Основними цілями моніторингу якості послуг зв'язку є:

- підтримка конкурентоспроможності на телекомунікаційному ринку ;
- визначення необхідності розширення, модернізації мережі зв'язку для забезпечення підтримки контрольованих значень показників якості послуг зв'язку при зростаючому обсязі пропускається трафіку;
- залучення нових абонентів і збереження лояльності існуючих абонентів шляхом опублікування результатів вимірювань якості послуг зв'язку, підтримуваних мережею зв'язку.



Рисунок 1.1 – Динаміка кількості країн, що здійснюють моніторинг якості послуг

Відповідно до світового досвіду завдання забезпечення якості послуг зв'язку вирішується таким чином (див. рисунок 1.2).

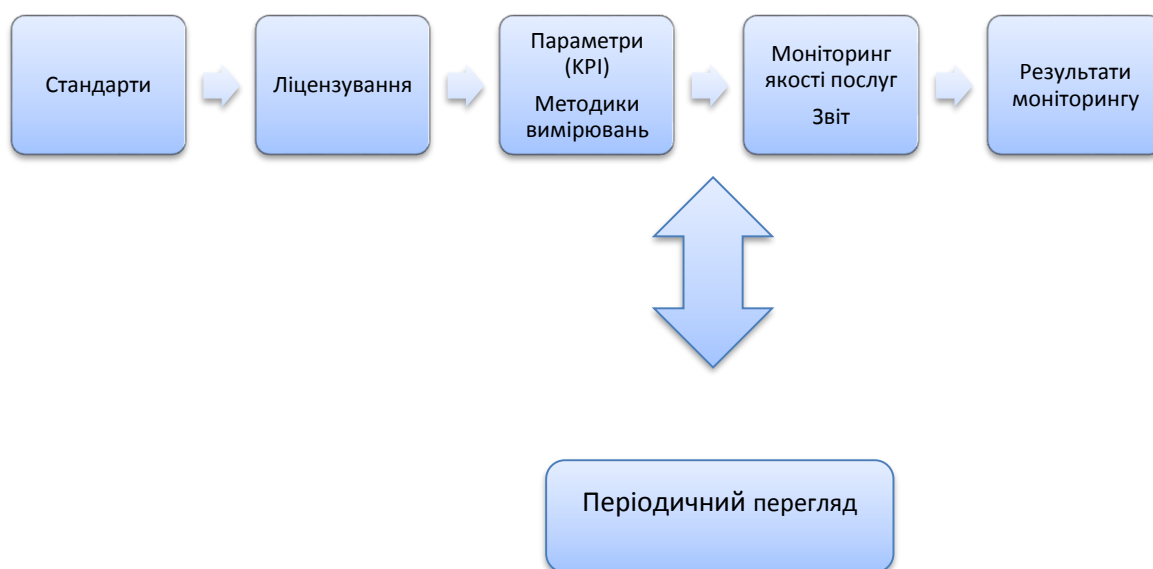


Рисунок 1.2 – Рішення задачі забезпечення якості послуг зв'язку

Як видно з рисунка 1.2 вимоги до переліку показників якості послуг зв'язку можуть встановлюватися в стандартах міжнародних організацій, таких як МСЕ, ETSI, національних стандартах, галузевих стандартах та інших документах.

Умови щодо підтримки якості послуг зв'язку можуть встановлюватися:

1. в ліцензійних умовах, наприклад, Франція, Індія, Пакистан;
2. в національному законодавстві, наприклад, Малайзія, Сінгапур, Танзанія ;
3. в галузевих керівних документах, наприклад, Австралія.

Методики вимірювань показників якості послуг зв'язку можна розділити на:

- методики вимірювань показників, що характеризують роботу мережі зв'язку, наприклад, середній час встановлення з'єднання, кількість скинутих викликів, частка успішних викликів, швидкість з'єднання, доступність мережі за рівнем радіосигналу, частка успішно переданих повідомлень SMS та ін.;
- методики вимірювань показників, що впливають на задоволеність користувачів послугами зв'язку, наприклад, правильність нарахування оплати в рахунку, помилки під час виставлення рахунку.

Моніторинг якості послуг зв'язку здійснюється шляхом вимірювань на мережі зв'язку, які можуть спиратися як на статистичні дані або контрольні вимірювання, так і на підставі опитувань користувачів послугами зв'язку та аналізу поданих ними претензій.

Результатами моніторингу якості послуг зв'язку є:

- повідомлення регулюючого органу на Web-сайті, в прес-релізах ;
- публікації в засобах масової інформації;
- накладення адміністративного штрафу;
- судові розгляди.

Крім цього, передбачена процедура перегляду показників якості послуг зв'язку, методик вимірювань та проведення вимірювань. Як показує іноземний досвід, періодичність перегляду здійснюється один раз на три роки.

Раніше, коли були поширені лише мережі фіксованого телефонного зв'язку, вимоги до забезпечення якості накладалися на операторів мереж фіксованого зв'язку. Оскільки сучасні мережі телефонного зв'язку на практиці стали універсальними і перейшли на технологію комутації пакетів по протоколу IP, в яких доступ до послуг зв'язку здійснюється по мережах фіксованого і мобільного широкосмугового доступу, то першочерговим завданням, яку іноземні регулюючі органи ставлять перед операторами зв'язку, полягає в забезпеченні якості послуг широкосмугового доступу.

Наприклад, британський регулюючий орган в галузі зв'язку Ofcom в 2008 році опублікував нові правила «Code of Practice» для постачальників послуг Інтернету, згідно з якими останні повинні гарантувати користувачам послуг широкосмугового доступу заявлені ними швидкості доступу в Інтернет. Дані дії Ofcom були викликані тим, що користувачі, підписавшись на послуги доступу в Інтернет, часто отримують доступ в Інтернет на швидкостях нижче, ніж постачальники послуг Інтернету оголошують у своїх рекламних кампаніях.

Для того, щоб ясно уявляти, які зміни відбуваються на ринку послуг широкосмугового доступу, Ofcom вирішив публікувати офіційні звіти про діяльність постачальників послуг Інтернету на всій території Великобританії. У зв'язку з цим регулюючий орган Ofcom проводить незалежні від операторів зв'язку дослідження з визначення реальних швидкостей доступу в Інтернет у користувачів. При цьому користувачам також надається можливість самостійно протестувати швидкість доступу в Інтернет за допомогою спеціального web-сайту (http://www.thinkbroadband.com/speedtest.html?utm_source=mainsite&utm_medium=navigation&utm_campaign=speedtest&utm_content=sidebar).

Крім цього, регулятор Ofcom уклав договір з компанією Eritiro, відповідно до якого компанія буде проводити тестування пропускну здатності на мережах операторів мереж рухомого зв'язку. При проведенні вимірювань компанія Eritiro буде використовувати свою технологію вимірювань ipQ «Consumer Experience», щоб охопити більшу кількість ключових показників ефективності (KPI), в тому числі доступність, надійність і пропускну здатність мереж рухомого зв'язку. Зібрані дані будуть аналізуватися для того, щоб визначити, як змінюються швидкості передачі даних при наданні послуг широкосмугового доступу.

В Іспанії національний регулюючий орган МСТ зобов'язав операторів зв'язку публікувати кожен квартал ключові показники і параметри якості послуг, включаючи реальні швидкості доступу до мережі Інтернет. На підставі цих даних регулятором складаються і публікуються офіційні звіти.

У Німеччині національний регулюючий орган Bundesnetzagentur почав проводити дослідження вимірювань якості послуг ШПД. Це дослідження спрямоване на те, щоб надати користувачам можливість самостійно контролювати такі показники і параметри якості послуг широкосмугового доступу як швидкість, затримка передачі та інші. Дане дослідження почалося в другому півріччі 2012 року і доступно в режимі онлайн для того, щоб дозволити користувачам перевіряти свої абонентські лінії (<http://www.initiative-netzqualitaet.de/startseite/>).

Італійський регулятор AGCOM в 2008 році відповідно до документу Delibera n. 244/08/CSP створив систему вимірювання та моніторингу і почав проводити тестування швидкостей доступу до мережі Інтернет (<https://www.misurainternet.it>). Мета вимірювань полягає в тому, щоб надати користувачам послугами Інтернету і регулятору достовірну інформацію про діяльність кожного оператора зв'язку/постачальника послуг Інтернету і використовуваних ними технологіях (xDSL, кабель, FTTH). Дані вимірюються як операторами зв'язку/постачальниками послуг Інтернету (тестування абонентських ліній), так і самими користувачами (за допомогою програмного забезпечення, що завантажується).

Починаючи з 2010 року подібні вимірювання почали проводитися в мережах мобільного ШСД.

У 2009 фінський регулятор FICORA зобов'язав операторів зв'язку проводити вимірювання якості послуг зв'язку. Регулюючий орган FICORA також рекомендував (але не вимагав) операторам надавати користувачам необхідний інструментарій для самостійного вимірювання якості надаваних їм послуг зв'язку. Крім цього, регулюючий орган прийняв правовий акт, що встановлює мінімальні вимоги до якості до ряду послуг доступу до мережі Інтернет.

Національний регулятор Латвії SPRK наприкінці 2009 прийняв рішення, відповідно до якого була проведена класифікація послуг доступу до мережі Інтернет на дванадцять категорій, залежно від швидкості доступу в напрямку до / від абонента. У зв'язку з цим постачальники послуг Інтернету повинні щорічно надавати регулятору деталізацію по шести параметрах для кожної категорії послуги:

- середня швидкість;
- середній час завантаження і затримки;
- середній час очікування ;
- середній час втрати пакета ;
- середній час на ремонт абонентської лінії;
- середня сервісна доступність.

У щорічних звітах повинні приводитися порівняльні дані поточного року з попереднім роком. Звіти публікуються на офіційному сайті регулятора, які дозволяють користувачам отримувати достовірну інформацію про діяльність постачальників послуг Інтернету і проводити їх порівняння.

Раніше, в 2007 році, регулятор також запросив від постачальників послуг Інтернету включати показники і параметри якості послуг: гарантовані

швидкості завантаження, доступність послуги, час відновлення абонентської ліній - в договори з абонентами як один з механізмів захисту прав споживачів.

У 2011 національний регулятор Румунії ANCOM прийняв рішення, відповідно до якого оператори зв'язку повинні опубліковувати і включати в договори з кінцевими користувачами показники і параметри якості послуг (QoS) для того, щоб користувачі мали можливість порівнювати запропоновані різними операторами зв'язку послуги доступу в Інтернет.

У США Федеральна комісія із зв'язку (FCC) вимагає від постачальників послуг Інтернету опубліковувати інформацію про параметри, що характеризують роботу мережі зв'язку, і якість послуг. На підставі цих даних регулятором складаються і публікуються офіційні звіти «Measuring Broadband America». Так наприклад, у звіті, опублікованому FCC в липні 2012 року, зазначається, що більшість постачальників послуг доступу в Інтернет надають послуги широкопasmового доступу на швидкостях, заявлених у рекламних кампаніях, а в деяких випадках, такі оператори як Comcast і Verizon, які надають послуги широкопasmового доступу на базі оптичних технологій, пропонують швидкості доступу в Інтернет, що перевищують очікування користувачів, тобто швидкості доступу в Інтернет набагато вище в порівнянні з заявленими в рекламі (таблиця 1.1).

Таблиця 1.4 – Рівень забезпечення заявленої швидкості передачі на практиці

Назва провайдера Інтернет	послуг	2015 рік*	2016 рік*
AT&T		81%	87%
Cablevision		54%	120%
CentryLink		87%	89%
Charter		96%	98%
Comcast		101%	103%
Cox		95%	95%
Frontier		81%	79%
Insight		89%	92%
Mediac		75%	100%
Qwest		77%	83%
TimeWarner		91%	96%
Verizon (DSL)		86%	87%
Verizon (Fiber)		114%	120%

Windstream	85%	84%
<i>Джерело: FCC</i>		

Так само FCC надає на web-сайті самостійно вимірювати швидкість широкосмугового з'єднання. Крім цього, на початку вересня 2012 року FCC оголосила про нову Програму «MeasuringMobileAmerica», яка направлена на проведення тестування доступу в Інтернет в мережах мобільного широкосмугового доступу.

В більшості країн моніторинг якості послуг (в порядку зниження кількості країн, в яких встановлені вимоги до моніторингу послуги кожного виду) стосується наступних послуг зв'язку:

1. Послуги фіксованого зв'язку;
2. Послуги рухомого зв'язку;
3. Послуги доступу в інтернет;
4. Універсальні послуги, за виключенням країн Європи, в яких пред'являються вимоги до операторів універсальних послуг зв'язку;
5. інші.

При цьому вимоги щодо забезпечення моніторингу якості послуг зв'язку накладаються на наступних операторів зв'язку / постачальників послуг:

- оператори мереж фіксованого зв'язку;
- оператори мереж рухомого зв'язку;
- оператори зв'язку, що займають істотне становище на ринку;
- оператори універсальних послуг зв'язку / оператори доступу;
- оператори віртуальних мереж зв'язку, включаючи MVNO;
- постачальники послуг;
- інші.

Приклади моніторингу якості послуг з країнами наведено в додатку А.

Відповідно із зарубіжним досвідом загальною практикою моніторингу якості послуг для всіх країн є:

- визначення показників якості послуг зв'язку та норм на них ;
- розробка методики вимірювань;
- проведення вимірювань самостійно операторами зв'язку та / або контролюючими органами, а також незалежними компаніями ;

- публікація даних про якість послуг і звітів про результати вимірювань показників якості послуг зв'язку може здійснюватися один раз на квартал, раз на півроку або один раз на рік.

Як показує закордонна практика, найпопулярніший спосіб представлення даних про QoS - публікація на web-сайті оператора зв'язку. При цьому інформація, що публікується на web-сайті повинна відображати результати останніх вимірювань і повинна бути зрозуміла користувачам послугами, тобто повинна бути точною, короткою і з зазначенням періоду часу, протягом якого проводилися виміри. При цьому варто відзначити, що публікація даних про якість послуг на web-сайті оператора зв'язку в більшості країн створює труднощі для користувачів в порівнянні показників якості послуг різних операторів зв'язку, оскільки оператори зазвичай публікують дані без зіставлення їх з результатами конкуруючих операторів зв'язку. Публікація звітів, в яких представляються дані про показники якості послуг різних операторів, якраз і дозволяє користувачам порівнювати показники і параметри якості між декількома операторами зв'язку.

Аналіз законодавства України

Головним державним регулюючим органом України є Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ). У сфері телекомунікацій, інформатизації, користування радіочастотним ресурсом та надання послуг поштового зв'язку НКРЗІ здійснює повноваження органу ліцензування, дозвільного органу, регуляторного органу та органу державного нагляду (контролю).

Українські стандарти з питань контролю якості телекомунікаційних послуг:

СОУ 64.2 – 00017584 – 001:2009

СОУ 64.2 – 00017584 – 002:2009

СОУ 64.2 – 00017584 – 005:2009

СОУ 64.2 – 00017584 – 006:2009

розроблені у відповідності з вимогами стандартів ETSI:

ETSIEG 202 057-1 V1.3.1 (2008-07), Transmission and Quality Aspects (STQ);

User related QoS parameter definitions and measurements;Part 1: General

ETSI EG 202 057-2 V1.2.1 (2005-10)Speech Processing, Transmission and Quality

Aspects (STQ);User related QoS parameter definitions and measurements;Part 2:

Voice telephony, Group 3 fax, modem data services and SMS

ETSI EG 202 057-3 V1.1.1 (2005-04) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 3: QoS parameters specific to Public Land Mobile Networks (PLMN)

ETSI TS 102 250-1 V1.2.1 (2007-03) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Service criteria

ETSI TS 102 250-2 V1.6.2 (2008-09) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation

ETSI TS 102 250-3 V1.4.1 (2008-12) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 3: Typical procedures for Quality of Service measurement equipment

ETSI TS 102 250-4 V1.3.1 (2009-03) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 4: Requirements for Quality of Service measurement equipment

ETSI TS 102 250-5 V1.5.1 (2008-05) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 5: Definition of typical measurement profiles

ETSI TS 102 250-6 V1.2.1 (2004-10) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 6: Post processing and statistical methods

Контроль за якістю телекомунікаційних послуг базується на принципах (у відповідності до ETSI ETR 138, ETSI EG 202 057-1, ETSI EG 202 057-2, ETSI EG 202 057-3, ETSI EG 202 057-4):

- принцип 1

Параметри повинні бути зрозумілими для споживачів послуг, корисними і важливими для них.

- принцип 2

Вимірювання параметрів повинні контролюватися при підключенні до телекомунікаційної мережі. Виміри повинні здійснюватися в процесі надання послуг. Щоб бути реалістичними, наскільки це можливо, реальний трафік, а не тестові виклики повинні використовуватися при проведенні вимірювань.

- принцип 3

Параметри повинні контролюватися незалежними організаціями. Контроль може бути здійснений шляхом безпосередніх вимірювань або аудиторської перевірки.

- принцип 4

Точність оцінки залежить від методів вимірювання. Методи повинні бути простими і не витратними.

- принцип 5

Параметри якості визначаються на основі простих статистичних оцінок. Вимоги до статистичних оцінками, в тому числі щодо визначення обсягу вибіркової сукупності повинні бути стандартизовані.

Згідно з Положенням про якість телекомунікаційних послуг:

- випробування якості телекомунікаційної послуги - процес виконання сукупності операцій і правил вимірювання параметрів якості послуг та обчислення показників якості телекомунікаційної послуги за встановленою методикою;
- параметр якості телекомунікаційної послуги - кількісна характеристика послуги, отримана в результаті вимірювання, опитування або як дані звітності;
- показник якості телекомунікаційної послуги - кількісна характеристика послуги, яка отримана шляхом розрахунку з параметрів якості та визначає результат діяльності оператора, провайдера телекомунікацій з надання послуг та обслуговування споживачів;
- якість телекомунікаційної послуги - сукупність показників, які характеризують споживчі властивості телекомунікаційної послуги та визначають її здатність задовольнити заявлені, встановлені і замовлені потреби споживача послуги.

Також в цьому положенні зазначається, що оператори телекомунікацій зобов'язані проводити випробування показників якості телекомунікаційних послуг та надавати звіти про ці випробування.

В Наказі № 147 Міністерства транспорту та зв'язку України від 19.03.2010 «Про встановлення рівнів якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку» встановлені показники та параметри якості основних послуг, додаткових послуг та якості обслуговування споживачів (додаток Б).

Підсумок аналізу законодавства

На сьогодні світовою тенденцією є стрімкий розвиток інформаційного суспільства. І рівень розвитку напряду залежить від рівня задоволення певним переліком телекомунікаційних послуг, за гарантованими державою цінами для усіх верств населення на всій території країни в будь-який момент часу. Цей показник визначає наскільки ефективна державна політика тієї чи іншої країни в цій сфері.

Також при побудові інформаційного суспільства головною рушійною силою в розвитку інформаційно-комунікаційних технологій є транспортна складова – телекомунікаційні мережі. Тому, чим краща транспортна мережа, тим ефективніша державна політика.

Державна політика не виникає сама по собі. Вона є результатом складного процесу вироблення та прийняття державних рішень, спрямованих на розв'язання проблем у різних сферах суспільного життя.

Телекомунікації відіграють значну роль в соціальній та економічній діяльності суспільства, забезпечуючи підтримку розвитку економіки держави та соціальної сфери. Розвиток телекомунікацій повинен здійснюватися випереджувальними темпами порівняно із загальними темпами розвитку економіки і буде визначальним на найближчу і більш віддалену перспективу. Повільні темпи розвитку телекомунікацій спричиняють зниження конкурентоспроможності економіки України. Телекомунікації відіграють значну роль у прискоренні розвитку економіки та соціальної сфери.

Виходячи із завдань, що стоять перед системою державного управління у сфері телекомунікацій, мета даного розділу полягає в обґрунтуванні пропозицій до вироблення нових напрямів державної політики у сфері телекомунікацій, що дасть змогу на сучасному рівні, виходячи із реалій сьогодення здійснювати державне управління у сфері телекомунікацій.

Аналіз змісту зазначених вище законодавчих актів показав, що в цілому вони, в тій чи іншій мірі мають схожу структуру та наповнення, лише є певні національні особливості.

Ідентичним є бачення наступних питань:

1) Необхідність державного: управління, нагляду за ринком, регулювання ринку надання послуг, розподілу радіочастот, тарифної політики;

2) Визначення на законодавчому рівні:

- термінології понять у сфері телекомунікацій;
- прав та обов'язків операторів та користувачів телекомунікаційними послугами;

- пільг для окремих категорій населення при отриманні телекомунікаційних послуг;
- видів діяльності у сфері телекомунікацій, що підлягають ліцензуванню;
- надання послуг у надзвичайних ситуаціях;
- взаємодії внутрішніх органів із операторами при оперативно-розшуковій діяльності;

3) Відсутність диктатури держави в сфері телекомунікацій, а також визнання багатооператорського ринку, прозорості та недискримінаційної політики держави.

4) Підтримка з боку держави (фінансова, законодавча, інвестиційна) в частині розбудови загальнонаціональної телекомунікаційної мережі;

Головним спільним у державній політиці країн є наявність законодавчо-визначеного поняття універсальної послуги (надання на всій території країни усім споживачам певного переліку телекомунікаційних послуг за фіксованою ціною та покриття за рахунок інших коштів різниці між нею та нормальною ринковою ціною).

Розбіжності лише в порядку та процедурі надання державою цих коштів.

Створення окремого фонду (резерву) для компенсування надання універсальних послуг (Російська Федерація, Республіка Білорусь). Інші країни не створюють окремих фондів, а тільки законодавчо визначають процедуру компенсації.

В частині визначення механізму виклику екстрених служб ситуація така: в Російській Федерації та Республіці Білорусь компенсацію за надані послуг оператори отримують від організацій, які створили такі служби на основі договорів. В інших країнах компенсація відбувається за встановленим законодавчо способом. В усіх країнах виклик екстрених служб для споживачів безкоштовний, а саме забезпечення можливістю використання таких послуг на території усієї країни і усіма операторами визначено законодавчо.

В цілому в країнах, в яких проводилось дослідження, універсальні послуги – мінімальний перелік телекомунікаційних послуг, який визначається Державою. Найбільш поширеними є:

- а) послуги телефонного зв'язку з використанням таксофонів;
- б) послуги з передачі даних і наданню доступу до мережі „Інтернет” з використанням пунктів колективного доступу.

Що стосується України, то у ній одній законодавчо визначено не універсальні послуги, а загальнодоступні телекомунікаційні послуги.

Також суттєво відрізняється перелік послуг, а саме: послуги фіксованого телефонного (місцевого, міжміського, міжнародного) зв'язку, за винятком

таких послуг, що надаються з використанням бездротового доступу, в тому числі служб екстреного виклику, послуги довідкових служб, зв'язку за допомогою таксофонів та переговорних пунктів, факсимільного і телеграфного зв'язку.

В Україні відсутнє поняття загальні та індивідуальні ліцензії, а також немає процедури призупинення дії ліцензії на надання телекомунікаційних послуг.

У порівнянні із Україною у зарубіжних країнах простіше визначено механізм надання копій ліцензій окремим підрозділам (філіям), які не мають права підпису.

Також в Україні визначено надання телекомунікаційних послуг як операторами так і провайдерами телекомунікацій.

В цілому в Україні існує відповідна нормативно-правова база в сфері телекомунікацій, яка дає змогу проводити державну політику і здійснювати державне управління в сфері телекомунікацій. Бажано було б мінімізувати і конкретизувати перелік загальнодоступних послуг, більш чітко визначити процедуру компенсації таких послуг для операторів та провайдерів телекомунікацій, що дало б змогу сконцентрувати зусилля держави на повному забезпеченні загальнодоступними послугами усі верстви населення на всій території країни. Також до цього необхідно залучити усіх операторів телекомунікацій, щоб на сучасному рівні і з використанням новітніх технологій спільно вирішити усі проблемні питання.

З огляду на те, що Україна тісно співпрацює з країнами-сусідами та з країнами ЄС, то це вимагає більш гнучко відноситися до тих змін, що відбуваються у нормативно-правовому полі цих структур та відповідним чином реагувати на це. Від ефективності цих кроків залежить ефективність, дієвість і сучасність державної політики і управління в сфері телекомунікацій.

Висновки до Розділу 1

У першому розділі було вирішено такі завдання:

- Визначено поняття якості послуг зв'язку відповідно до міжнародних норм
- Проведено аналіз основних документів ETSI, MCE-T, 3GPP, в яких наведено загальні підходи до забезпечення якості послуг зв'язку
- Проведено аналіз міжнародного досвіду управління якістю послуг
- Проведено аналіз законодавства України в сфері телекомунікацій

Відповідно до звітів MCE, кількість країн, які здійснюють моніторинг якості послуг, постійно зростає. Умови щодо підтримки якості послуг встановлюються в ліцензійних умовах, національному законодавстві, або в галузевих керівних документах. У тих країнах, де регулюючі органи не встановили вимоги до якості послуг, оператори зв'язку зобов'язані публікувати звіти про якість послуг на своїх Web-сайтах.

Українські стандарти з питань контролю якості телекомунікаційних послуг розроблені у відповідності з вимогами стандартів ETSI. В цілому, в Україні існує відповідна нормативно-правова база в сфері телекомунікацій, яка дає змогу проводити державну політику і здійснювати державне управління в сфері телекомунікацій. Бажано було б мінімізувати і конкретизувати перелік загальнодоступних послуг, більш чітко визначити процедуру компенсації таких послуг для операторів та провайдерів телекомунікацій, що дало б змогу сконцентрувати зусилля держави на повному забезпеченні загальнодоступними послугами усі верстви населення на всій території країни.

РОЗДІЛ 2. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ

Основи статистичного забезпечення якості

Статистичне забезпечення якості (СЗЯ) є областю статистики, що займається застосуванням статистичних методів в забезпеченні якості, а особливо застосування статистичних методів в галузі контролю якості.

Види контролю

Забезпечення і підвищення якості продукції, що випускається - одне з головних завдань виробництва. У вирішенні цього завдання важлива роль відводиться контролю якості на всіх етапах виробництва з метою перевірки відповідності показників якості встановленим вимогам. Різноманіття видів контролю якості викликає необхідність їх систематизації та класифікації за рядом ознак. Класифікація видів контролю якості продукції представлена на рисунку

2.1.

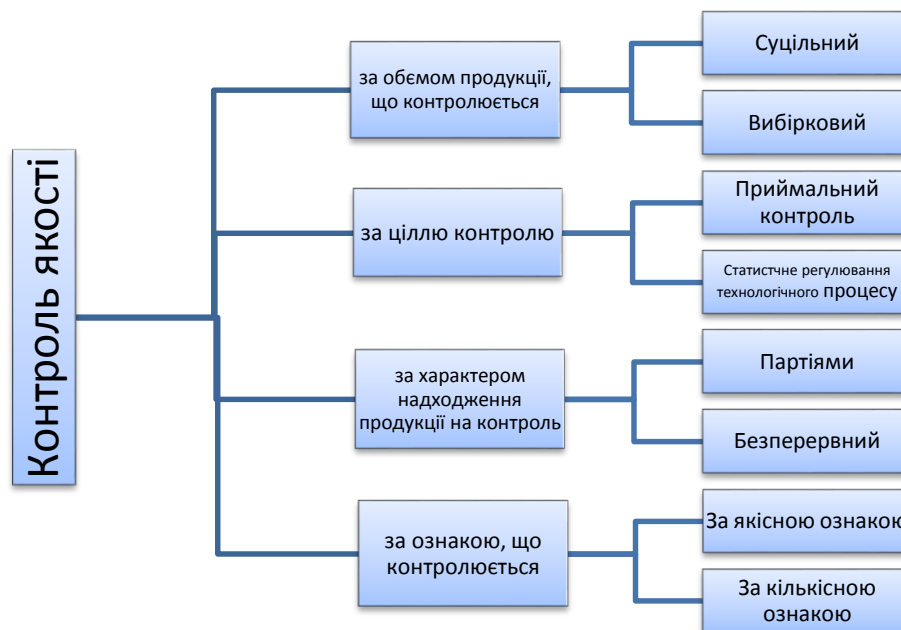


Рисунок 2.1 Види контролю якості продукції

Залежно від складності об'єкта контролю розрізняють централізований контроль технічних або природних об'єктів і складних технологічних процесів і допускового контролю виробів.

За ступенем повноти охоплення контролем вироблених виробів розглядаються два типи контролю.

1. Суцільний контроль, при якому процедурі контролю піддаються всі вироблені вироби.
2. Вибірковий або статистичний контроль, при якому процедурі контролю підлягають тільки деякі частки (вибірки) вироблених виробів.

Задачею статистичного забезпечення якості є контроль відповідності між заданими величинами якості послуги з допустимими діапазонами їх змін та самою послугою.

Статистичне забезпечення якості передбачає не суцільний, а вибірковий контроль. Інколи, можливо, що з деяких причин вибірковий контроль недостатній, тоді проводять суцільний контроль.

За місцем, займаному в процесі виробництва виробів, допусковий контроль поділяється на три види.

1. Вхідний контроль - це контроль матеріалів, заготовок і напівфабрикатів, придбаних на стороні і необхідних для реалізації виробничого процесу.
2. Технологічний контроль - це сукупність операцій контролю, супроводжуваних всіма стадіями реалізації виробничого контролю.
3. Вихідний контроль - це контроль готової продукції.

Виходячи зі специфіки галузі телекомунікації, доцільно обрати вибірковий метод контролю якості.

Поняття вибіркового приймального контролю

Вибірковий приймальний контроль- це контроль якості кінцевої генеральної сукупності виробів (партії), що проводиться на основі вибірок обмеженого обсягу. Метою контролю якості є визначення ступеня відповідності виробів або якого-небудь виду діяльності заданим вимогам. Залежно від способу сприйняття ознаки якості приймальний контроль поділяють на:

1. Вибірковий контроль за кількісними ознаками, при якому контрольована ознака якості має безперервний розподіл, а рішення про якість партії приймається залежно від розподілу параметрів;
2. Вибірковий контроль за якісними ознаками, при якій проводиться підрахунок дефектних виробів у вибірці або підрахунок числа дефектів на один виріб у вибірці, а рішення про якість партії приймається залежно від числа дефектних виробів у вибірці.

Залежно від способів сприйняття ознак якості розрізняють плани статистичного контролю за якісною ознакою і плани статистичного контролю за кількісною ознакою. Залежно від кількості взятих вибірок розрізняють одноступінчастий, двоступінчастий і багатоступінчастий контроль

Основні поняття теорії вибіркового контролю

Вибірковий контроль застосовується набагато частіше суцільного, оскільки повністю проконтролювати якість буває складно через великі обсяги продукції, що випускається і його високої вартості суцільного контролю.

При вибіркового контролі якість контролюється лише у деяких зразків з партії і за їх якістю судять про всю партію. Для пред'явлення на контроль зразки можуть вибиратися випадковим чином.

Ціллю СЗЯ є оцінка значень показника якості в генеральній сукупності на основі вибіркового контролю.

Генеральна сукупність – множина, що складається з обмеженої чи необмеженої кількості елементів (зразки чи визначені види послуг).

При приймальному контролі сукупність має обмежений об'єм N (величина партії).

В забезпеченні якості **генеральна сукупність** – це та сукупність, з якої беруться вибірки. Але зовсім не обов'язково, щоб сукупність, з якої беруться вибірки (так звана вибіркова сукупність), співпадала з сукупністю (генеральна сукупність), в якій нас цікавить дана ознака якості. Інколи вибіркова сукупність, з практичних суджень, обирається відмінною від генеральної сукупності. В цьому випадку **вибіркові елементи** (елементи вибіркової сукупності) не ідентичні з елементами, що досліджуються (елементи генеральної сукупності).

Метод, за допомогою якого обирається визначена кількість елементів вибіркової сукупності, має бути **методом випадкових вибірок**. Якщо елементи відбираються одразу, то утворюється **однорівнева випадкова вибірка**. Якщо беруться одна за одною декілька випадкових вибірок таким чином, щоб вибіркові елементи одного рівня відбору були підмножиною вибіркової сукупності, сформованою на попередньому рівні, то в цьому випадку говорять про **багаторівневу вибірку**. Багаторівнева вибірка передбачає розбиття генеральної сукупності.

Двохрівневі вибірки утворюються в тому випадку, коли генеральну сукупність розбивають на частини, а потім з кожної частини випадковим методом вибирають декілька елементів. Ці частини генеральної сукупності називають **шарами**. Загальна вибірка, взята з різних шарів, називається **розшарованою вибіркою**.

Як вже було сказано, вибірковий контроль проводять в один або два етапи. Процедура одно етапного вибіркового контролю передбачає:

- Витяг з партії випадкових контрольованих зразків;
- Суцільну перевірку вибраних зразків і виявлення дефектних ;
- Порівняння кількості виявлених дефектних зразків з встановленим нормативно-технічною документацією прийнятним числом ;
- Прийняття на підставі виробленого порівняння відповідного рішення. Якщо число виявлених дефектних зразків менше або дорівнює приймальному числу,

вся партія виробів приймається. В іншому випадку вибірка бракується, вся партія виробів піддається суцільному контролю або не приймається.

Процедура двоетапного контролю передбачає дві перевірки. В цілому вона аналогічна процедурі одно етапного контролю, але тут, якщо кількість бракованих виробів при першій вибірці вище норми - партія бракується. Потім робиться друга вибірка, яка знову цілком перевіряється. Після цього кількість дефектних виробів з першої і другої вибірки підсумовується і порівнюється з допустимою нормою, і тоді приймається рішення про прийняття або відбракування всієї партії.

Для підвищення результативності вибіркового контролю на підприємстві необхідно розробляти план його проведення (рис. 2.2)

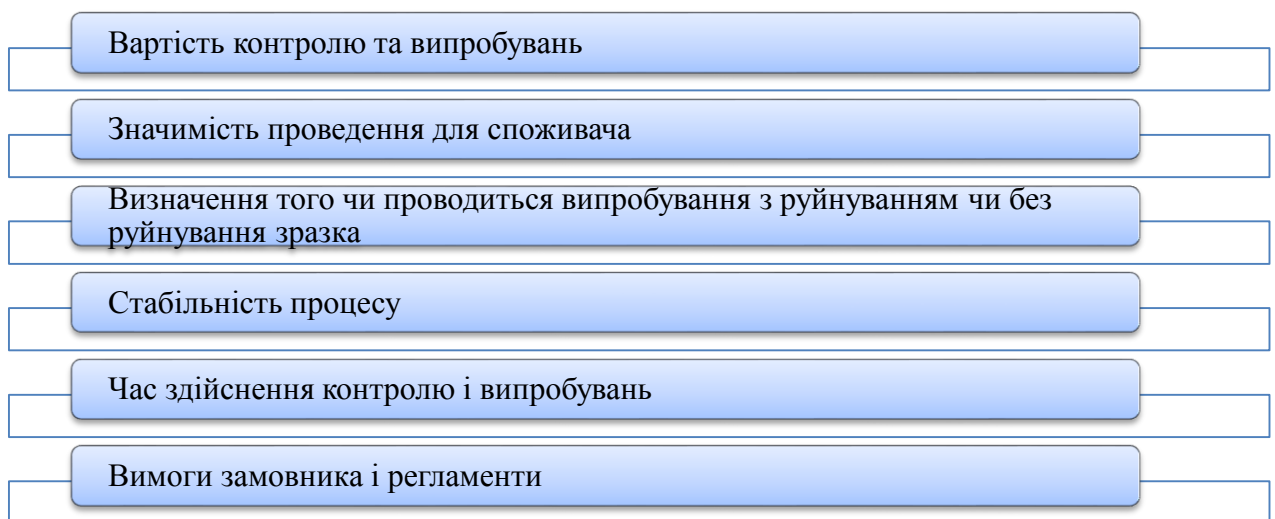


Рисунок 2.2 – План проведення вибіркового контролю.

Існує поняття **наближено дворівнева вибірка**, коли на першому рівні, тобто на рівні розбиття генеральної сукупності на частини, не проводиться їх випадкового відбору. Випадковий механізм вмикається лише на другому рівні.

Наближено дворівнева вибірка має місце в тому випадку, коли генеральна сукупність розбивається на частини, потім випадково вибираються деякі з цих частин й проводиться їх суцільний контроль (випадковий механізм відбору реалізується лише на першому рівні). Такі вибірки називаються **гніздами**.

Використання одно етапного або двоетапного контролю повністю залежить від потреби в економії коштів на проведення вибіркового контролю, обсягу необхідної роботи з документами, вимог до технічної, статистичної точності і т.д.

Вибірки можуть відбиратися з **однаковими** або **різними ймовірностями**. Якщо ймовірності однакові, то ми маємо справу з простими випадковими вибірками. Відбір з різними ймовірностями призводить до

викривлень результатів, якщо отримані дані в подальшому не опрацьовують в потрібному напрямку.

Реалізація випадкового відбору

Те, як відбираються зразки однорівневої вибірки, залежить від особливостей генеральної сукупності. Звичайну випадкову вибірку можна відібрати наступним чином: елементам генеральної сукупності присвоюються номери, номери змішуються і послідовно береться n елементів.

Випадкові числа можна отримати шляхом витягування шарів з номерами $0,1\dots9$ з урни. Характерним для таким чином зіставленої **таблиці випадкових чисел** буде те, що кожна з цифр $0,1, \dots,9$ зустрічається в середньому однаково часто й послідовність не має визначеного порядку розташування чисел. Сьогодні випадкові числа отримують детермінованими методами або за допомогою комп'ютера. Ці числа називають **псевдовипадковими**. Алгоритми, що застосовуються для їх отримання, називаються **генераторами випадкових чисел**. Хороші генератори випадкових чисел характеризуються тим, що статистичні характеристики отриманих псевдовипадкових чисел мало відрізняються від характеристик чисто випадкових чисел.

Застосування випадкових чи псевдовипадкових чисел при утворенні вибірки передбачає нумерацію всіх елементів генеральної сукупності. Крім цього, якщо n визначає об'єм вибірки, то до таблиці доведеться звернутися мінімум n раз. В загальному випадку доводиться звертатися до таблиці частіше, ніж n раз, так як деякі з отриманих випадкових чисел інколи доводиться не враховувати. Спростити механізм випадкового відбору можна наступними чином: перший елемент вибірки отримують за допомогою таблиці випадкових чисел, а наступні беруться через визначений **інтервал** N/n . Такі систематичні вибірки з випадковим початком відліку називаються **псевдовипадковими вибірками**.

Вибіркові характеристики і їх властивості

Вибіркові характеристики можна розглядати в двох видах: векторні та скалярні.

Кожен елемент x_1, \dots, x_n випадкової вибірки є реалізацією однієї з випадкових величин X_1, \dots, X_n . Останні утворюють у своїй сукупності **вектор вибірки** (англ.: *sample vector*).

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.1a)$$

Компоненти X_i n -мірної випадкової змінної X впорядковані в послідовності їх отримання. Якщо вибірка вже взята, то поряд з x_1, \dots, x_n можна застосувати векторний запис

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.1b)$$

Отже, x є реалізацією вектора вибірки X .

Як і для одновимірної випадкової змінної, розподіл багатовимірної випадкової змінної можна повністю охарактеризувати за допомогою функцій розподілу або густин розподілу. Ці функції визначаються тепер на векторах (функції декількох змінних), а не на скалярах (функція з однією змінною).

Але працювати з векторами складно. Простіше буде застосовувати скалярну **вибіркову характеристику** або **статистику**. Вибіркові характеристики слід розглядати як процедуру зведення n змінних вектора до однієї змінної. Якщо вибіркову характеристику застосовують для наближеного опису властивостей генеральної сукупності, то вона називається **оцінкою**. Якщо ж її використовують для перевірки деяких гіпотез відносно генеральної сукупності, то її називають **контрольною** або **тестовою змінною**. Одну й ту ж саму вибіркову характеристику можна використовувати як для оцінки, так і для перевірки гіпотез. Розглянемо найбільш поширені в галузі статистичного забезпечення якості вибіркові характеристики.

При проведенні контролю за якісною ознакою сума

$$X_n^T := \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.2)$$

може бути використана як контрольна величина. Якщо елементи X_i вибіркового вектора приймають лише значення 0 або 1, то X_n^T являється кількістю дефектних елементів в вибірці.

Застосування скалярною вибіркової характеристики замість вибіркового вектора дозволяє:

- зменшити розмірність даних,

вибірковий вектор (2.1a) має розмірність $n > 1$, кожна виведена з нього скалярна вибіркова характеристика має розмірність $m = 1$,

- зробити висновки про невідомий розподіл генеральної сукупності.

У забезпеченні якості вибірка характеристика дає нам інформацію про невідомі значення параметрів розподілу генеральної сукупності.

Перевірка статистичних гіпотез

Статистична гіпотеза – це припущення про властивості випадкової величини. В галузі забезпечення якості ці припущення зв'язуються з нормами на ознаки якості виробів/послуг. Метод перевірки статистичної гіпотези

шляхом аналізу вибірки з генеральної сукупності називається **статистичним критерієм** (тестом) для перевірки гіпотези або просто критерієм.

В залежності від змісту гіпотез, що перевіряються, розрізняють параметричні та непараметричні критерії (критерії погодження). За допомогою параметричних критеріїв перевіряється гіпотеза H_0 відносно значення θ_0 параметра θ даного розподілення типу $\theta = \theta_0$ (**проста чи точкова гіпотеза**) або деякої області його значень, наприклад $\theta \geq \theta_0$ (**складна гіпотеза**). При забезпеченні якості, як правило, мають справу зі складними гіпотезами. Критерії погодження слугують для перевірки гіпотези H_0 про вид закону розподілення. Тут перевіряють, чи являються вибіркові значення реалізаціями випадкової величини, що має визначений закон розподілу (наприклад, нормальний закон).

Статистичний критерій дозволяє встановити факт сумісності властивостей даної вибірки, виражених через вибіркову характеристику $g(X)$, що використовується в якості контрольної величини, з гіпотезою H_0 (нульовою гіпотезою) й, відповідно, прийняти цю гіпотезу чи відторгнути, якщо значення $g(X)$ вибірки при достовірності гіпотези малоімовірно. В силу того, що статистичний критерій ґрунтується на властивостях вибірки, а тим самим – на залежному від випадку результаті, то не можна перевірити запропоновану гіпотезу в пізнавально-теоретичному сенсі, тобто не можна дати логічного доказу чи спростування гіпотези. Твердження статистичного критерію не мають цієї сили. Прийняття гіпотези не означає, що вона істинна, її спростування не означає, що вона помилкова. В будь-якому випадку при використанні статистичного критерію можливе помилкове рішення. Існує два варіанта прийняття помилкового рішення при використанні статистичного критерію (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Види помилок при перевірці статистичних гіпотез.

Результат перевірки гіпотези	Дійсний стан справ	
	H_0 істинна	H_0 хибна
H_0 приймається	Вірне рішення	Помилка 2-го роду (β – помилка)
H_0 відхиляється	Помилка 1-го (α -помилка)	Вірне рішення

Гіпотеза H_0 може бути вірна, але її відхиляють згідно критерію. Це помилкове рішення (відкидання вірної гіпотези) називається **помилкою першого роду**. Імовірність її появи позначається α , тому її називають **α -**

помилкою. Імовірність α являється **рівнем значимості** критерію. При приймальному контролі помилка 1-го роду призводить до бракування партії з допустимою долею браку (так званий ризик виробника), при контролі виробництва – до втручання в налагоджений процес виробництва (хибна тривога).

Інша можлива помилка – прийняття гіпотези H_0 , яка насправді хибна. Ця помилка називається **помилкою другого роду** або **β -помилкою**, при чому β являється імовірністю появи помилки другого роду. При приймальному контролі помилка другого роду призводить до прийняття партії з допустимою долею браку (ризик споживача), при контролі виробництва – до невтручання в виробничий процес, що вийшов за допустимі межі (пропуск переходу).

Імовірності помилок першого й другого роду являються умовними ймовірностями з різними умовами. Їх можна вчислити для кожного заданого критерію. Це являється описовим аспектом теорії перевірки гіпотез. І навпаки, для однієї або обох помилок можна задати (найбільшу) імовірність їх виникнення. Тоді відповідний критерій, тобто методику контролю, можна побудувати так, щоб імовірність виникнення помилок не перевищувала заданої. Це – **конструктивний аспект** теорії перевірки гіпотез.

В теорії приймального контролю дуже важливим моментом являється задання ймовірностей помилок. В силу того, що α й β означають ризик виробника (постачальника) й ризик споживача, то їх визначення відповідає інтересам обох сторін. При контролі виробництва визначають, як правило, тільки α , тобто імовірність хибної тривоги, яку й тримають під контролем.

Процедура перевірки параметричних гіпотез і властивості параметричних гіпотез

Перевірка гіпотез при великому об'ємі вибірки n призводить до зменшення імовірності обох помилок.

При перевірці гіпотез важливі наступні кроки:

- **Крок перший – визначення генеральної сукупності й типу розподілення**

Спочатку треба чітко визначити, до якої генеральної сукупності носіїв показників якості відноситься ця гіпотеза (наприклад: кінцева генеральна сукупність при приймальному контролі) й яке розподілення показника якості в цій сукупності.

- **Крок другий – формулювання гіпотези**

Нехай θ – параметр розподілення показника якості. Позначимо через Ω **параметричний простір**, тобто множина можливих значень θ , й нехай Ω_0 й Ω_1 являються розбиттям Ω . Тоді нульова гіпотеза H_0 й конкуруюча гіпотеза H_1 формально мають вид

$$\begin{aligned} H_0: \theta \in \Omega_0 \\ H_1: \theta \in \Omega_1 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Частіше за все зустрічаються випадки, коли Ω_0 складається лише з одного елемента ($H_0: \theta = \theta_0$) або являє собою напівпряму ($H_0: \theta \geq \theta_0$ або $H_0: \theta \leq \theta_0$). При складанні параметричної гіпотези (2.3) гіпотезу H_0 треба обрати так. Щоб найбільш небезпечна помилка при прийнятті рішення були помилкою першого роду.

- **Третій крок – визначення контрольної величини і її розподілення в випадку прийняття гіпотези H_0**

Щоб перевірити сформульовану гіпотезу, тобто виказати статистичні судження про значення параметра розподілення ознаки якості генеральної сукупності, аналізується вибірка об'ємом n . Значення ознак якості в вибірці утворюють вибірковий вектор \mathbf{X} . При перевірці гіпотези якості **контрольної величини** замість вектора \mathbf{X} застосовують скалярну функцію $g(\mathbf{X})$ вектора \mathbf{X} . Ця функція (її значення називають також **контрольною** або **тестовою величиною**) має бути зручною для оцінки достовірності H_0 й H_1 , тобто її розподілення має залежати від того, яка з гіпотез правильна. Крім того, розподілення, що застосовується в якості контрольної величини вибіркової функції $g(\mathbf{X})$ має підлягати обчисленню при вірності H_0 . Значення розподілення $g(\mathbf{X})$ при вірності гіпотези H_0 необхідне для визначення рівня значимості. У випадку $H_0: \theta \geq \theta_0$ або $H_0: \theta \leq \theta_0$ розподілення $g(\mathbf{X})$ визначається на межі області задання гіпотези H_0 , тобто при $\theta = \theta_0$.

Для перевірки гіпотези про невідоме математичне очікування μ або дисперсію σ^2 генеральної сукупності в якості контрольної величини частіше за все використовують вибіркове середнєзначення

$$\bar{X}_n := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.4)$$

або вибіркову дисперсію

$$S_n^2 := \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2 = \frac{1}{n-1} (\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}_n^2) \quad (2.5)$$

- **Четвертий крок – задання рівня значимості й визначення області CR відхилення гіпотези**

Перед перевіркою гіпотези потрібно вчислити найбільш можливу імовірність помилки першого роду. Цю верхню межу

$$a = \sup W [g(X) \in CR|\theta] \text{ при } \theta \in \Omega_0 \quad (2.6)$$

імовірність помилки першого роду називають рівнем значимості. При заданому значенні a дане рівняння можна розглядати як визначення для області CR відхилення гіпотези, тобто, при задаючи a , ми тим самим визначаємо область CR відхилення гіпотези. При дискретній контрольній величині $g(X)$ не завжди можливе точне дотримання (4). Тоді слід докласти зусиль для виконання умови

$$a \geq \sup W [g(X) \in CR|\theta] \text{ при } \theta \in \Omega_0 \quad (2.7)$$

при заданому a так, щоб супремум лежав як можна ближче до a . Ця нерівність також дозволяє при заданому a знайти область CR відхилення гіпотези.

Імовірність помилки a відноситься тут до критерію перевірки гіпотез в цілому, а не до окремого результату перевірки. Останнє означає, що якщо перевірка при рівні значимості $a = 0,05$ проводиться достатньо часто, то приблизно в 5% випадків гіпотеза H_0 буде відхилятися, хоча в дійсності вона вірна. Твердження, що гіпотеза H_0 , якщо вона відхиляється, не вірна з імовірністю 95%, в будь-якому випадку не можна вважати коректним.

В деяких пакетах програм по статистиці при перевірці гіпотез не потрібно задання a . З їх допомогою вираховується **критичний рівень значимості a^*** , тобто така залежна від відповідного значення $g(x)$ вибіркової характеристики $g(X)$ імовірність, яка, будучи використаною при перевірці гіпотези в якості рівня значимості, призвела б до отримання значення $g(x)$, що являється крайньою точкою критичної області. H_0 буде відхилено при будь-якому рівні значимості $a > a^*$. Рішення про відхилення або прийняття гіпотези приймає лише користувач програми.

Рівень значимості критерію обмежує імовірність небажаної помилки 1-го роду. Але його не можна вибрати довільно малим, так як зменшення a пов'язано зі збільшенням імовірності помилки 2-го роду. Поширеними значеннями a являються 0,1; 0,05; 0,01; інколи застосовують 0,01.

- **П'ятий крок – прийняття рішення і його інтерпретація**

Якщо отримане значення $g(x)$ контрольної величини при даній вибірці приходить на критичну область CR , то нульову гіпотезу H_0 відхиляють. Відхилення гіпотези H_0 не означає, що вона хибна. Важливо те, що імовірність прийняття неправильного рішення (ризик виробника) обмежена зверху рівнем значимості. Нульова гіпотеза H_0 може вважатися в цьому випадку статистично суперечливою, конкуруюча ж гіпотеза – статистично достовірна.

Відповідно не можна інтерпретувати прийняття H_0 як доказ її вірності. Прийняття H_0 означає, що вибіркова характеристика $g(x)$ не суперечить H_0 , тому H_0 можна залишити як робочу гіпотезу. Твердження про вірність H_0 статистично непідконтрольно, так як імовірність прийняття в дійсності не вірної гіпотези H_0 (помилка 2-го роду) нічим не обмежена, як це було у випадку відхилення насправді вірної гіпотези H_0 . Розглянута тут імовірність β -помилки в найгіршому випадку може досягнути значення 1- α .

Поняття приймального контролю

Приймальний контроль може проводитися на різних етапах виробництва. При використанні будь-яких планів контролю в кінці процедури контролю приймається одне з взаємовиключаючих рішень: приймається або бракується. Браковка партії повинна мати матеріальні наслідки для виробника з тим, щоб він був зацікавлений в покращенні якості поставок. Подальші дії з забракованою партією позначені на рисунку 2.3.

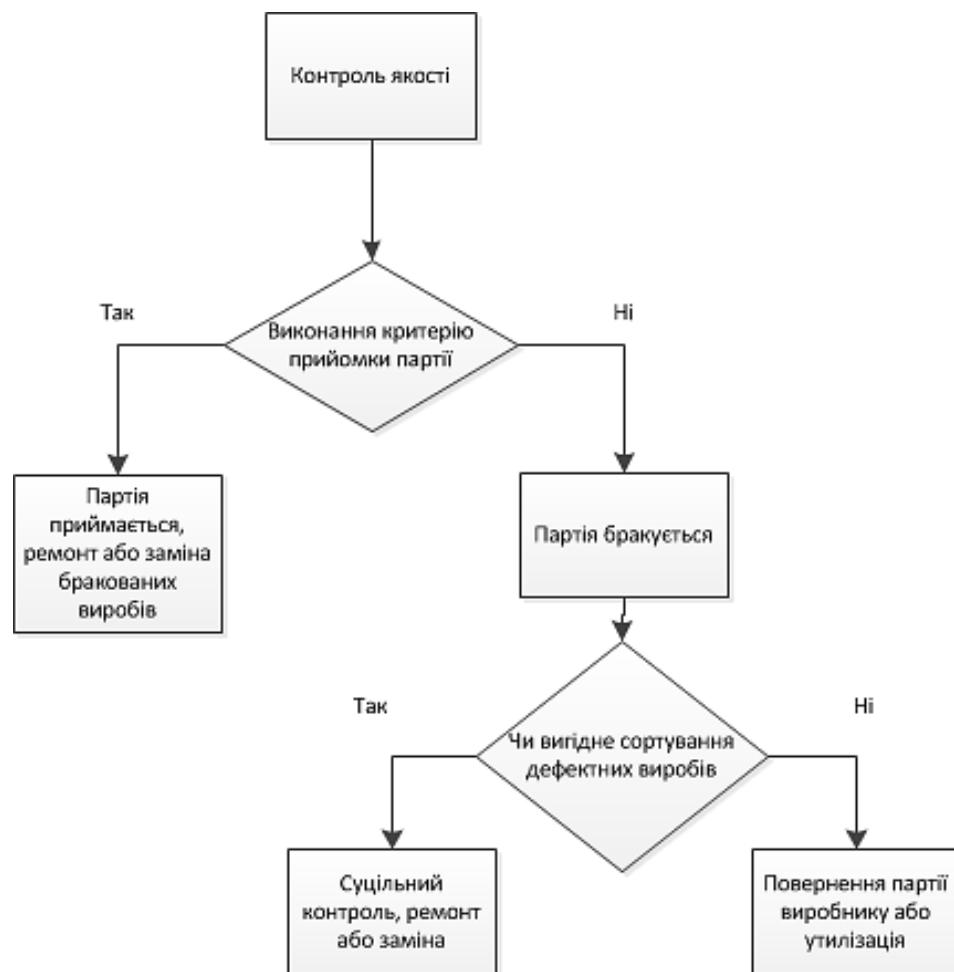


Рисунок 2.3 –Можливі дії з елементами контрольної партії й дефектними елементами

Сортування забракованої партії можливе тільки при не руйнуючому контролі. Якщо ж вартість контролю висока, то в цьому випадку має сенс відмовитися від сортування і утилізувати всю партію, продати її за зниженою ціною або повернути виробникові. Названі шляхи використання забракованих і тих партій, що не підлягають сортуванню застосовують також до дефектних виробів прийнятих партій.

У плані вибіркового контролю дається тільки обсяг вибірки (обсяги вибірок) і умови приймання і бракування партії. Перед застосуванням плану слід визначити спосіб взяття вибірки і однозначно встановити, що ми будемо вважати дефектом.

Помилкою або **дефектом** називається невідповідність значення ознаки якості заданим вимогам. Це якраз відповідає сформульованому визначенню якості як міри відповідності задуму його виконанню. Невиявлені дефекти щодо їх можливого впливу поділяють на критичні, головні і побічні. **Критичні** дефекти характеризуються тим, що вони можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій (небезпека для персоналу або істотної матеріальної шкоди). **Головні** дефекти помітно знижують можливості використання виробу за його призначенням. **Побічні** дефекти погіршують ці можливості незначно.

Для оцінки властивостей даного плану контролю і при порівнянні різних планів використовується введена оперативна характеристика для відповідного критерію. При фіксованих параметрах плану контролю можна побудувати графік оперативної характеристики, хоча для багаторазових планів це зробити досить важко. І, навпаки, можна сконструювати план з бажаними властивостями, якщо правильно задати оперативну характеристику, наприклад координатами двох точок її графіка.

На практиці при проведенні контролю над цілими серіями партій комбінують декілька планів. Умови переходу від одного плану до іншого визначаються спеціальною інструкцією.

Надалі будемо виходити з того, що кожний виріб в партії об'ємом N залежно від значення ознаки якості можна зіставити тільки з двома взаємовиключними категоріями: " добре " - " погано " або " додатне " - " брак ".

Нехай M позначає невідоме число "поганих" виробів з партії, тоді рівень дефектності партії об'ємом N можна охарактеризувати числом дефектних виробів M . Але для характеристики рівня якості доцільніше застосовувати міру, яка допускає пряме порівняння партій різного об'єму. Такою мірою є частка браку $P = M / N$ в партії або рівень її дефектності, а також відсоток браку в партії $100 - P$.

Однократні плани контролю

Плани контролю, згідно яким контроль за альтернативною (якісною) ознакою проводять на підставі результатів тільки однієї вибірки з партії, називається однократними планами контролю (англ.: *simplesamplingplansforattributes*). При такому плані з партії беруть вибірку об'ємом n , обчислюють загальне число X_n^T бракованих елементів у вибірці, і партію приймають тільки тоді, коли X_n^T не перевищує заданого значення c , так званого приймального числа. Після перевірки всіх n виробів вибірки в полі Z стоїть реалізація змінної X_n^T . Індекс i зростає тут з 1 до n . В структурограмі (рисунок 2.4) представлений хід цього процесу.

На рисунку 2.3 через Z позначений лічильник числа дефектних виробів у вибірці, вміст якого спочатку обнуляється, а при кожному знову виявленому дефектному виробі збільшується на 1. Після перевірки всіх n виробів вибірки в полі Z стоїть реалізація змінної X_n^T . Індекс i зростає тут з 1 до n .

Отже, одноразовий план контролю визначається трьома цілочисельними не від'ємними параметрами N , n , c , які співвідносяться один з одним наступним чином: $0 \leq c \leq n \leq N$. План контролю із заданими параметрами N , n і c скорочено називають планом $(N; n; c)$. У деяких збірках планів контролю замість приймального числа c дається **бракувальне число** $d: = c + 1$ як параметр плану. Це те число дефектних виробів у вибірці, починаючи з якого партія має бути забракована. Перед застосуванням плану контролю потрібно постійно перевіряти, яке число задано.

Застосуванню однократного плану контролю відповідає проведення процедури перевірки гіпотези:

$$\begin{aligned} H_0: P &\leq P_0 \\ H_1: P &> P_0 \end{aligned} \quad (2.8)$$

з "критичним" рівнем дефектності P_0 . Обсяг вибірки і контрольована величина позначені там через n і X_n^T , області приймання партії та її бракування - через $CR = \{d, d + 1, \dots, n\}$ і $CR = \{0, 1, \dots, c\}$. Ефективність критерію оцінюється за допомогою оперативної характеристики. Вона має вигляд

$$L(P) = W(X_n^T \in \overline{CR} | P) = W(X_n^T \leq c | P) \quad (2.9)$$

Оперативна характеристика суворо монотонно спадає по P , тобто з зростаючою часткою браку P ймовірність прийняття партії спадає.

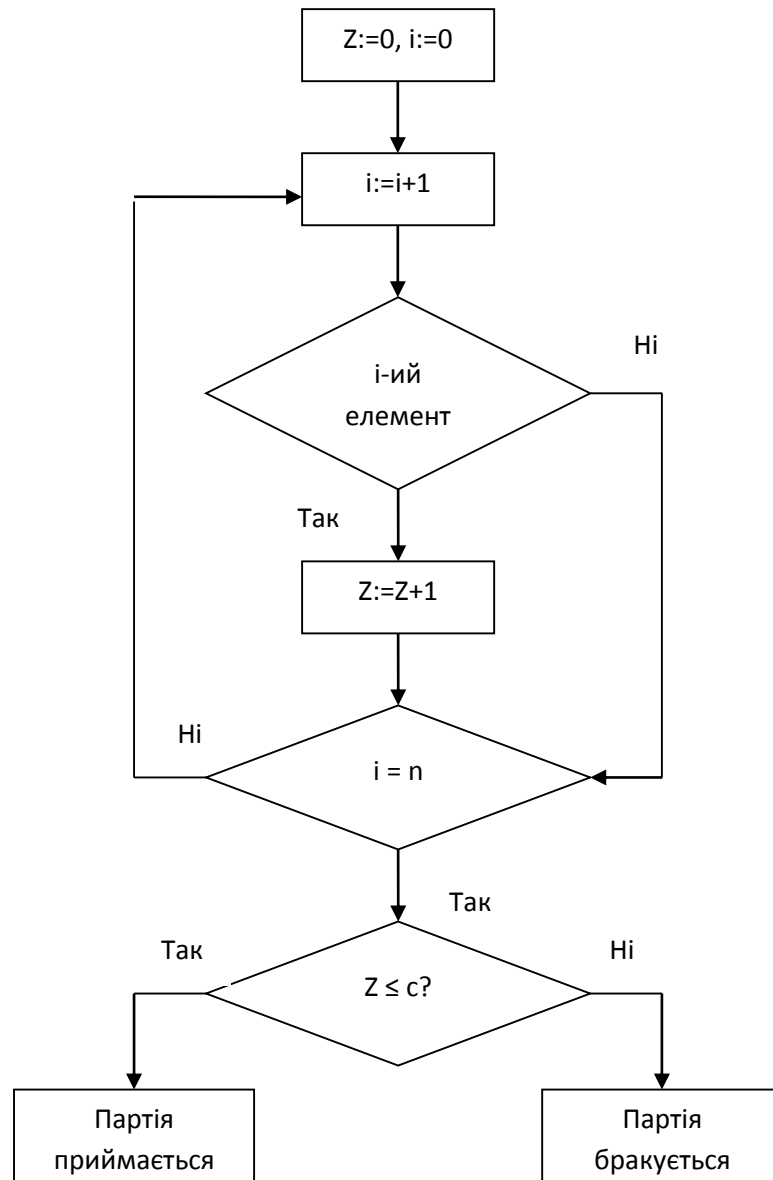


Рисунок 2.3 – Структурограма проведення одноразового плану контролю

Описаний метод контролю на перший погляд дуже розумний. Він здається логічним, оскільки при великій кількості браку у вибірці $m := X_n^T$ (значення X_n^T) природно допустити, що в неперевіреному залишку об'ємом $N - n$ невідома кількість бракованих виробів $M - m$ теж високо, і тому партію потрібно забракувати. Постає питання, чи завжди вірним буде рішення, отримане згідно з правилом, зображеним на рисунку 2.4. Для цього звернемося до старого результату Муода. Тільки після цього можна зрозуміти теорію і практику приймального контролю.

Слід виходити з того, що партія є вибіркою, а саме - кінцевої вибіркою обсягом N із статистичної сукупності з потенційно нескінченним числом

виробів, тобто вибіркою з потоку продукції виробника. Мінливий рівень якості продукції та спосіб відбору партії дозволяють розглядати число дефектних виробів в партії як ще невідоме значення M випадкової величини X_n^T . Припущення про кількість X_n^T дефектних виробів в партії можна зробити за допомогою функції розподілення.

$$\pi(M) := W(X_N^T = M) \quad (2.10)$$

яку в контексті використовуваної тут термінології з статистики Байеса називають апіорною функцією розподілення. Нехай

$$\begin{aligned} \mu_N &:= E(X_N^T) \\ \sigma_N^2 &:= V(X_N^T) \end{aligned} \quad (2.11)$$

означають, в припущенні їх існування, математичне сподівання і дисперсію частки браку в партії, а

$$X_{N-n}^T := X_N^T - X_n^T \quad (2.12)$$

частку браку в залишку партії. Використовуючи ці позначення, сформулюємо теорему.

Теорема Моода

З партії об'ємом N береться випадкова вибірка без повернення об'ємом n . Нехай

$$\mu_N^* := \mu_N \left(1 - \frac{\mu_N}{N}\right) \quad (2.13)$$

Тоді кореляція між кількістю дефектних виробів в вибірці X_n^T і кількістю дефектних виробів X_{N-n}^T в неперевіреному залишку

позитивна, якщо $\sigma_N^2 > \mu_N^*$,

дорівнює нулю, якщо $\sigma_N^2 = \mu_N^*$,

від'ємна, якщо $\sigma_N^2 < \mu_N^*$.

Отже, теорема Моода говорить про кореляцію між кількістю дефектних виробів в вибірці і в залишку партії, а не у всій партії. Моод також показав, що кореляція між числом дефектних виробів X_n^T у вибірці і часткою браку X_N^T у всій партії завжди невід'ємна. І це зрозуміло: якщо X_n^T велика, то X_N^T також повинно бути велике, так як різниця (2.12) не повинна бути від'ємною.

Розглянемо випадки, коли кореляція між випадковими величинами X_n^T і X_{N-n}^T в теоремі Моода позитивна. Позитивна кореляція означає, що чим більше X_n^T , тим більше в середньому виходить і X_{N-n}^T . І навпаки, при малому X_n^T мало і X_{N-n}^T . Тому правило прийняття рішення при проведенні процедури, схематично зображеної на рисунку 2.4 (згідно з яким партія приймається, якщо X_n^T не перевищує певного значення s), в цьому випадку є обгрунтованим.

При негативній кореляції між X_n^T і X_{N-n}^T викладене вище сили не має. З негативної кореляції випливає, що при великому (малому) X_n^T значення X_{N-n}^T в середньому буде меншим (більшим). Тому правило прийняття рішення при

проведенні процедури, зображеної на рис. 2.4, тут потрібно звернути на протилежне. Отже, при малій кількості дефектних виробів у вибірці X_n^T партію бракують, а при великій X_n^T - приймають (бракують, якщо $X_n^T \leq c$, приймають, якщо $X_n^T > c$).

У разі, якщо кореляції між X_n^T і X_{N-n}^T відсутня, то за рівнем дефектності у вибірці, мірою якого є X_n^T , не можна судити про рівень дефектності X_{N-n}^T в неперевіреному залишку. Тут було б доцільніше відмовитися від взяття вибірки або провести суцільний контроль.

При викладі матеріалу далі будемо виходити з того, що кількість X_n^T дефектних виробів у вибірці позитивно корелюється з кількістю дефектних виробів X_{N-n}^T в неперевіреному залишку партії. Це припущення забезпечує обґрунтованість зображеного на рис. 2.4 правила прийняття рішення.

Двократні плани вибіркового контролю

2.9.1 Визначення двократного плану контролю

Рішення про прийняття або бракування партії ми до цих пір приймали на підставі результатів контролю однієї вибірки. Обсяг вибірки при цьому був постійним незалежно від рівня дефектності. При описаному методі контролю існує можливість зменшити об'єм вибірки, якщо рівень дефектності особливо високий (контроль з перериванням типу i.e.S) або - ще більшою мірою - при низькому рівні дефектності в партії (контроль з перериванням типу i.w.S.). При однократному плані контролю з перериванням замість постійного об'єму вибірки n доводиться мати справу з середнім об'ємом вибірки ASN , де $ASN \leq n$. При заміні n на ASN середня кількість проконтрольованих виробів АТІ зменшується.

Зменшити середню кількість АТІ проконтрольованих виробів можна й іншим шляхом. Альтернативна можливість полягає в наступному: рішення про прийняття або бракування партії (при особливо низькому або особливо високому рівні дефектності) приймається на підставі контролю однієї єдиної вибірки об'ємом n_1 з $n_1 < n$ тільки в сумнівних випадках беруть ще одну вибірку об'ємом n_2 . Такі плани, при яких контролю піддаються вироби не більше, ніж у двох вибірках на партію, називаються **двоступінчатими планами вибіркового контролю за якісним ознакою** (англ.: *double sampling plans for attributes*). Дворазовий план контролю в порівнянні з одноразовим планом, що має схожу оперативну характеристику, має ту перевагу, що при його реалізації знижується середня кількість проконтрольованих виробів. Але організація дворазового контролю таки складніша, ніж одноразового.

2.9.2 Опис методу контролю

При застосуванні двократного плану контролю з партії об'ємом N беруть спочатку вибірку об'ємом n . Якщо в ній дефектні до c_1 (виробів, то партію приймають, якщо дефектні d_1 або більше виробів, то партію бракують. Отже, рішення про те, як далі вчинити з партією, ґрунтується на результатах контролю першої вибірки, якщо для числа $X_{n_1}^T$ дефектних виробів у вибірці виконується $X_{n_1}^T \leq c_1$ або $X_{n_1}^T > d_1$. у разі $X_{n_1}^T \in (c_1, d_1)$ беруть другу вибірку об'ємом n_2 і партію приймають, якщо загальна кількість дефектних виробів $X_{n_1+n_2}^T$ в обох вибірках не перевищує c_2 . Цей метод представлений на рисунку 2.5 у вигляді структурограми.

Тут через Z позначено кількість дефектних виробів у вибірці, а через i - номери виробів в вибірці. Дворазовий план повністю задається об'ємом N партії і п'ятьма не негативними цілочисельними параметрами n_1, c_1, d_1, n_2, c_2 . Такий план контролю можна записати і у вигляді $(N; n_1; c_1; d_1; n_2; c_2)$. Параметри n_1, c_1, d_1, n_2, c_2 не можуть бути обрані довільно. З опису методу випливають такі вимоги: $c_1 < d_1 \leq n_1$, $c_2 < n_1 + n_2$ і $c_1 < c_2$. Для того, щоб взагалі могла виникнути ситуація, при якій потрібно брати другу вибірку, відкритий інтервал (c_1, d_1) повинен містити мінімум одне ціле число. Так як у випадку з $c_1 = d_1 - 1$ ця вимога не виконується, то вимога $c_1 < d_1$ слід посилити до $c_1 < d_1 - 1$. Щоб бути впевненим у тому, що рішення, прийняте за результатами контролю другої вибірки, не могло б бути прийнято вже після контролю виробів в першій вибірці, повинна виконуватися умова $d_1 - 1 \leq c_2$. Цілочисельні параметри плану контролю повинні відповідати наступним вимогам:

$$0 \leq c_1 < d_1 - 1 \leq c_2 < n_1 < n_1 + n_2 \quad (2.13a)$$

Якщо контрольована партія виробів відрізняється особливо високим або особливо низьким рівнем дефектності, то бажано приймати рішення вже за результатами контролю першої вибірки. Для цього допустима частка браку в першій вибірці c_1/n_1 повинна бути менше, ніж відповідна частка браку $c_2/(n_1 + n_2)$ в обох вибірках. Крім того, ведуча до забракування партії найменша частка браку d_1/n_1 в першій вибірці повинна бути більше, ніж відповідна частка браку $(c_2 + 1)/(n_1 + n_2)$ в обох вибірках.

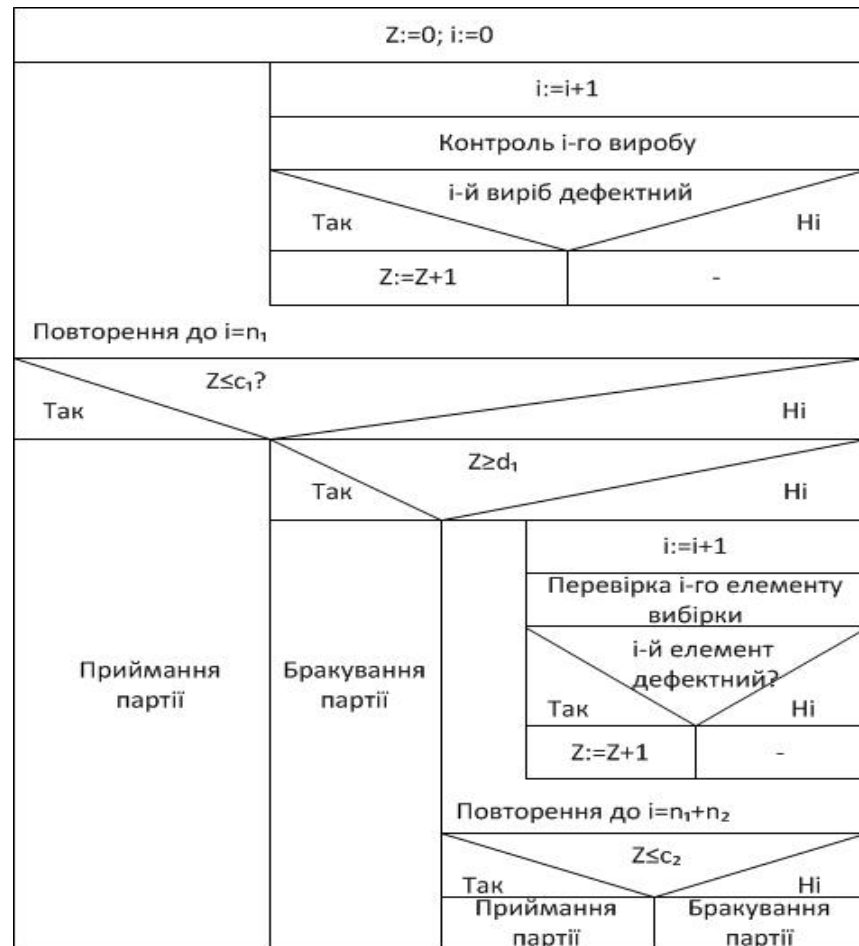


Рисунок 2.5 – Структурограма дворового плану контролю

Отже, вимоги (2.14) повинні бути доповнені наступними нерівностями:

$$\frac{c_1}{n_1} < \frac{c_2}{n_1+n_2} \quad (2.13b)$$

$$\frac{d_1}{n_1} > \frac{c_2+1}{n_1+n_2} \quad (2.13c)$$

Параметри плану контролю c_1 і c_2 називаються також **приймальними числами**; d_1 і $d_2 := c_2 + 1$ – бракувальними числами.

У збірках планів контролю знаходимо наступні умови:

$$c_2 = d_1 - 1,$$

$$d_1 - 1 = 3c_1 \text{ або } d_1 - 1 = 5c_1,$$

$$n_2 = n_1 \text{ (в DIN 40080) або } n_2 = 2n_1 \text{ (по Philips)}$$

При орієнтації на ці умови при заданому обсязі партії N потрібно визначити лише два параметри, а саме - $n_1 c_1$.

Висновки до Розділу 2

У другому розділі було вирішено такі завдання:

- проведено аналіз статистичних методів забезпечення якості послуг
- показано доцільність застосування вибіркового методу контролю якості для сфери телекомунікацій
- проведено аналіз однократних та двократних планів вибіркового контролю якості

Відповідно до специфіки послуг у сфері телекомунікацій, використання суцільного контролю, при якому процедурі контролю піддаються всі вироблені вироби, недоцільне. Пропонується використовувати вибіркового або статистичний контроль, при якому процедурі контролю підлягають тільки деякі вибірки вироблених товарів або послуг. Аналіз однократних та двократних планів вибіркового контролю показав, що вони прості в реалізації та застосуванні та можуть бути використані для контролю якості надання послуг в телекомунікаціях.

РОЗДІЛ 3. ПЛАНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИБІРКОВОГО КОНТРОЛЮ

3.1 Опис планів безперервного вибіркового контролю

Описані раніше плани вибіркового контролю гуртуються на тому, що потік продукції природним чином розпадається на окремі множини і про кожну з них приймається рішення щодо придатності складових його елементів. З цих множин, званих **партіями**, беруться вибірки і на підставі результатів контролю вибірки робиться висновок про властивості партії. Але у виробничій практиці таке припущення не завжди виправдано. Тому надалі будемо розглядати *безперервний* потік виробів в цілому. У середині цього потоку контролю підлягає бінарна ознака якості (контроль за якісним ознакою, ознака якості розподілена за законом Бернуллі).

Спочатку потрібно з'ясувати, що слід розуміти під часткою браку, якщо генеральна сукупність охоплює потенційно нескінченне число виробів. Імовірність того, що виріб, навмання взятий з потоку продукції, буде дефектним, позначимо через P . Якщо дефектні вироби при виготовленні виявляються стохастично незалежно один від одного, тобто не групуються один з одним і не мають жорстких часових інтервалів, то частка дефектних виробів у кожному досить великому числі виробів приблизно збігається з ймовірністю появи браку. Імовірність P при такого роду незалежності появи бракованих виробів можна інтерпретувати як **частку браку або рівень дефектності продукції**. Можна говорити також про **рівень дефектності виробничого процесу**.

Якщо частка браку постійна в часі, то говорять, що виробничий процес *статистично підконтрольний*. При такому процесі можна зменшити середній вихідний рівень дефектності, тобто математичне сподівання частки браку, що залишається після контролю, шляхом проведення більш-менш інтенсивного контролю. При $AOQ(P) = P$ можна обійтися взагалі без контролю, $AOQ(P) = 0$ необхідний суцільний контроль, якщо тільки він не супроводжується виникненням помилок контролю. Завданням всіх планів безперервного вибіркового контролю, скорочено **CSP** (англ.: *continuous sampling plans*), є таке управління інтенсивністю процесу відбору виробів для контролю залежно від його результатів, при якому межа середнього вихідного рівня дефектності не перевищував би заданого значення AOQL.

3.2 Плани контролю CSP-1

Розглянуто безперервний потік продукції, в якому зустрічаються придатні і дефектні вироби. Якщо не буде задано будь-яких інших умов, то

при організації контролю за альтернативною ознакою будемо виходити з таких передумов:

- виробничий процес статистично підконтрольний
- кожен виявлений дефектний продукт замінюється придатним або піддається ремонту.

Час, витрачений на контроль одного виробу, повинен бути не більший, ніж час його виготовлення, інакше перед пунктом контролю виникатимуть затори. Питання зараз у тому, як можна встановити, що в партії залишилося не надто багато невиявлених дефектних виробів. Dodge (1943) для подібної ситуації запропонував метод безперервного вибіркового контролю, так званий CSP-1, при якому завжди починають з суцільного контролю. Він проводиться до тих пір, поки не будуть виявлені i придатних виробів, наступних один за одним. Потім з наступних k виробів контролюється тільки одне. Якщо воно виявиться придатним, то з подальших k виробів перевіряється знову тільки одне і т.д. Якщо під час вибіркового контролю буде виявлено дефектний продукт, то переходять знову до суцільного контролю і проводять його до тих пір, поки не будуть виявлені наступні один за іншим i якісних виробів. У процесі контролю відбувається, таким чином, зміна фаз: фази 100% - контролю і фази $f \cdot 100\%$ - контролю, причому $f := 1/k$.

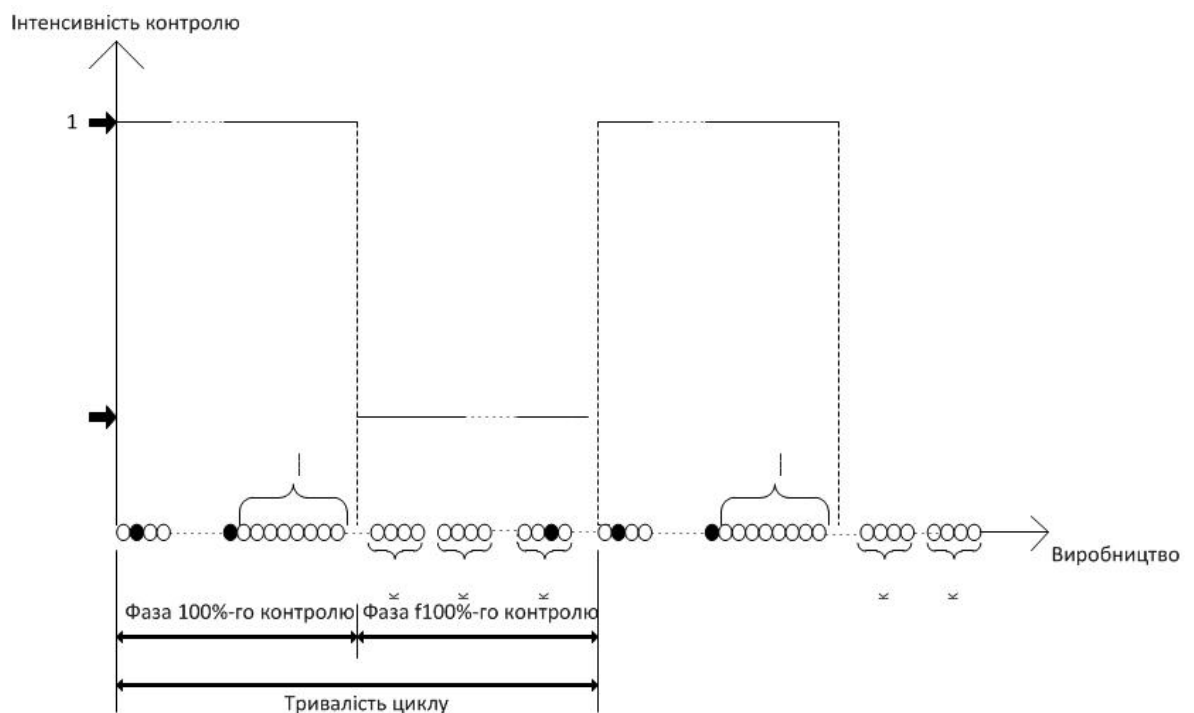


Рисунок 3.1 – Інтенсивність і фази контролю при CSP-1

На рисунку 3.1 представлена схема проведення контролю для випадку $i = 8$ і $k = 4$. Потік продукції представлений тут горизонтальною віссю (віссю часу) з моменту початку контролю. Дефектні вироби зображені

зафарбованими круж -ками, а придатні - незафарбованими. Стрілками вказані вироби, відібрані для контролю. Уздовж вертикальної осі відкладається інтенсивність контролю.

План типу CSP-1, запропонований Dodge, визначається двома цілочисельними параметрами: **релаксаційним числом i й інтервалом між вибірками k** . Замість k в якості другого параметра можна також застосовувати $f := 1/k$ – частку виробів, контрольованих у фазі вибіркового контролю.

Наведений опис методу роботи за планом CSP-1 відповідає перекладу оригінального тексту Dodge (1943). Dodge не визначає однозначно, як береться вибірка. Він тільки вимагає того, щоб вибірки не були перевернутими. При застосуванні плану CSP-1 є три можливості взяття вибірки, що відповідають вимогам Dodge, всі вони, як показали Derman/Johns/Lieberman (1959), призводять до отримання однієї і тієї ж оперативної характеристики. Перерахуємо ці можливості:

- взяття систематичних вибірок ;
- блоковий вибіркового контролю ;
- взяття імовірнісних вибірок.

При взятті **систематичних вибірок** (англ.: systematic sampling) після виявлення i -го придатного виробу на контроль відбирається кожний k -ий виріб, в той час як $k-1$ виріб не перевіряється. Якщо відібраний виріб дефектний, то з наступного виробу починається суцільний контроль.

При **блочному вибіркового контролю** (англ.: block order random sampling) після виявлення i -ого гідного виробу до наступних виробів розглядаються як один блок, з якого випадково відбирається і перевіряється один виріб, в той час як решта $k-1$ вироби не контролюються. Якщо перевірений виріб придатний, то переходять до наступного блоку, якщо ж він дефектний, то з наступного за цим блоком виробу починають суцільний контроль. При цьому способі взяття вибірок (рисунок 3.1) інтервал між ними є випадковою змінною з математичним очікуванням k .

При взятті **імовірнісних вибірок** (англ.: probability sampling) після знаходження i -ого гідного виробу відносно кожного наступного виробу заново вирішується питання про необхідність його контролю. При цьому для кожного виробу ймовірність бути відібраним для контролю повинна дорівнювати $f := 1/k$ (f – частка контрольованих виробів). Рішення можна приймати за допомогою випадкових чисел, які рівномірно розподілені в інтервалі $[0 ; 1]$. Для кожного виробу випадкове число Z генерується за допомогою ЕОМ або шляхом вибору з таблиць.

Якщо $Z \leq f = 1/k$, то виріб має бути проконтрольовано. Якщо воно виявиться придатним, то випадковий відбір продовжують, в іншому випадку з наступного виробу починають суцільний контроль. Також і при цій формі взяття вибірок число k має сенс середнього інтервалу між вибірками.

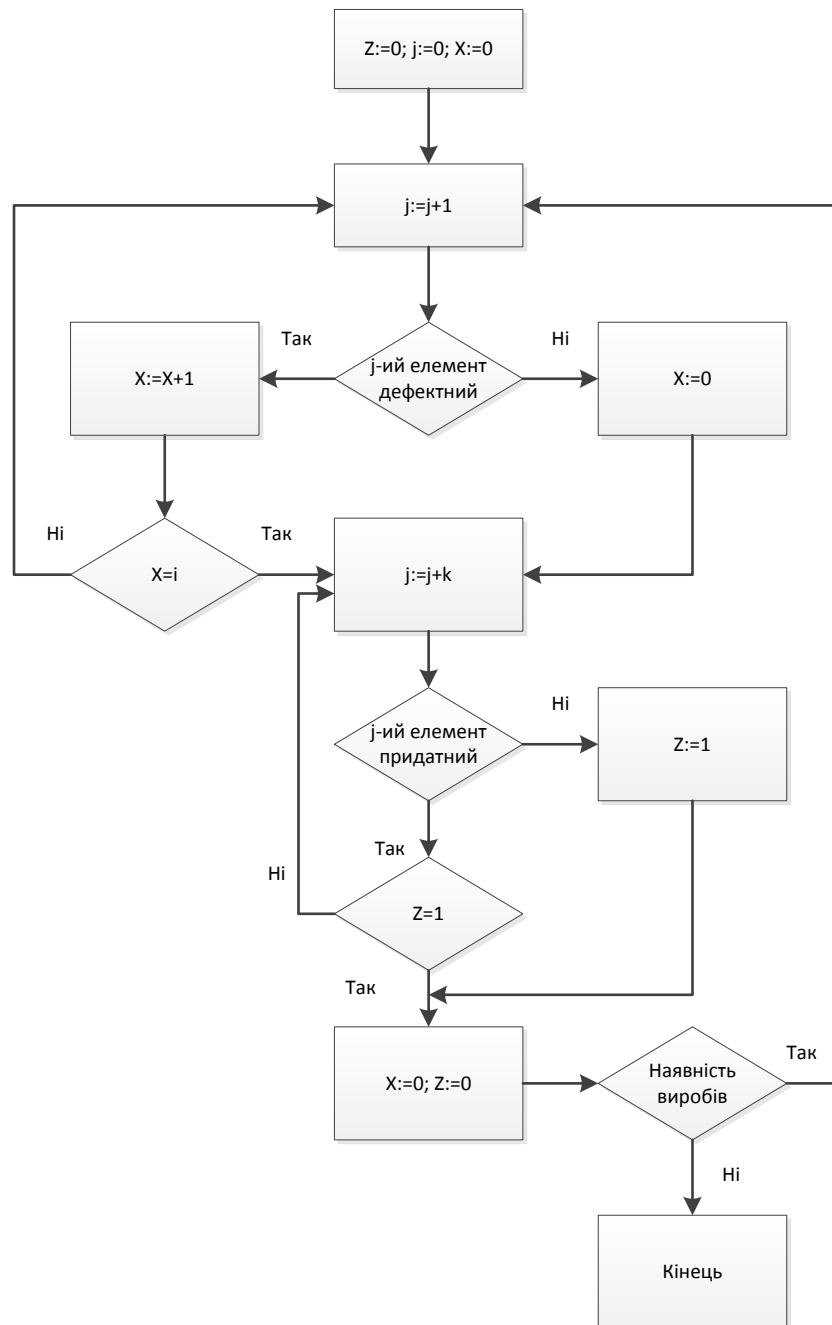


Рисунок 3.2 – Структурограма CSP-1

На рисунку 3.2 букви X, j, Z позначають числові поля даних (лічильники) з нульовими початковим значеннями. В полі X рахується кількість придатних виробів, проконтрольованих в фазу суцільного контролю; після знаходження

дефектного виробу лічильник стає в нуль. В полі Z рахується кількість виявлених дефектних виробів в період $f \cdot 100\%$ -контролю. \wedge

План безперервного вибіркового контролю $CSP-1$ з параметрами i та k описуються за допомогою шести характеристик.

1. Середня тривалість фази 100 % -го контролю

Тривалістю фази контролю будемо вважати число виробів, що пройшли через контроль протягом даного періоду. У фазі суцільного контролю кожний виріб піддається контролю. Тривалість фази 100 % -контролю є випадковою змінною, з'ясувати розподіл якої не так просто. Мінімальна тривалість фази суцільного контролю дорівнює i . Вона реалізується, якщо на початку процедури суцільного контролю один за одним відразу слідує i придатних виробів. Цей випадок має місце з імовірністю $(1 - P)^i$. Теоретично можливо, що фаза суцільного контролю нескінченна - ймовірність такої події дорівнює нулю. Щоб уникнути ситуації, коли при заданому i фаза суцільного контролю триває занадто довго, вводиться **правило зупину**. Інтерес для практичного застосування представляє середня тривалість фази 100 % -контролю $u(P|i)$, тобто математичне сподівання числа виробів, що пройшли фазу суцільного контролю. Ця величина залежить тільки від i та P і виражається формулою

$$u(P|i) = \frac{1-(1-P)^i}{P(1-P)^i} \quad (3.1)$$

Аналіз формули показує, що середня тривалість $u(P|i)$ фази 100%-контролю збільшується з ростом релаксаційного числа i або рівня дефектності процесу P .

2. Середня тривалість фази $f \cdot 100$ % -го контролю

В цій фазі застосування плану $CSP-1$ на кожний проконтрольований виріб припадає точно k виготовлених виробів ($k-1$ неперевірених і один перевірених), якщо вибірки є систематичними або блоковими, то в *середньому* k виготовлених виробів, якщо використовуються імовірнісні вибірки. Тривалість фази $f \cdot 100$ % - контролю є випадкова змінна $Y = X \cdot k$, де величина X має від'ємний біноміальний (геометричне) розподілення з параметрами P і $c=1$. Найменше значення X дорівнює одиниці. Воно буде реалізовано, якщо вже перший проконтрольований виріб у фазі $f \cdot 100$ % -го контролю виявиться дефектним. Позначимо через $v(P|k)$ математичне сподівання $E(Y)$, тобто **середню тривалість фази $f \cdot 100$ % -контролю**

$$v(P|k) = \frac{k}{P} = \frac{1}{fP} \quad (3.2)$$

З формули видно, що середня тривалість $v(P/k)$ фази вибіркового контролю зростає зі збільшенням інтервалу між вибірками k -й зменшенням рівня дефектності процесу P .

3. Середній вихідний рівень дефектності

Аналогічно приймальному контролю можна визначити **середній вихідний рівень дефектності для плану безперервного контролю** як відношення кількості пройшовших через контроль дефектних виробів до загальної кількості виготовлених виробів, при цьому середню тривалість циклу слід використовувати в якості опорної величини. Якщо передбачена заміна виявлених дефектних виробів, то у фазі 100 % -го контролю через сито контролю не проходить жодного дефектного виробу, а у фазі $f:100\%$ -го контролю $v(P|k)$ $P - 1$ виріб. Середній вихідний рівень дефектності для плану CSP - 1, що позначається через $AOQ(P|i;k)$, обчислюється як

$$AOQ(P|i;k) = \frac{v(P|k)P-1}{z(P|i;k)} \quad (3.3a)$$

Використання формул (2) і (3b) дозволяє отримати вираз

$$AOQ(P|i;k) = \frac{k-1}{z(P|i;k)} = \frac{(k-1)P(1-P)^i}{1+(k-1)(1-P)^i} \quad (3.3b)$$

Вихідний рівень дефектності зі збільшенням k монотонно прагне до P , а із зростанням i монотонно прагне до нуля:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} AOQ(P|i;k) = P; \quad \lim_{i \rightarrow \infty} AOQ(P|i;k) = 0 \quad (3.3b)$$

Зміна $AOQ(P|i;k)$ із збільшенням P немонотонна. На краях інтервалу $[0;1]$ значення частки браку P середній вихідний рівень дефектності дорівнює нулю

$$AOQ(0|i;k) = AOQ(1|i;k) = 0 \quad (3.3g)$$

В інтервалі $(0;1)$ середній вихідний рівень дефектності $AOQ(P|i;k)$ при $P=P_M$ має максимум. P_M визначається з рівності нулю похідною від (3.3б). Одержуване після цього рівняння збігається з (4), тобто значення P_M , мінімізуючи середню тривалість циклу, звертає в максимум середній вихідний рівень дефектності. Позначимо межу середнього вихідного рівня дефектності через **AOQL** (англ.: average outgoing quality limit)

$$AOQL := \max_P AOQ(P|i;k) = AOQ(P_M|i;k) \quad (3.4a)$$

Підставляючи значення P_M в (2.19b), отримуємо

$$AOQL = \frac{(i+1)P_M-1}{i} \quad (3.46)$$

4. Середня тривалість циклу

Циклом ми називаємо ту частину виробничого процесу, яка охоплює всі вироби від початку суцільного контролю до закінчення наступної за ним фази вибіркового контролю. Цикл складається з однієї фази 100 % - і однієї фази f 100%-контролю. Тривалість циклу дорівнює числу виробів, виготовлених протягом циклу (рисунок 3.2). Оскільки тривалості фаз суцільного і вибіркового контролю є випадковими змінними, то і тривалість циклу випадкова. Позначимо через $z(P|i;k)$ середню тривалість циклу. Вона є сумою раніше введених величин $u(P|i)$ і $v(P|k)$:

$$z(P|i;k) = u(P|i) + v(P|k) \quad (3.5a)$$

За допомогою формул (3.1) і (3.2) отримуємо:

$$z(P|i;k) = \frac{1+(k-1)(1-P)^i}{P(1-P)^i} \quad (3.5b)$$

Середня тривалість циклу – це строго монотонно зростаюча функція параметрів i та k , але вона не є ні монотонно зростаючою, ні монотонно спадаючою щодо P . Із збільшенням P складова $u(P|i)$ зростає, в той час як $v(P|k)$ спадає. Як для $P \rightarrow 0$, так і для $P \rightarrow 1$ має місце $z(P|i;k) \rightarrow \infty$, так як в обох випадках один з компонентів $z(P|i;k)$ прагне до нескінченності, а інший – до деякого кінцевого значення. У відкритому інтервалі $(0 ; 1)$ величина $z(P|i;k)$ досягає мінімуму в точці P_M . Для визначення цього мінімуму слід продиференціювати (3.5b) і прирівняти похідну нулю. В результаті отримаємо рівняння

$$(1+i)P - 1 = (k-1)(1-P)^{i+1} \quad (3.6)$$

корінь якого P_M не можна отримати в аналітично замкнутій формі, а тільки обчислити чисельно. Якщо отримане значення P_M підставити в (3.5b), то одержимо мінімальну середню тривалість циклу

$$z(P_M|i;k) = \frac{i}{(1-P_M)^{i+1}} \quad (3.7)$$

5. Середня частка проконтрольованих виробів

Для визначення середнього числа проконтрольованих виробів були введені дві величини: абсолютна величина АТІ (англ.: average total inspection) і відносна величина АФІ (англ.: average total inspected). Обидві ці величини відносяться до партій, тобто кінцевим сукупностями. При безперервному контролі потенційно нескінченного числа виробів як аналог обсягу партії N використовується середня тривалість циклу $z(P|i;k)$. Позначене як АТІ($P|i;k$)

середнє число виробів, перевірених за один цикл є сумою середніх чисел виробів, проконтрольованих у фазі суцільного і $f \cdot 100\%$ - контролю. Перший доданок збігається із середньою тривалістю $u(P|i)$ фази суцільного контролю, так як всі виготовлені вироби в разі суцільного контролю перевіряються. Другий доданок є k -ою частиною середньої тривалості $v(P|k)$ фази $f \cdot 100\%$ -го контролю, тому що в цій фазі на k виготовлених виробів припадає тільки один перевірених. Отже, ми отримуємо

$$ATI(P|i; k) = u(P|i) + \frac{v(P|k)}{k} = u(P|i) + f \cdot v(P|k) \quad (3.8a)$$

З урахуванням (3.1) і (3.2)

$$ATI(P|i; k) = \frac{1}{P(1-P)^i} \quad (3.8б)$$

Таким чином, середня кількість проконтрольованих за цикл виробів не залежить від інтервалу між вибірками k . Вона монотонно зростає із релаксаційним числом i і часткою браку P .

Середня частка перевірених за цикл виробів, скорочено позначена як $AFI(P|i;k)$, визначається діленням $ATI(P|i;k)$ на середню тривалість циклу $z(P|i;k)$

$$AFI(P|i; k) = \frac{ATI(P|i;k)}{z(P|i;k)} = \frac{u(P|i) + f \cdot v(P|k)}{u(P|i) + v(P|k)} \quad (3.9a)$$

З урахуванням (3.3б) і (3.8б) отримуємо

$$AFI(P|i; k) = \frac{1}{1 + (k-1)(1-P)^i} \quad (3.9б)$$

Функцією $AFI(P|i;k)$ визначається середня частка виготовлених виробів, яка піддається контролю. Вона монотонно зменшується з k і монотонно зростає з i та P . Очевидно, що

$$AFI(0|i; k) = \frac{1}{k} = f; AFI(1|i; k) = 1 \quad (3.9в)$$

6. Оперативна характеристика плану

За допомогою оперативної характеристики під час проведення приймального контролю визначається імовірність приймання партії з часткою браку P . В силу того, що при безперервному контролю партій як таких не існує, то потрібно - як і при аналізі ATI і AFI - шукати концепцію, яка найближче до

концепції оперативної характеристики при приймальному контролі. Повернемося ще раз до приймальному контролю. До партій з рівнем дефектності P застосовується план контролю за якісною ознакою $(N;n;c)$, причому забракована партія піддається суцільному контролю. При заданому P значення $L(P)$ оперативної характеристики даного плану контролю можна інтерпретувати в такий спосіб: при даному рівні дефектності частка прийнятих партій при вибірковому контролі становить $L(P)$. Це ж можна сформулювати і для випадку застосування плану CSP-1. Тут $v(P|k)/z(P|i;k)$ є часткою виготовлених виробів, прийнятих у фазі вибіркового контролю. Тому **оперативної характеристикою плану безперервного контролю** назвемо функцію, що визначає залежність від P частки виробів, прийнятих у фазі $f \cdot 100\%$ - го вибіркового контролю. Для цієї функції використовуємо вираз

$$L(P|i;k) := \frac{v(P|k)}{z(P|i;k)} \quad (3.10a)$$

З урахуванням формул (3.2), (3.3), (3.3б) і $f=1/k$ звідси випливає, що

$$L(P|i;k) = \frac{k(1-P)^i}{1+(k-1)(1-P)^i} = \frac{AOQ(P|i;k)}{P(1-f)} \quad (3.10б)$$

Оперативна характеристика (3.10) поводитьсь так само, як і будь-яка інша оперативна характеристика плану приймального контролю, тобто вона строго монотонно знижується з P і для неї виконуються рівності:

$$L(0|i;k) = 1; \quad L(1|i;k) = 0. \quad (3.10в)$$

При зміні параметрів i і k графік **оперативної характеристики (3.10) плану безперервного контролю** поводитьсь так само, як і оперативна характеристика простого плану контролю за якісною ознакою $(N;n;c)$ при зміні параметрів n або c . Оперативна характеристика стає більш крутою (збільшується потужність критерію), якщо релаксаційне число i зростає або / і зменшується інтервал k між вибірками. (рисунок 3.2)

Блокові плани безперервного вибіркового контролю

При розгляді послідовних планів ми завжди виходили з безперервного потоку виробів, а не з окремих партій, на які розпадається потік. Існує, правда, ряд виробничих процесів, у яких потік продукції розпадається природним чином на блоки. Це може бути партія виробів, продукція однієї зміни, однієї години і т. д. Для таких випадків існують спеціальні плани, звані **блоковими**

планами безперервного контролю (англ.: block continuous sampling plans). При застосуванні такого плану з кожного блоку вилучаються вибірки. Якщо у вибірці виявляється критичне число дефектних виробів, залишок блоку піддається суцільному контролю. У блокових планів постійне f , а релаксаційне число змінюється від блоку до блоку.

Блокові плани безперервного контролю були запропоновані Waldi Wolfowitz (1945). Як приклад розглянемо один з описаних в їх роботах планів. Згідно з цим блоковому плану CSP, позначеному як план С, потік продукції розпадається на блоки однакового обсягу N , а кожен блок на групи об'ємом k . Кожен блок послідовно контролюється, причому діють згідно з такими правилами:

- з кожної групи блоку (починають з першої групи) послідовно беруть випадково по одному виробу, контролюють їх і запам'ятовують числа дефектних виробів,
- якщо накопичене число дефектних виробів ще перед останньою групою досягає критичного значення M^* , то проводять 100% - ий контроль решти груп ; в іншому випадку контроль проводять аж до останньої групи виробів на основі взяття одно елементних вибірок.

План С, визначається, отже, трьома параметрами: довжиною блоку N , об'ємом групи k і критичним значенням M^* . Очевидно, що число груп $g=N/k$. Замість k як параметр можна використовувати частоту $f=1/k$. На рис.4.1/18 наочно зображений порядок контролю за описаним планом. Кожен блок ділиться на $g=10$ груп і вибирається критичне значення $M^*=2$. Групи, в яких виявляють дефектний виріб, позначені чорною крапкою, групи, в яких проводять суцільний контроль заштриховані.

Якщо план із заданими параметрами N , k і M^* , то число контрольованих виробів на блок - **середня частка проконтрольованих виробів $AFI(P)$** - при заданій частці браку P визначається за формулою

$$AFI(P) = 1 - \frac{M^*(1-f)}{P \cdot f \cdot N} + \frac{1-f}{P \cdot f \cdot N} \sum_{i=0}^{M^*-1} (M^* - i) \binom{fN}{i} P^i (1 - P)^{fN-i} \quad (3.11)$$

за умови, що контроль проводиться з заміною дефектних виробів. Відповідна формула для частки невиявлених дефектних виробів на блок - **середнього вихідного рівня дефектності $AOQ(P)$** - має наступний вигляд:

$$AOQ(P) = \frac{M^*(1-f)}{f \cdot N} \cdot \left[1 - \frac{1}{M^*} \sum_{i=0}^{M^*-1} (M^* - i) \binom{fN}{i} P^i (1 - P)^{fN-i} \right] \quad (3.12)$$

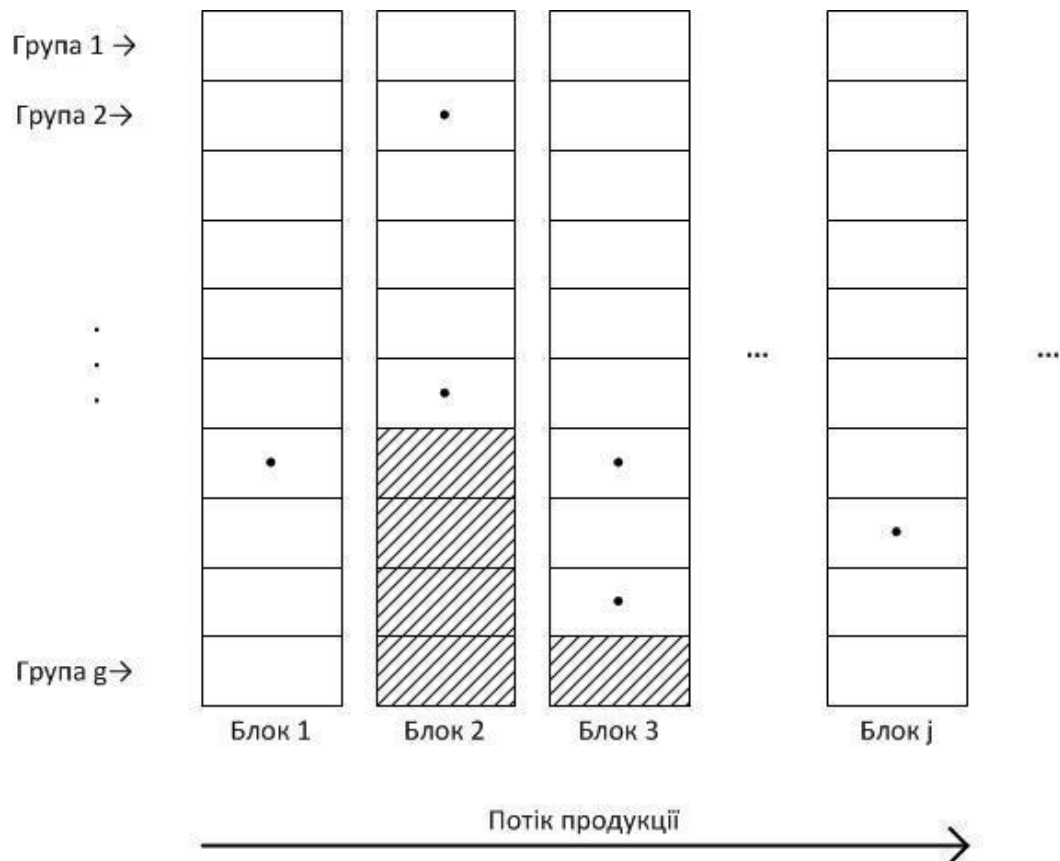


Рисунок 3.3 – Блокові плани контролю

Максимальне значення відносно P становить

$$AOQL := \max_P AOQ(P) = \frac{M^*(1-f)}{f \cdot N} \quad (3.13)$$

Контрольні карти

Виготовлення продукції завжди пов'язане з мінливістю умов виробництва. Це призводить до певних змін ознаки якості X виробів, що виготовляються. При добре спланованому і правильно здійснюваному процесі ці зміни незначні. У такому випадку говорять, що процес є необуреним і статистично підконтрольним. Під час виробництва зміни ознаки якості можуть зрости і перевищити допустимі межі, якщо сильно зміняться контрольовані чинники. Такий процес є обуреним, статистично непідконтрольним.

Карты контролю якості (КРК), звані раніше контрольними картами, служать для постійного контролю за тим, щоб виробничий процес залишався статистично підконтрольним. Крім того, ці карти служать і іншим цілям, що буде показано далі. Але спочатку на прикладі карт Шухарта продемонструємо характер роботи з контрольними картами. У висновку ми розглянемо різні

види контрольних карт, загальну теорію їх побудови. Докладним розглядом спеціальних контрольних карт ми займемося трохи пізніше.

Будемо виходити з припущення, що розподіл ознаки якості при незбуреному технологічному процесі не залежить від часу і що відсутня післядія, тобто автокореляція.

3.4.1 Типи контрольних карт

Контрольні карти (КК) – інструмент, що дозволяє відстежувати перебіг процесу і впливати на нього (з допомогою відповідного зворотнього зв'язку), попереджати його відхилення від що висуваються до процесу вимог.

Результатом застосування КК є отримання об'єктивної інформації для прийняття рішень про стабільність процесу, розробки рекомендацій для поліпшення якості своєї продукції.

Існує два основні типи контрольних карт: для якісних ознак (придатний - непридатний) й для кількісних ознак. Для контролю за безперервною ознакою зазвичай будуються такі контрольні карти:

- X-карта. На цю контрольну карту наносяться значення вибірових середніх значень, щоб контролювати відхилення від середнього значення безупинної перемінної (наприклад, діаметрів поршневих кілець, міцності матеріалу тощо.).
- R-карта. Для контролю над ступенем мінливості безупинної величини у контрольній карті цієї типу будуються значення розмахів вибірок.
- S-карта. Для контролю над ступенем мінливості безупинної змінної у контрольній карті такого типу розглядаються значення вибірових стандартних відхилень.
- S^2 -карта. У контрольній карті такого типу контролю мінливості будується графік вибірових дисперсій.

Для контролю за якістю продукції з альтернативною ознакою зазвичай застосовуються такі типи контрольних карт:

- C-карта. У цих контрольних картах будується графік числа дефектів. З використанням такої карти робиться припущення, що дефекти контрольованої характеристики продукції зустрічаються порівняно рідко, а контрольні межі для такого типу карт розраховуються з урахуванням властивостей розподілу Пуассона (розподілу рідкісних подій).

- U-карта. У карті такого типу будується графік відносної частоти дефектів, тобто відносне число виявлених дефектів до n - числа перевірених одиниць продукції (тут n позначає, наприклад, число футів довжини труби, обсяг партії виробів). На відміну від С-карти, для побудови карти такого типу не потрібна сталість числа одиниць перевірених виробів, тому таку карту можна використовувати під час аналізу партій різного обсягу.
- Np-карта. У контрольних картах цього типу будується графік для числа дефектів, як у випадку С-карти. Проте, контрольні межі цієї карти розраховуються з урахуванням біноміального розподілу, а не розподілу Пуассона. Тому цей тип карт повинен використовуватися у разі, коли виявлення дефекту перестало бути випадковою подією (наприклад, коли виявлення дефекту відбувається у 5% перевірених одиниць продукції). Цією картою можна скористатися, наприклад, при контролі числа одиниць продукції, що мають невеликий брак.
- P-карта. У картах такого типу будується графік відсотка виявлених дефектних виробів (для партії, за день, на верстат тощо.). Графік будується як і у випадку U-карти. Проте, контрольні межі для даної карти знаходяться з урахуванням біноміального розподілу, а не розподілу випадкових подій. Тому P-карта найчастіше використовується, коли поява дефекту не вважається випадковою подією (якщо, наприклад, очікується, що дефекти будуть у більш як 5% загальної кількості вироблених одиниць продукції).

Усі перелічені вище типи карт припускають можливість побудови коротких карт для виробничих серій (стислі контрольні карти) і контрольних карт для кількох процесів (багатопотокові групові карти).

Контрольні карти дозволяють проводити аналіз можливостей процесу. Можливості процесу - це здатність функціонувати належним чином. Зазвичай, під можливостями процесу розуміють здатність задовольняти технічним вимогам.

З допомогою побудови контрольних карт за наявності тимчасової залежності можливо перевірити, чи лежать середні значення змінних в області розсіювання, що пояснюється дією випадкових чинників, або ж виходять межі цієї зони. У цьому випадку підрозділ даних може складатися як з тимчасових інтервалів, так із інших підгруп.

3.4.2 Переваги контрольних карт для безперервних змінних і контрольних карт по альтернативного ознакою

Іноді інженеру, який займається контролем якості, доводиться вибирати між застосуванням контрольної карти безперервних змінних і контрольної карти за альтернативною ознакою.

Переваги контрольних карт за альтернативною ознакою. Перевага контрольних карт за альтернативною ознакою полягає у можливості швидко отримати загальне уявлення про різноманітні аспекти якості аналізованого виробу; тобто, виходячи з різних критеріїв якості, інженер може відразу прийняти чи забракувати продукцію. Далі, контрольні карти за альтернативною ознакою іноді дозволяють уникнути застосування дорогих точних приладів та потребують значних витрат часу вимірвальних процедур. З іншого боку, цей тип контрольних карт зрозуміліший менеджерам, які розуміються на тонкощах методів контролю за якістю. Отже, з допомогою таких карт переконливіше продемонструвати керівництву наявність проблеми з якістю виробів.

Переваги контрольних карт для безперервних змінних. Контрольні картки безперервних змінних мають більшу чутливість, ніж контрольні карти по альтернативного ознакою. Завдяки цьому, контрольні картки безперервних змінних можуть назвати існувати проблеми погіршення якості, перш ніж потоці продукції з'являться справжні браковані вироби, виділені з допомогою контрольної карти по альтернативного ознакою. Діяльність Montgomery (1985) автор називає контрольні картки безперервних змінних основними індикаторами погіршення якості, які попереджають ці проблеми задовго перед тим, як у процесі виробництва різко зросте частка бракованих виробів.

Індекси придатності процесу

Що стосується контрольних карт для безперервних змінних часто виникла потреба включити в підсумковий висновок результатів аналізу звані індекси придатності процесу. Коротко кажучи, індекси придатності процесу висловлюють (як відносини), яка частина деталей чи виробів, які вироблялися рамках поточного виробничого процесу, за своїми характеристиками потрапляє у певні технологіями межі (зокрема, в інженерні допуски).

3.4.3 Контрольна карта накопичених сум (>CUSUM-карта)

Контрольна карта типу CUSUM була вперше запропонована 1954 року. Якщо будувати графік накопиченої суми відхилень від планових специфікацій до таких друг за іншому вибіркового середніх, то навіть малі постійні зрушення

середнього значення процесу поступово приведуть до накопичення істотною суми відхилень. Тому цей тип контрольних карт добре адресований виявлення малих постійних зрушень процесу, які можуть бути непоміченими при застосуванні \bar{X} -карти. Наприклад, коли за зносу устаткування процес повільно "вислизає" з-під контролю, у результаті розміри виробів перевищують планові специфікації (чи стають нижче їх), при застосуванні контрольної карти такого типу отримують монотонно зростаючий (чи спадаючий) графік накопиченої суми відхилень від планових специфікацій.

Принципи побудови контрольних карт і цілі їх використання

Для ведення контрольних карт (англ.: control chart) з виробничого процесу з певним, найчастіше однаковим проміжком часу беруться вибірки об'ємом n . Об'єднані в один вибіркового вектор X значення результатів вимірювань X_1, \dots, X_n ознаки якості в подальшому можуть застосовуватися безпосередньо як окремі значення або як одна з представлених вибірових характеристик $g(X)$ (сума результатів, середнє значення, медіана, стандартне відхилення або розкид). Контрольна карта є графічним зображенням на дисплеї або на аркуші паперу результатів вибіркового контролю, причому моменти взяття вибірок або їх поточні номери наносяться на вісь абсцис (горизонтальна вісь), а реалізації вибіркової характеристики - на вісь ординат (вертикальна вісь). У цій координатній системі окрім двох осей наносяться ще й інші лінії. Опишемо тільки ті з них, які є і на традиційних контрольних картах, розроблених Шухартом.

На контрольних картах Шухарта в якості орієнтира проводиться умовна середня лінія - пряма, паралельна осі абсцис. Її відстань M до осі абсцис залежить від цілей регулювання виробничого процесу. Цією метою може бути, наприклад, досягнення деякого необхідного значення ознаки якості, відповідного стандартам або іншим технічним умовам, значення, отриманого дослідним шляхом при дослідженні не обуреного процесу виробництва, або ж оцінного значення, прогнозованого за результатами вивчення передісторії процесу.

Середня лінія на контрольній карті необов'язкова, але існують одна або дві обов'язкові лінії - контрольні межі. З двома контрольними межами - верхньою (OEG) і нижньою межею (UEG) - працюють саме тоді, коли у ознаки якості спостерігаються двосторонні відхилення від заданого значення. Тому розрізняють **контрольні карти з односторонніми** і **карти з двосторонніми межами**. Контрольні межі визначаються і наносяться на карту ще до проведення контролю. З їх допомогою можна визначити, чи є процес виробництва статистично підконтрольним або мають місце якісь обурення.

Поряд з контрольними межами на контрольну карту наносяться ще одна або дві попереджувальні межі. Верхня (OWG) і нижня (UWG) попереджувальні межі лежать ближче один до одного і до середньої лінії M, ніж нижня і верхня контрольні межі.

При застосуванні подібних контрольних карт можливі три ситуації: результат контролю може знаходитися всередині попереджувальних меж, між попереджувальною та контрольною межею або за межами контрольних ліній. Під час проведення процедури контролю мають місце всі три події. Третій результат контролю (тонка стрілка) лежить між нижніми попереджувальною та контрольною межею, п'ятий результат (жирна стрілка) - виходить за контрольну межу. Починаючи з шостого результату вибіркового контролю всі отримані результати лежать всередині попереджувальних меж. Перед початком роботи з контрольними картами потрібно однозначно визначити, як слід реагувати на три названих ситуації. На практиці діють згідно з такими правилами.

Випадок 1: результат контролю лежить всередині попереджувальних меж

У цьому випадку процес є статистично підконтрольним. Дій щодо коригування процесу не потрібно.

Випадок 2: Результат контролю лежить на або за межами контрольних ліній

У цьому випадку ясно, що виробничий процес перестав бути статистично підконтрольним. Слід втрутитися в процес з метою його коректування. Що конкретно означає це втручання - залежить від виду виробничого процесу та інформації про нього, а також від виду обурення. Можливо, буде потрібно впорядкувати продукцію, вироблену після взяття останньої вибірки.

Випадок 3: Результат контролю лежить між попереджувальною і контрольною межею

У цьому випадку можлива наявність обурення. Беруть додаткову вибірку. Якщо результат контролю лежить всередині попереджувальних меж, то дане припущення відхиляється. Якщо він лежить поза попереджувальних меж, то припущення вважається доречним і слід втрутитися в виробничий процес, щоб знову зробити його статистично підконтрольним.

Для карт без попереджувальних кордонів перше правило відноситься до контрольних меж, а останній випадок неможливий. Слід зазначити, що при використанні попереджувальних меж змінюється положення контрольних меж. Це відноситься і до того випадку, коли необхідний облік грубих помилок.

Висновки до Розділу 3

У третьому розділі було вирішено такі завдання:

- аналіз планів безперервного вибіркового контролю, зокрема, план контролю CSP-1
- аналіз основних характеристик плану CSP-1
- аналіз використання різних типів контрольних карт

Використання плану контролю CSP-1, якщо є можливість встановити в оператора обладнання, яке б суцільно контролювало кожну сесію.

Результатом застосування контрольних карт є отримання об'єктивної інформації для прийняття рішень про стабільність процесу, розробки рекомендацій для поліпшення якості своєї продукції. В залежності від типу процесу та цілей, можливо застосовувати різні види контрольних карт, що дозволить якомога точніше виявити причину неналежної якості продукції та усунути її.

РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ

4.1 Постановка задачі

Контроль якості послуг, що надаються оператором телекомунікацій раніше був задачею самого оператора. На мережах багатьох операторів впроваджені системи моніторингу та збору інформації про стан послуг та рівня їх якості. Але, з погляду користувача, цього недостатньо. На жаль, методи, які використовує оператор для контролю якості послуг не можуть в повній мірі забезпечити той рівень якості, на який очікує користувач. Це пояснюється тим, що для ефективного контролю якості послуг оператору необхідно виділити чималі фінанси. Відсутність контролюючого органу, який би стежив за виконанням якості надання послуг, дозволяє оператору не в повній мірі відповідати встановленим вимогам.

Вирішити цю проблему, а одночасно й здійснити контроль діяльності оператора телекомунікацій, може система паралельного контролю й моніторингу якості послуг, що надаються.

Робота мобільного оператора передбачає набір сервісів, які він надає користувачам. В свою чергу, ці сервіси повинні відповідати заданим рівням показників, що регламентуються низкою стандартів як державних, так і міжнародних.

Для того, щоб в повній мірі оцінити рівень надання послуг оператором потрібно провести моніторинг всього спектру сервісів. Це пояснюється тим, що низький рівень якості однієї послуги спричиняє низький рівень іншої. Тому для подальшого забезпечення якісної роботи мережі оператора телекомунікацій потрібно проводити контроль якості всіх сервісів, що надаються користувачам.

При проектуванні такої системи моніторингу виникають наступні проблеми:

1. На скількох БС потрібно провести моніторинг, щоб з потрібним рівнем вірогідності сказати, що вся мережа оператора телекомунікацій працює якісно;
2. Скільки потрібно зробити вимірів кожного сервісу для найточнішого визначення, що сервіс відповідає регламентованим показникам;
3. Протягом якого часу потрібно проводити перевірку.

Для вирішення цих питань проводиться аналіз кожного показника якості, що затверджені наказом № 147 від 19.03.2010 «**Про встановлення рівнів якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку**» Міністерства транспорту та зв'язку України (додаток Б).

Методика для здійснення контролю за коефіцієнтом неготовності мережі

4.2.1 Визначення коефіцієнту неготовності мережі

Проведемо розрахунок необхідних параметрів для здійснення контролю за коефіцієнтом непридатності (неготовності) мережі.

Постановка задачі:

1. Визначити тип плану контролю.
2. Побудувати оперативну характеристику для даного плану контролю, якщо основні параметри задані в додатку Б пункт 1.1.1 (якщо, наприклад, узгоджений ризик оператора 1%, узгоджений ризик користувача 5%)

Для побудови оперативної характеристики проведемо наступне дослідження.

Визначимо, що означає коефіцієнт непридатності мережі.

Згідно з СОУ 64.2 – 00017584 – 006:2009 "Телекомунікаційні мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ПОСЛУГИ. Показники якості. Методи випробування **готовність (придатність) мережі** (*Network availability*) - це імовірність успішного забезпечення виконання функцій мережі протягом визначеного проміжку часу. Таким чином:

Коефіцієнт неготовності радіомережі $K_{\text{нгрм}}$ – частка випадків, коли послугу радіомережі зв'язку не може бути надано користувачеві.

Коефіцієнт неготовності радіомережі $K_{\text{нгрм}}$ обчислюють за формулою:

$$K_{\text{нгрм}} = \frac{N_{\text{спн}}}{N_{\text{сд}}} \quad (4.1)$$

де $N_{\text{спн}}$ – кількість спроб доступу при неготовності мережі РМЗ;

$N_{\text{сд}}$ – загальна кількість спроб доступу за період випробування або звітний період.

Відповідно до наказу № 147 Міністерства транспорту та зв'язку України $K_{\text{нгрм}}$ ($K_{\text{нпрм}}$) повинен становити не більше 0,05.

Подія неготовності мережі виникає при неможливості користувача зареєструватися в мережі оператора, тобто коли абонент не може зареєструватися в HLR оператора (для мобільного оператора). Мається на увазі першочергова реєстрація абонента після включення телефону.

Реєстрацією, зазвичай, називають процес початкової авторизації користувальницького терміналу в мережі оператора. Відбувається реєстрація після включення телефону або після повернення в зону дії мережі оператора.

При виявленні мережі телефон передає IMSI абонента. IMSI починається з коду країни «прописки» його власника, далі йдуть цифри, що визначають домашню мережу, а вже потім - унікальний номер конкретного передплатника. Наприклад, початок IMSI 25506... відповідає українському оператору life:). (255 - Україна, 06 - life:)). За номером IMSI VLR гостьової мережі визначає домашню мережу і з'єднується з її HLR. Останній передає всю необхідну інформацію про абонента в VLR, який зробив запит, а у себе розміщує посилання на цей VLR, щоб у разі потреби знати, «де шукати» абонента.

Для авторизації використовується спеціальний блок, званий MSI Generator. Кожен абонент одержує стандартний модуль дійсності абонента (SIM - карта), який містить: міжнародний ідентифікаційний номер (IMSI), свій індивідуальний ключ аутентифікації (KI), алгоритм аутентифікації (A3). AuC (центр аутентифікації) передає випадковий номер (RAND) на телефон. У середині SIM за допомогою ключа KI (ключ ідентифікації - так само як і IMSI, він міститься в SIM) і алгоритму ідентифікації A3 обчислюється 32 - бітова відповідь - SRES (Signed REsult) за формулою $SRES = K_i * RAND$. Точно такі ж обчислення проробляються одночасно і в AuC за обраним з HLR K_i користувача. Якщо SRES, обчислений в телефоні, співпадає з SRES, розрахованим AuC, то процес авторизації вважається успішним і абоненту присвоюється TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity - тимчасовий номер мобільного абонента). TMSI служить виключно для підвищення безпеки взаємодії передплатника з мережею.

Теоретично, при реєстрації повинен передаватися і номер IMEI, при отриманні IMEI мережею, він направляється в EIR, де порівнюється з так званими «списками» номерів. Білий список містить номери санкціонованих до використання телефонів, чорний список складається з IMEI, вкрадених або з якої-небудь іншої причини не допущених до експлуатації телефонів, і, нарешті, сірий список - «трубки» з проблемами, робота яких дозволяється системою, але за якими ведеться постійне спостереження. Але на практиці це зазвичай не реалізується.

Визначимо в якості генеральної сукупності максимальну кількість реєстрацій в мережі за 1 добу, яку можемо отримати у оператора на базі статистики за даним параметром, і позначимо її як N. Таким чином, генеральною сукупністю буде партія розміром N, яка буде перевірена за допомогою вибірки n та кількістю невдалих спроб реєстрації в мережі M.

4.2.2 Методика проведення одного вимірювання

Емулятор телефонного апарату переходить з стану «вимкнено» в стан «ввімкнено». В випадку, якщо реєстрація не відбувається (через певний проміжок часу апарат видає значення, що мережа не знайдена).

1. Фіксуємо результат даного вимірювання як виникнення дефекту й присвоюємо йому значення 1.

Як вже було сказано у розділі 2, плани контролю, згідно яким контроль за альтернативною (якісною) ознакою проводять на підставі результатів тільки однієї вибірки з партії, називається **однократними планами контролю** (англ.: *simple sampling plans for attributes*). Було визначено, що застосування простого плану контролю за альтернативною ознакою еквівалентно процедурі перевірки відповідної гіпотези. Оперативну характеристику (2.9) для процедури перевірки гіпотези можна розрахувати, якщо відомо розподілення величини X_n^T , що контролюється. Для випадку оцінки коефіцієнта непридатності мережі застосуємо гіпергеометричне розподілення. Тому що випадкова величина, що характеризує непридатність РМЗ може приймати 2 значення: 0 коли мережа придатна, 1- непридатна. Таким чином, дана випадкова величина матиме гіпергеометричне розподілення з параметром Р (частка браку), що дорівнює 0,05 згідно з додатком Б.

Гіпергеометричне розподілення $h_y(k|N; M; n) := W(X_n^T = k)$ має вигляд

$$h_y(k|N; M; n) = \begin{cases} \frac{\binom{M}{k} \binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}} & \text{при } c_1 \leq k \leq c_2, \\ 0 & \text{в протилежному} \\ & \text{випадку} \end{cases} \quad (4.1)$$

де $c_1 := \max(0; n + M - N)$; $c_2 := \min(n; M)$.

В формулі (4.1) в знаменнику стоїть кількість $\binom{N}{n}$ всіх можливих вибірок об'ємом n з генеральної сукупності з N елементами (вибірки беруться без повернення й без урахування послідовності відібраних виробів). В чисельнику стоїть число всіх тих вибірок (без повернення й без урахування послідовності), які містять k «успіхів» з загальної кількості можливих «успіхів» M, і n-k «невдач» з загальної кількості «невдач» N-M, тобто $\binom{M}{k} \binom{N-M}{n-k}$. Тому вираз (4.1) дає приклад класичного визначення імовірності: відношення кількості «успіхів» до кількості всіх можливих випадків.

Для функції розподілення $Hu(k|N; M; n) := W(X_n^T \leq k)$ з (4.1) випливає

$$Hu(k|N; M; n) = \begin{cases} 0 & \text{при } k \leq c_1, \\ \sum_{i=c_1}^k hu(i|N; M; n) & \text{при } c_1 \leq k \leq c_2, \\ 1 & \text{при } k \geq c_2. \end{cases} \quad (4.2)$$

Функцію розподілення (4.2) не можна спростити та представити аналітично в замкненій формі, але її можна вирахувати й табулювати.

З партії об'ємом N елементів, M з яких дефектні, роблять вибірку без повернення об'ємом n . Змінна X_n^T , що відображає кількість дефектних елементів у вибірці, при описаних умовах має розподілення $hu(N; M; n)$. Оперативну характеристику

$$L(P) = W(X_n^T \in \overline{CR} | P) = W(X_n^T \leq c | P) \quad (4.3)$$

при гіпергеометричному розподіленні величини X_n^T , що контролюється, називають **гіпергеометричною оперативною характеристикою**. Вона має вигляд $L(P|N; n; c)$. При цьому $W(X_n^T \leq c | P) = Hu(c|N; M; n)$, тобто

$$L(P|N; n; c) = Hu(c|N; M; n) \quad (4.4a)$$

до того ж $M = N \cdot P$. Згідно з (4.1) та (4.2)

$$L(P|N; n; c) = \sum_{i=0}^c \frac{\binom{M}{i} \binom{N-M}{n-i}}{\binom{N}{n}} \quad (4.4b)$$

На рисунку 4.1 зображена гіпергеометрична оперативна характеристика для плану контролю з $N=3000$, $n=89$, $c=2$. Функція (4.4) в силу того, що $P = M/N$ і $M \in \{0, 1, \dots, N\}$ дискретна й може бути визначена лише в точках $P \in \{0, 1/N, 2/N, \dots, 1\}$

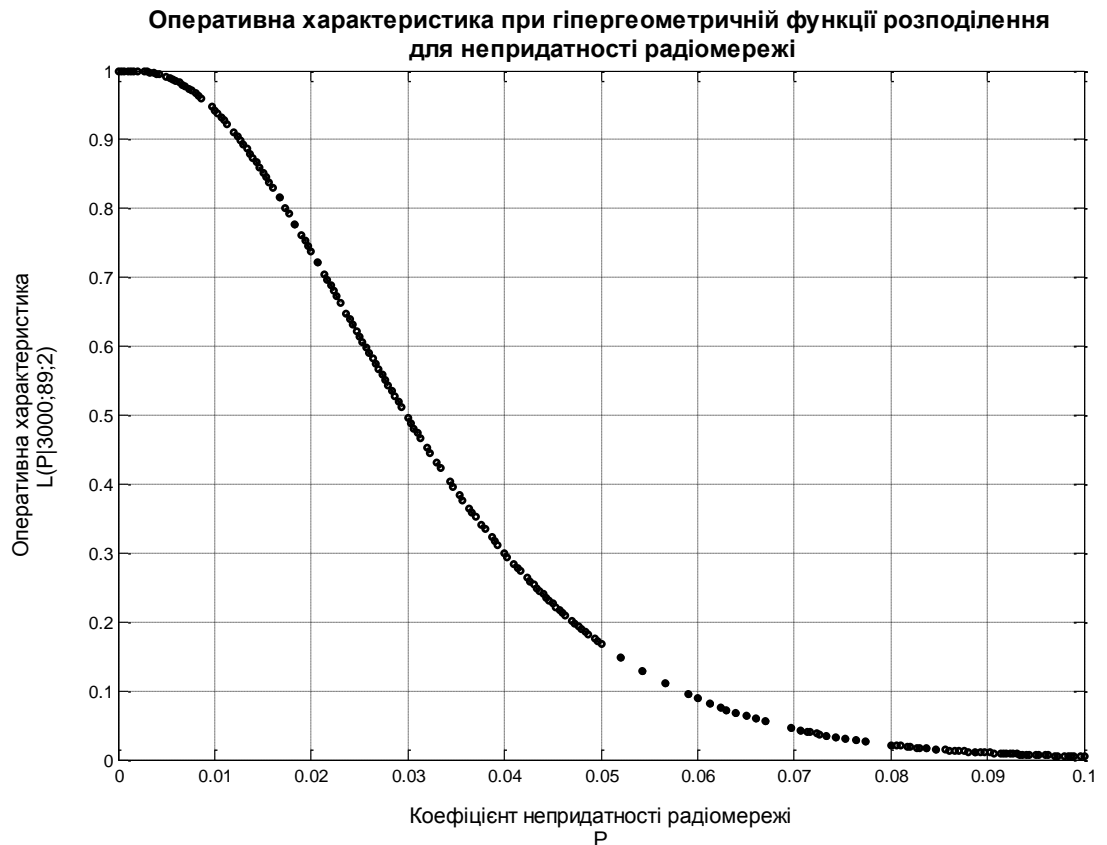


Рисунок 4.1 – Гіпергеометрична оперативна характеристика для плану
(3000;89;2)

По графіку оперативної характеристики видно, як у плану контролю за якісною ознакою (3000;89;2) змінюється імовірність придатності мережі при зміні коефіцієнту непридатності радіомережі P . З даного рисунку випливає, що імовірність придатності мережі при $P=0,05$ (5% непридатності радіомережі згідно з додатком Б) складає 0,18, а при $P=0,01$ (1% непридатності) – приблизно 0,94. При названих рівнях дефектності партію бракують з ймовірностями 0,18 або 0,94. При малих значеннях P оперативна характеристика в будь-якому випадку має великі значення (захист інтересів постачальника), в той час як при великих значеннях P треба прагнути до малих значень оперативної характеристики (захист користувачів від непридатності мережі). Чи однаково захищає план контролю (3000;89;2) інтереси постачальника та користувача можна визначити, знаючи конкретні вимоги кожного.

Крутизна оперативної характеристики зростає, якщо N і n збільшуються. Плани контролю з великим об'ємом вибірки дають більш точні результати. Це означає, що зі зростаючим n знижується як ризик постачальника, так і ризик користувача (одночасно підвищується ступінь захищеності обох).

Крутизна характеристики також залежить від значення приймального числа c . При чому, чим менше c , тим крутіше змінюється характеристика. Ця залежність часто застосовується в якості обґрунтування планів контролю, для яких $c = 0$. Проти застосування таких планів контролю виступає один психологічний момент: користувач, а перш за все постачальник, мають частіше за все негативне відношення до факту прийняття непридатності всієї мережі уже при виявленні одного факту непридатності. Але той, хто застосовує план контролю за якісною ознакою з приймальним числом c , ймовірно, інтуїтивно вважає, що перевіряє, особливо «суворо» й тим самим, ніби, захищений від можливості прийняти партію з великою часткою браку. Насправді ж в партіях, прийнятих в результаті застосування плану $(N;n;0)$ можлива відносно велика частка браку, якщо доля відбору n/N мала.

Для прийняття рішення відповідно до рівнів захищеності користувача можна визначити як кількість випробувань n , яке при збільшенні дозволить досягнути необхідної крутизни оперативної характеристики. Таким чином, якщо відомо середню кількість реєстрацій за рік у оператора, то можна визначити, яким має бути значення n , щоб мати необхідну крутизну оперативної характеристики.

Функція $P = L^{-1}(y)$, обернена до функції оперативної характеристики $y = L(P)$ визначає квантилі оперативної характеристики $L(P)$. Квантилі – це параметри, які дозволяють за допомогою чисел описати положення розподілення вздовж осі абсцис. Квантилі P_ω оперативної характеристики дозволяють визначити частку браку P_ω в партіях, при якій вони будуть прийматися з заданою імовірністю ω . Значення P_ω позначають як квантиль оперативної характеристики порядку ω . Відповідно до наказу №147, прийняття долі браку, тобто того, що мережа буде не доступна, має проходити з $\omega = 20\%$. Звідси, $P_\omega = 0,05_{20\%}$

Квантиль оперативної характеристики P_ω з малим значення ω (часто $\omega=0,1$), про який існує домовленість між користувачем і постачальником, називається **браковочним** або **гранично допустимим рівнем** дефектності RQL. Оскільки оперативна характеристика $y = L(P)$ спадає строго монотонно, то імовірність того, що користувач прийме партію з часткою браку $P(P \geq RQL)$, не перевищує ω . Домовленість про значення RQL має на меті захист інтересів користувачів. Партії з часткою браку $P \geq RQL$ повинні, як правило, бракуватися. Тому, план контролю буде тим вигідніший для користувача, чим менше значення RQL. Імовірність ω прийому «поганої» партії, тобто партії з $P \geq P_\omega = RQL$ є **ризиком користувача**.

Квантиль оперативної характеристики P_ω з великим значенням ω (часто 0,95), домовленість про який існує між постачальником і користувачем, називається **прийнятним рівнем дефектності AQL**. Імовірність приймання партії з $P \leq AQL$ в силу строго монотонного спадання функції $L(P)$ дорівнює ω , тобто імовірність браковки партії $G(P) = 1 - L(P)$ максимально дорівнює $1 - \omega$.

Задання прийнятного рівня дефектності гарантує, що партії з несуттєвою часткою браку будуть прийняті. Чим вищий прийнятний рівень, тим більше цей план відповідає інтересам постачальника.

Прийнято, що $RQL=0,2$ – тобто користувач з імовірністю в 20% може прийняти послугу, з недопустимим рівнем, за таку, яка відповідає нормам. І $AQL=0,05$, тобто ризик для оператора, що його «хорошу» послугу приймуть як «погану» становить 5%.

4.2.3 Побудова простого плану контролю з заданими властивостями

Найбільш поширений метод побудови однократних планів контролю пов'язаний з заданням рівнів дефектності AQL і RQL і відповідних ризиків постачальника α і користувача β .

Методика заключається в тому, що оперативна характеристика шуканого плану повинна проходити через дві точки $(AQL; 1 - \alpha)$ та $(RQL; \beta)$, тобто має виконуватися $L(AQL) = 1 - \alpha$ та $L(RQL) = \beta$. Через цілочисельність обох параметрів n і c ці вимоги, як правило, виконуються лише наближено

$$L(AQL) = 1 - \alpha^* \quad (4.5a)$$

$$L(RQL) = \beta^* \quad (4.5b)$$

де $\alpha^* \approx \alpha$ та $\beta^* \approx \beta$. Для того, щоб задані ризики α і β не були перевищені, потрібне виконання умови $\alpha^* \leq \alpha$ і $\beta^* \leq \beta$, тобто

$$L(AQL) \geq 1 - \alpha \quad (4.6a)$$

$$L(RQL) \leq \beta \quad (4.6b)$$

Виконання (4.6) означає, що параметри плану контролю n і c визначені так, що значення ризиків, тобто дійсного ризику постачальника (оператора) α^*

і дійсного ризику користувача (абонента) β^* , в крайньому випадку не перевищують приписаного ризику оператора α та приписаного ризику абонента β .

Для проведення оцінки даного параметра у мобільного оператора визначимо загальну максимальну кількість реєстрацій в мережі оператора за день. Дану інформацію отримуємо з аналізу статистики оператора. Позначимо це параметром N . Кількість реєстрацій будемо враховувати на мережі в цілому, незалежно від району.

Побудуємо оперативну характеристику для наступних параметрів (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для побудови оперативної характеристики.

Параметри	Оперативна характеристика		
	y_1	y_2	y_3
AQL	0,01	0,02	0,01
RQL	0,05	0,05	0,05
A	0,05	0,05	0,1
B	0,03	0,03	0,03
N	10 000	10 000	10 000

Використовуючи методику наведену вище отримуємо наступні оперативні характеристики, що приведені на рисунку 4.2.

Як видно з характеристик найбільшу крутизну має графік зеленого кольору, відповідно даний план контролю буде найбільш зразковим.

Дані оперативні характеристики є оптимальними, в якості критерію оптимальності береться мінімальна кількість проведення випробувань, для забезпечення необхідної точності оцінки. За таким критерієм вартість оцінки якості функціонування мережі буде мінімальною.

Отримані значення n і c представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Параметри n і c , синтезованих планів контролю

Оперативна характеристика	Параметри	
	n	c
y_1	236	5
y_2	429	13
y_3	167	3

де n – кількість елементів у вибірці (кількість випробувань),

c – приймальне число (максимальна кількість дефектів, при якій можливо прийняти партію).

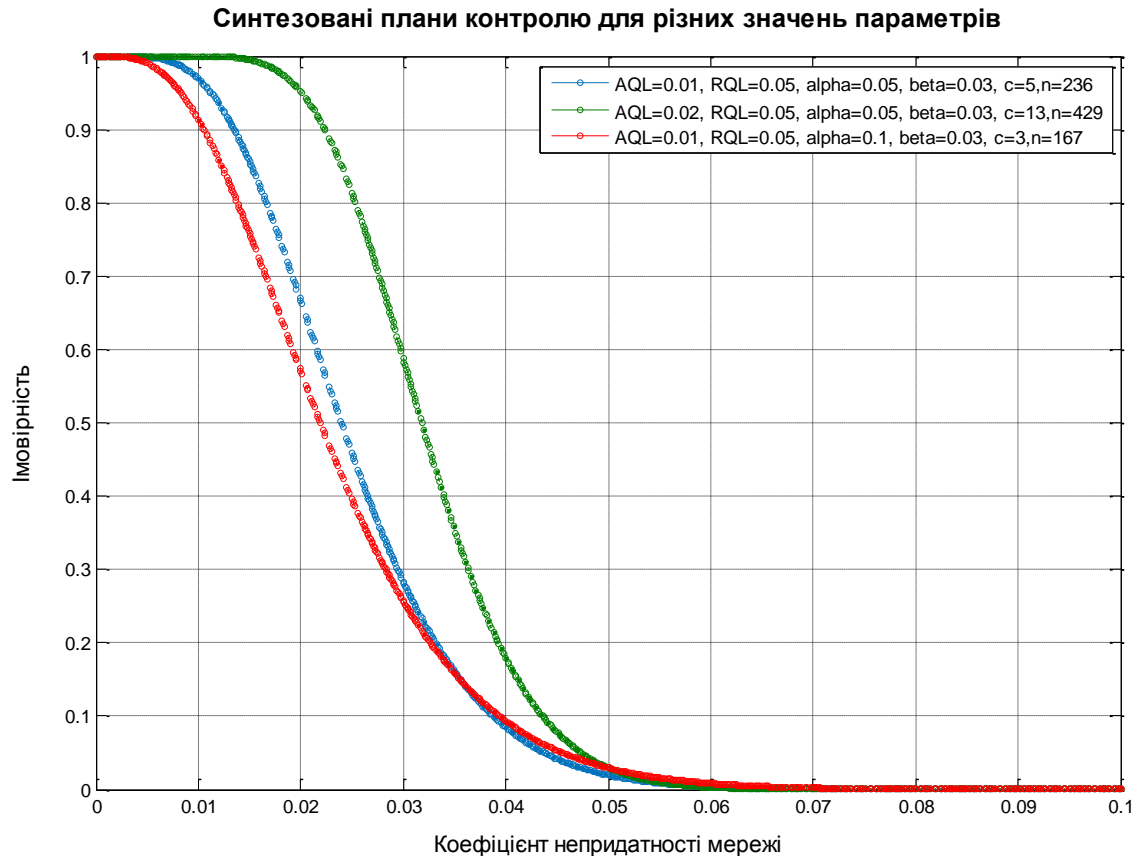


Рисунок 4.2 – Синтезовані плани контролю для різних значень параметрів оперативних характеристик

Отримуючи значення кількості випробувань, визначаємо загальний час необхідний для проведення отриманої кількості випробувань.

Нехай час необхідний для одного випробування складає 3 хвилини. Тоді загальний час випробувань складає $T_v = n \cdot 3$.

Так як в якості параметра бралась максимальна кількість з'єднань (N) за 1 день, то перевіряємо, чи вкладається загальний час випробувань в той інтервал, за який ми отримуємо кількість з'єднань (24 години).

Для того, щоб покрити всю територію України, поділимо дану кількість випробувань на кількість контрольних бригад, розташованих в областях України (24 області). Отримаємо кількість випробувань, яку має провести одна виїзна бригада. Вибір району виїзду проводиться випадковим чином, при використанні рівномірного розподілення. Вибір БС, на якій відбувається дане дослідження виконується випадковим чином з рівномірним законом розподілу. До початку проведення випробувань необхідно визначити потужність сигналу БС в точці проведення випробувань. Значення потужності

сигналу повинно відповідати нормальному режиму роботи приймача мобільного телефону.

4.2.4 Обробка результатів випробувань та висновки

Кожна виїзна група заповнює таблицю, в якій зазначає кількість проведених випробувань в 1 стовпчику, в іншому – кількість неуспішних спроб реєстрації в мережі. Після чого всі результати від мобільних груп передаються в єдиний дослідний центр для визначення результатів випробувань. Мережа вважається працездатною, якщо сумарна кількість дефектів, отримана від виїзних груп, не перевищує числа c .

Використання двократних планів вибіркового контролю в даному випадку не доцільно, оскільки неможливо розподілити між мобільними групами кількість бракованих результатів, а в випадку, коли ці дані відсутні у груп, їм необхідно передавати інформацію в центральний офіс, в якому відбувається обробка. Таким чином, щоб реалізувати двократний план необхідно мати он-лайн доступ для передачі даних, що не завжди можливо при проведенні вимірювань.

Аналогічно розраховується і коефіцієнт недоступності мережі $K_{\text{ндрм}}$, що має ідентичні нормовані показники.

Методики для оцінки нормованого часу підключення та реєстрації у мережі

4.3.1 Визначення нормованого часу підключення та реєстрації у мережі PLMN (*Public land mobil enetwork*).

Даний коефіцієнт визначає час, необхідний на підключення та реєстрацію в мережі. Це означає, що телефон до проведення експерименту виключений (відсутній в HLR), а при його включенні має відбутися підключення до мережі і реєстрація в HLR. Згідно з наказом №147 $T_{\text{ндрм}}$ має бути не більше 30 с. Кількість спроб підключення і реєстрації в мережі, яка відповідає даним нормам, має бути не менше 90%, тобто рівень дефектності (відсоток неуспішних спроб) не повинен перевищувати 0,1.

Постановка задачі:

Визначити приймальний коефіцієнт і об'єм вибірки для частки браку 0,1, якщо вважається, що час підключення і реєстрації має нормальний закон розподілу, а також дисперсія даного розподілення – невідома величина.

Для такого закону розподілення використовується план контролю за кількісною ознакою.

Нехай ознака якості X – час, вага, довжина – має точне або майже нормальне розподілення. Виріб буде тоді **дефектним**, коли виміряне значення x випадкової величини X менше **нижнього граничного значення** G_u (найменше значення), більше **верхнього граничного значення** G_0 (найбільше значення) або лежить поза межами закритого інтервалу $[G_u; G_0]$ (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Придані або дефектні вироби при контролі за кількісною ознакою.

Випадок	Граничні значення	Виріб	
		Придатний, якщо	Дефектний, якщо
1	Нижнє граничне значення G_u	$x \geq G_u$	$x < G_u$
2	Верхнє граничне значення G_0	$x \leq G_0$	$x > G_0$
3	Нижнє граничне значення G_u й верхнє граничне значення G_0 , до того ж $G_u < G_0$	$x \in [G_u; G_0]$	$x \notin [G_u; G_0]$

Якщо ознака якості X має розподілення $no(\mu; \sigma^2)$, то для кожного з трьох випадків можна легко вирахувати імовірність P того, що навмання взятий з партії виріб буде дефектним. Для цих трьох випадків знаходять P :

$$P = W(X < G_u | \mu; \sigma) = \Phi\left(\frac{G_u - \mu}{\sigma}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\mu - G_u}{\sigma}\right) \quad (4.7a)$$

$$P = W(X > G_0 | \mu; \sigma) = 1 - \Phi\left(\frac{G_0 - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\mu - G_0}{\sigma}\right) \quad (4.7б)$$

$$P = W(X \notin [G_u; G_0] | \mu; \sigma) = 1 - \Phi\left(\frac{G_0 - \mu}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{G_u - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\mu - G_0}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{G_u - \mu}{\sigma}\right) \quad (4.7в)$$

Рівняння (4.7) дозволяють вирахувати імовірність появи браку окремого виробу.

4.3.2 Плани вибіркового контролю при односторонньому обмеженні й невідомій дисперсії

Якщо стандартне відхилення σ невідоме, то по даним вибірки необхідно вирахувати не тільки вибіркоче середнє \bar{X}_n , яке дає незміщену оцінку не тільки рівня настройки μ , а й оцінку стандартного відхилення σ .

$$\hat{\sigma} := S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2} \quad (4.8)$$

Умова прийомки партії при заданому G_0

$$\bar{X}_n \leq G_0 - k \cdot S_n \quad (4.9)$$

де $k > 0$. Приймальний коефіцієнт k і об'єм вибірки n є параметрами плану контролю.

4.3.3 Синтез оперативної характеристики для визначення нормованого часу підключення та реєстрації в мережі

Задамося значенням контрольної величини:

Під контрольною величиною будемо розуміти **контрольну величину форми**

$$Z_n^* := \bar{X}_n + k \cdot S_n \quad (4.10)$$

де \bar{X}_n – це вибіркове середнє значення, яке визначається як математичне очікування вимірних величин

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.11)$$

де k – приймальний коефіцієнт, n – об'єм вибірки

Партія приймається, коли $Z_n^* \leq G_0$, де $G_0 = 30$ с.

Визначимо параметри n і k шуканого плану, якщо у нас відомо AQL, RQL, α і β .

$$k = \frac{z_{1-\beta} z_{1-AQL} + z_{1-\alpha} z_{1-RQL}}{z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}} \quad (4.12)$$

$$n = \left(1 + \frac{k^2}{2}\right) \left(\frac{z_{1-\beta} + z_{1-\alpha}}{z_{1-AQL} - z_{1-RQL}}\right)^2 \quad (4.13)$$

Якщо підставити отримані значення в формулу (4.7в), то визначимо оперативну характеристику з аргументом P , де P – частка браку.

$$L_2(P) \approx \Phi \left[(z_{1-P} - k) \sqrt{\frac{n}{1 + 0,5k^2n/(n-1)}} \right] \quad (4.14)$$

В даному випадку, оперативна характеристика описує імовірність приймання бракованих виробів (того, що мережа нормально працює, в той час, коли відбуваються збої).

Розрахуємо квантилі для заданих параметрів AQL, RQL, α , β

Для опису роботи методики сформуємо випадкове розподілення величини, що визначається, по нормальному закону. Функція щільності розподілення імовірності для такого розподілення представлена на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Щільність розподілення імовірності для випадкового значення часу реєстрації в мережі

Використовуючи генератор випадкових чисел сформуємо послідовність випадкових величин, підпорядкованих даному розподіленню.

На рисунку 4.5 і 4.6 представлені 2 різноманітні реалізації даних випадкових величин.

Після цього, по даній вибірці визначимо вибіркове середнє по формулі (4.11) та вибіркове стандартне відхилення (формула 4.8).

Використовуючи формулу (4.10) знайдемо контрольну величину форми I.

Порівнявши отримане значення з G_0 , приймаємо значення про приймання або бракування партії.

Вихідні дані та результати вимірювань представлені в таблиці 4.4.

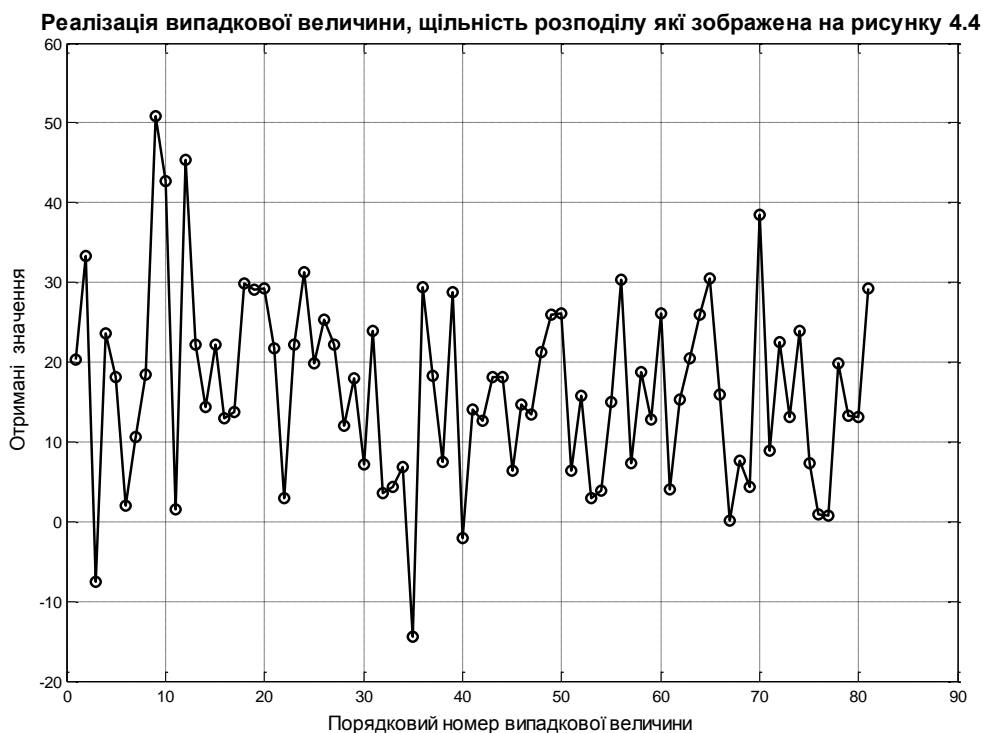


Рисунок 4.5 – Реалізація випадкової величини для щільності розподілення імовірності для випадкового значення часу реєстрації в мережі

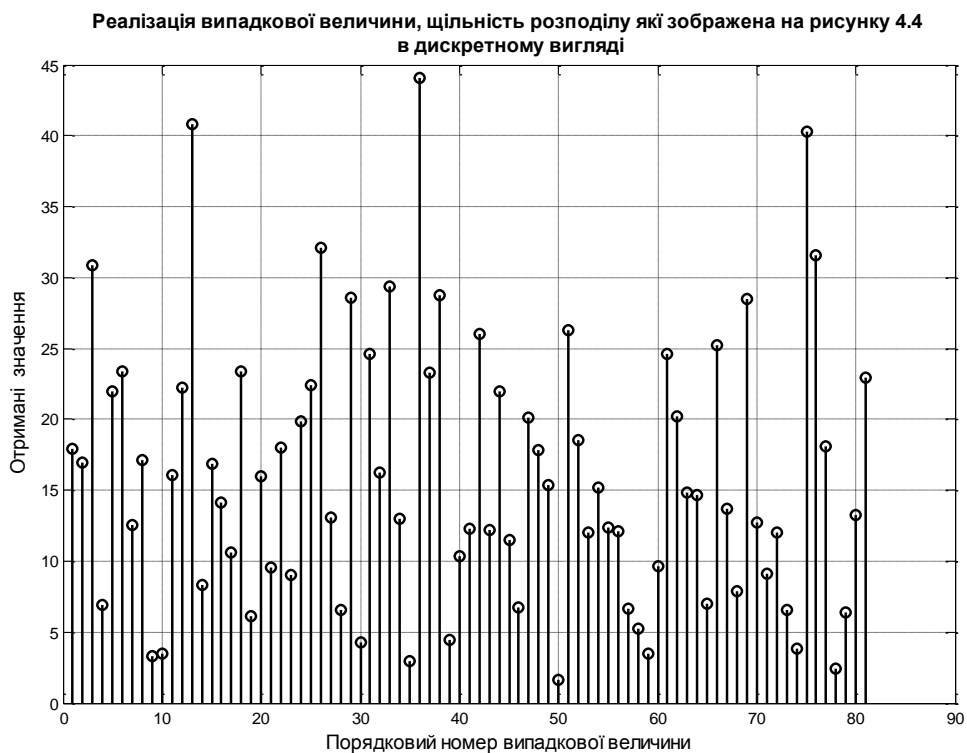


Рисунок 4.6 - Реалізація випадкової величини для щільності розподілення імовірності для випадкового значення часу реєстрації в мережі (дискретний вигляд)

Таблиця 4.4 – Результати реалізації випадкової величини при заданих $M=15$ та $\sigma=10$

Показники	Номер варіанту		
	1	2	3
AQL	0,01	0,02	0,01
RQL	0,05	0,05	0,05
A	0,05	0,05	0,1
B	0,03	0,03	0,03
P	0,1	0,1	0,1
N	81	204	67
K	2	1,86	2,05
L(P)	$8,48 \cdot 10^{-5}$	$2,675 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
\bar{X}_n	16,62	14,45	13,43
S_n	11,78	9,88	10,37
Z_n	40,28	32,86	34,69
Результат приймання партії при $G_0 = 30$	бракується	Бракується	Бракується

З таблиці видно, що при заданих значеннях математичного очікування та середньо-квадратичного відхилення, ні одна з партій не задовольняє заданим вимогам.

Сформуємо таку вибірку, яка б відповідала умові приймання партії $Z_n^* \leq G_0$.

Задамося такими вихідними даними:

- випадкове розподілення величини підпорядковане нормальному закону розподілення;
- математичне очікування $M=15$;
- середньоквадратичне відхилення $\sigma=6$.

Дане розподілення представлено на рисунку 4.7.

Реалізація випадкової величини, щільність якої представлена на рисунку 4.7 зображена на рисунку 4.8.

Використовуючи дану вибірку, визначимо вибіркоче середнє значення та вибіркоче статистичне відхилення, та повторимо процедуру для визначення параметрів плану перевірки. Результати приведені в таблиці 4.5.

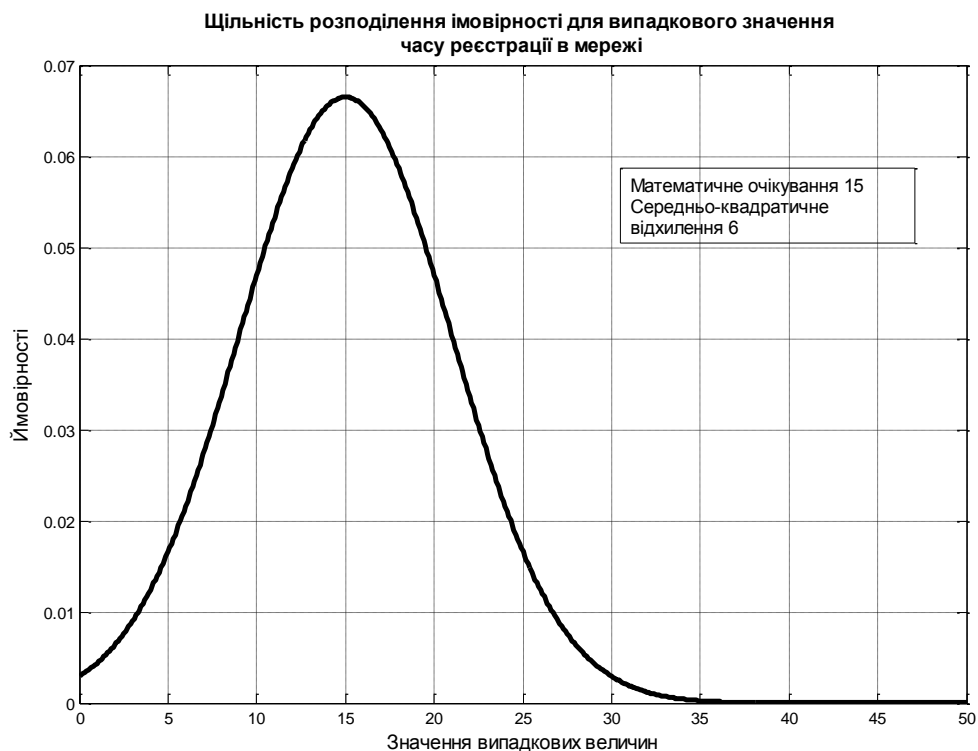


Рисунок 4.7 – Щільність розподілення імовірності для випадкового значення часу реєстрації в мережі

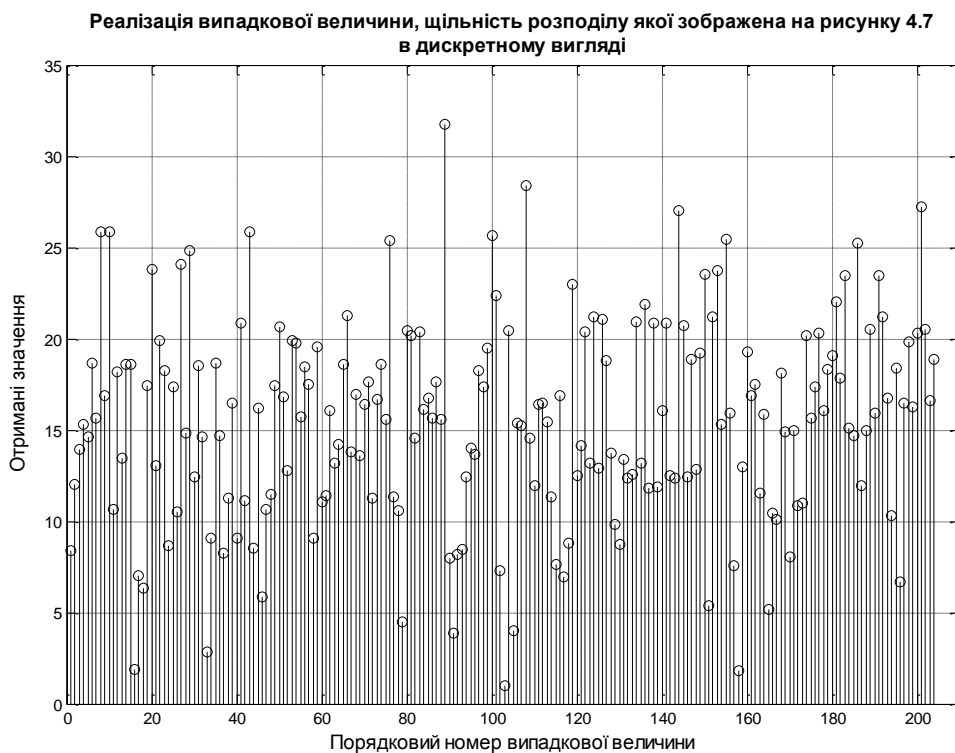


Рисунок 4.8 – Реалізація випадкової величини в дискретному вигляді

Таблиця 4.5 – Результати реалізації випадкової величини при заданих $M=15$ та $\sigma=6$

Показники	Номер варіанту		
	1	2	3
AQL	0,01	0,02	0,01
RQL	0,05	0,05	0,05
A	0,05	0,05	0,1
B	0,03	0,03	0,03
P	0,1	0,1	0,1
N	81	204	67
K	2	1,86	2,05
L(P)	$8,48 \cdot 10^{-5}$	$2,675 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
\bar{X}_n	14,09	13,86	15,64
S_n	5,8612	5,9296	5,6258
Z_n	25,8217	24,8946	27,1762
Результат приймання партії при $G_0 = 30$	приймається	приймається	приймається

Таким чином, змінивши значення середньоквадратичного відхилення отримали такі вибірки, що задовольняють вимогам приймання партії.

Висновки до розділу 4

В розділі показано, що кожна виїзна група заповнює таблицю, в якій зазначає кількість проведених випробувань, а також кількість неуспішних спроб реєстрації в мережі. Після чого всі результати від мобільних груп передаються в єдиний дослідний центр для визначення результатів випробувань. Мережа вважається працездатною, якщо сумарна кількість дефектів, отримана від виїзних груп, не перевищує числа s .

Використання двократних планів вибіркового контролю в даному випадку не доцільно, оскільки неможливо розподілити між мобільними групами кількість бракованих результатів, а в випадку, коли ці дані відсутні у груп, їм необхідно передавати інформацію в центральний офіс, в якому відбувається обробка.

В другій частині розділу показано, що параметри випадкового процесу, що характеризує нормований час підключення до мережі впливають на рішення щодо прийняття гіпотези про якісну роботу мережі оператора за параметром нормованого часу підключення та реєстрації в мережі.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було отримано такі висновки:

1. В результаті проведених досліджень було встановлено, що для оцінки надання послуги готовності можливо використовувати гіпергеометричний розподіл величини параметра, що розглядається, а також однократний план контролю, який дозволяє з заданою точністю і вірогідністю (згідно з наказом №147) отримати оцінку даних двох параметрів.

Потрібно зазначити, що методика визначення оперативної характеристики по двом точкам дозволяє синтезувати дану характеристику за критерієм мінімальної кількості елементів вибірки, що дає змогу отримати економічно вигідний план проведення контролю.

2. У випадку, коли час реєстрації в мережі є параметром, що досліджується, необхідно використовувати однократний план контролю зі знаходженням кількості елементів вибірки n і приймального коефіцієнта k , якщо задані характеристики AQL і RQL. Це дозволяє повністю отримати інформацію про об'єм вибірки необхідних досліджень. Точність при цьому лежить в інтервалі від 10^{-4} до 10^{-7} , що дозволяє з високою часткою імовірності приймати рішення про якість послуги, що надається.

3. Після аналізу існуючого законодавства можна зробити висновок, що в Україні існує відповідна нормативно-правова база в сфері телекомунікацій, яка дає змогу проводити державну політику і здійснювати державне управління в сфері телекомунікацій. Доцільним було б створення незалежного регулюючого й контролюючого органу, який би проводив незалежне оцінювання якості надання послуг операторами телекомунікацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ISO 8402-94 Управління якістю та забезпечення якості- Словник.
2. ISO 9000-2000 Системи менеджменту якістю. Основні положення та словник.
3. Рекомендація МСЕ-Т E.802 (02/2007) Принципи і методики визначення та застосування параметрів QoS
4. Рекомендація МСЕ-Р M.1079-2(1994-2000-2003) Продуктивність і вимоги до якості послуг для мереж доступу Міжнародної системи мобільного електрозв'язку – 2000(IMT-2000)
5. СОУ 64.2 – 00017584 – 005:2009 "Телекомунікаційні мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування. Система показників якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку. Загальні положення"
6. СОУ 64.2 – 00017584 – 006:2009 "Телекомунікаційні мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ПОСЛУГИ. Показники якості. Методи випробування".
7. Миттаг Х.-Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества. – М.: Машиностроение, 1995. –39-44 с.,76-83 с., 92 с.,143-170 с., 206- 215 с.,272-294 с.,307-327 с., 334-466 с..
8. Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование. М.: Сов.радио, 1980.
9. Яшин А.М. Разработка экспертных систем. Д.: ЛПИ, 1990.
10. Boehm V. Seven Basic Principles of Software Engineering. Infotech State of the Art Report on Software Engineering, 1977.
11. Лысаковский В.А., Журавлева Э.М., Амарян М.Р. Критерии оценки эффекта от автоматизации управления
12. Закон України про телекомунікації
13. Rec.ITU-T T-REC P.800.1 Mean Opinion Score (MOS) Terminology
14. Rec.ITU-T T-REC P.800.2 Mean opinion score interpretation and reporting
15. Rec.ITU-T T-REC P.833 Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests
16. Rec.ITU-T T-REC P.862 Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO
17. Rec.ITU-R BS.1534-1 Method for the subjective assessment of intermediate quality level of coding systems
18. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством Ульяновск: УлГТУ, 2003
19. Ishikawa K. Sampling in Industries. Tokyo: Maruzen, 1952. 212

20. Богатырев А.А., Филиппов Ю.Д. Стандартизация статистических методов управления качеством. М., Изд-во "Стандартов", 1989 г.
21. Бендерский А.М., Богатырев А.А., Баумгартен А.В. Стандартизация статистических методов управления качеством. М., Изд-во "Стандартов", 1983 г.
22. Богатырев А.А. /статья в сборнике/. Построение и функционирование систем управления качеством продукции, стр.140-154 "Организация внедрения статистических методов контроля качества продукции на предприятиях". М., Изд-во "Стандартов", 1978 г.
23. Боровков А.А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез. М., Изд-во Наука, 1984 г.
24. Хэнсен Б. Контроль качества. М., Прогресс, 1968 г.
25. Адлер Ю.П., Розовский Б.Л. Оперативное статистическое управление качеством. М., Знание, 1984 г.
26. Хаммельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М., Мир, 1973 г.
27. <https://core.ac.uk/download/pdf/42974497.pdf>
28. <http://eprints.zu.edu.ua/17702/1/53.pdf>
29. <http://ekon.in.ua/zastosuvannya-kontrolnih-kart.html>
30. <http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/doccatalog/document?id=126828>
31. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Cong-nghe-thong-tin/Thong-tu-07-2014-TT-BTTTT-Quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-chat-luong-dich-vu-mang-vien-thong-di-dong-mat-dat-241141.aspx>
32. <http://qostic.org/Qostic/liste-des-principales-normes-etsi-relatives-a-la-qos-du-point-de-vue-de-lutilisateur-avril-2013/>
33. https://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_a5_out.aspx?isn=6051

Додаток А

Т

Країна	Моніторинг якості послуг	Оператори зв'язку / постачальники послуг, на яких накладаються вимоги щодо забезпечення моніторингу якості послуг	Типи послуг, на які поширюються вимоги щодо забезпечення якості послуг
Європа			
Австрія Країни, що здійснюють моніторинг якості послуг	Так	Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку / оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги ШСД; Універсальні послуги зв'язку
Бельгія	Так	Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку / оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку; Послуги ШСД; Універсальні послуги зв'язку Інші: dégroupage et
Фінляндія	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку; Послуги доступу в Інтернет

Франція	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку; Послуги доступу в Інтернет Універсальні послуги зв'язку; Інші: service hautdébit
Угорщина	Так	Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги широкосмугового доступу в Інтернет
Італія	Так	Оператори мереж фіксованого зв'язку; Оператори мереж рухомого зв'язку; Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу; Поставники послуг: Оператори платного телебачення	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку; Послуги доступу в Інтернет Універсальні послуги зв'язку; Інші
Норвегія	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет Універсальні послуги зв'язку

Польща	Так	Оператори фіксованого зв'язку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет Універсальні послуги зв'язку
Словенія	Так	Оператори фіксованого зв'язку; Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Універсальні послуги зв'язку
Великобританія	Так	Оператори фіксованого зв'язку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу	Послуги фіксованого зв'язку
Північна та Південна Америки			
Аргентина	Так	Інші: Servicio Básico	Послуги фіксованого зв'язку;
Бразилія	Так	Інші: оператори мереж рухомого й фіксованого зв'язку (для місцевих, національних й міжнародних викликів), поставники послуг платного телебачення	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Універсальні послуги зв'язку

Канада	Так	Оператори мереж фіксованого зв'язку	Послуги фіксованого зв'язку; Універсальні послуги зв'язку
США	Так	Інші: Регулюючий орган штату може потребувати здійснювати моніторинг компанією, яка йому підкорюється	Інші: Регулюючий орган штату може вимагати здійснювати моніторинг тих послуг зв'язку, для яких прийняті стандарти по відношенню забезпечення якості послуг
Азіатсько-тихоокеанський регіон			
Австралія	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку Послуги рухомого зв'язку Універсальні послуги зв'язку
Китай	Так	Поставники услуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку

Індія	Так	Оператори мереж фіксованого зв'язку; Оператори мереж рухомого зв'язку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу; Поставники послуг Інтернету (поставники послуг ШСД)	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Інші: Послуги кабельного телебачення з системою умовного доступу послуги безпосереднього супутникового мовлення (Direct to
Японія	Так	Оператори зв'язку,що займають суттєве положення на ринку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу;	Послуги фіксованого зв'язку Універсальні послуги зв'язку
Корея	Так	Оператори мереж рухомого зв'язку; Поставники послуг; Оператори віртуальних мереж зв'язку, включаючи	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет
СНД			
Азербайджан	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку Послуги рухомого зв'язку; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку

Молдова	Так	Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет
Білорусь	Так	Оператори мереж фіксованого зв'язку; Оператори мереж рухомого зв'язку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу; Оператори віртуальних мереж зв'язку, включаючи Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку
Грузія	Так	Оператори мереж фіксованого зв'язку; Оператори мереж рухомого зв'язку; Оператори універсальних послуг зв'язку /оператори доступу; Оператори зв'язку, що займають суттєве положення на ринку; Оператори віртуальних мереж зв'язку, включаючи Поставники послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку
Україна	Так	Оператори віртуальних мереж зв'язку, включаючи	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Універсальні послуги зв'язку
Африка			

Камерун	Так	Оператор мережі фіксованого зв'язку; Оператор мережі рухомого зв'язку; Поставник послуг	Послуги фіксованого зв'язку Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку
Кенія	Так	Оператор мережі фіксованого зв'язку; Оператор мережі рухомого зв'язку; Поставник послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку
Намібія	Так	Оператор мережі рухомого зв'язку	Послуги рухомого зв'язку ;
Нігерія	Так	Оператор мережі фіксованого зв'язку; Оператор мережі рухомого зв'язку; Поставник послуг; Інші: всі оператори	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет
Арабські країни			
Єгипет	Так	Будь-який оператор зв'язку або поставник послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку

Катар	Так	Оператор мережі фіксованого зв'язку; Оператор мережі рухомого зв'язку; Оператор зв'язку, що займає суттєве положення на ринку; Будь-який оператор зв'язку або поставник послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет
Саудівська Аравія	Так	Оператори мереж рухомого зв'язку; Оператор зв'язку, що займає суттєве положення на ринку; Оператор доступу	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет
ОАЕ	Так	Будь-який оператор зв'язку або поставник послуг	Послуги фіксованого зв'язку; Послуги рухомого зв'язку ; Послуги доступу в Інтернет; Універсальні послуги зв'язку Інші: Call-центр

ДодатокБ**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ****Н А К А З**

19.03.2010 N 147

Зареєстровано в Міністерстві
юстиції України
6 квітня 2010 р.
за N 277/17572

**Про встановлення рівнів якості послуг
рухомого (мобільного) зв'язку**

Відповідно до Законів України "Про телекомунікації" ([1280-15](#)), "Про захист прав споживачів" ([1023-12](#)), з метою забезпечення споживачів послугами рухомого (мобільного) зв'язку гарантованої якості **Н А К А З У Ю:**

1. Затвердити Показники якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку та їх граничні нормовані рівні, що додаються.

2. Державній адміністрації зв'язку в установленому порядку забезпечити подання цього наказу на державну реєстрацію до Міністерства юстиції України.

3. Цей наказ набирає чинності з дня його офіційного опублікування.

4. Контроль за виконанням цього наказу покласти на заступника Міністра - голову Державної авіаційної адміністрації Давидова О.М.

Міністр

К.Єфименко

ПОГОДЖЕНО:

Голова Державного комітету
України з питань технічного
регулювання та споживчої політики

Л.В.Лосюк

Голова Національної комісії
з питань регулювання зв'язку

України

С. Колобов

Голова Державного комітету
України з питань регуляторної
політики та підприємництва

О. Кужель

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства
транспорту та зв'язку
України
19.03.2010 N 147

Зареєстровано в Міністерстві
юстиції України
6 квітня 2010 р.
за N 277/17572

**ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ
послуг рухомого (мобільного) зв'язку
та їх граничні нормовані рівні**

Таблиця 1. Показники та параметри якості основних послуг

Вид показників	Показники (параметри) та їх позначення	Граничні нормовані рівні показників (параметрів) (1)
1	2	3
ППЯ з надання доступу до мережі рухомого (мобільного) зв'язку		
1.1. Показники, які характеризують придатність радіомережі (Network Availability, NAV)	1.1.1. Коефіцієнт непридатності радіомережі (К нпрм)	не більше 0,05
1.2. Показники, які характеризують доступність мережі рухомого (мобільного) зв'язку (MPЗ) (Network Accessibility, NAc)	1.2.1. Коефіцієнт недоступності мережі (К ндм)	не більше 0,05
	1.2.2. Нормований час підключення та реєстрації у мережі	не більше 30 с

	PLMN (T)	
	нпрм	
	-----+-----	
	1.2.3. Відсоток спроб підключення та реєстрації у мережі PLMN, які відповідають нормам за часом підключення та реєстрації у мережі PLMN (Q)	не менше 90%
	прм	
	-----+-----	
	1.2.4. Відсоток неуспішних спроб приєднання до мережі з комутацією пакетів (Q)	не більше 10%
	нсп	
	-----+-----	
	1.2.5. Нормований час приєднання до мережі з комутацією пакетів (T)	не більше 30 с
	нпр	
	-----+-----	
	1.2.6. Відсоток спроб приєднання до мережі з комутацією пакетів, які відповідають нормам за часом приєднання до мережі з комутацією пакетів (Q)	не менше 90%
	пкп	
	-----+-----	
	ПНЯ послуг голосової телефонії (Services of Voice Telephony, SVT)	
	-----+-----	
1.3. Показники, які характеризують доступність послуг (Service Accessibility, SAc)	1.3.1. Відсоток неуспішних викликів (2) (Q) для:	
	нуб	
	-----+-----	
	а) міжнародних викликів	не встановлюється
	-----+-----	
	б) національних викликів	не більше 10%
	-----+-----	
	1.3.2. Нормований час завершення викликів (T) для:	

	чзвн	
	а) міжнародних викликів	не встановлюється
	б) національних викликів	не більше 10 с
	1.3.3. Відсоток викликів, які відповідають нормам за часом завершення викликів (2) (Q) для:	
	ввчз	
	а) міжнародних викликів	не встановлюється
	б) національних викликів	не менше 90%
1.4. Показники, які характеризують повноцінність послуги (Service Integrity, SIn)	1.4.1. Нормований рівень якості передачі мовної інформації (Q) для методів	
	нрям оцінки:	
	за автоматичним методом вимірювання якості передачі мови (PESQ)	не менше 3,0 (3)
	з використанням одиниць рейтингу R (Quality Rating)	не менше 70,0
	за середньою експертною оцінкою (MOS)	не менше 3,5
	1.4.2. Відсоток з'єднань, що відповідають нормам за якістю передачі мовної інформації (Q),	
	звям для методів оцінки:	
	за автоматичним методом вимірювання	не менше 70%

	якості передачі мови (PESQ)	
	з використанням одиниць рейтингу R (Quality Rating)	не менше 80%
	за середньою експертною оцінкою (MOS)	не менше 80%
1.5. Показники, які характеризують безперервність послуги (Service Retainability, SRe)	1.5.1. Відсоток встановлених з'єднань, які закінчилися передчасним роз'єднанням не за ініціативою абонента (Q _{rwz}), для: рвз	
	а) міжнародних з'єднань	не встановлюється
	б) національних з'єднань	не більше 5%
<p>(1) Граничні нормовані рівні показників якості повинні виконуватися в нормальних умовах роботи телекомунікаційної мережі оператора, а також незалежно від технологій, які застосовуються у мережі. Результати випробування параметрів якості послуг у надзвичайних умовах виключаються.</p> <p>(2) У разі автоматизованої перевірки повинна бути забезпечена відносна точність не менше 10%. У разі неавтоматизованої перевірки повинна бути забезпечена відносна точність не менше 20%. Якщо результати спостережень під час неавтоматизованої перевірки не укладаються у встановлені норми, то необхідно провести додаткові спостереження для забезпечення відносної точності 10%. Результати спостережень повинні забезпечувати рівень довіри не менше 95%. Під час здійснення контролю показників якості з кінцевого обладнання споживачів телекомунікаційних послуг або з точки підключення кінцевого обладнання споживачів до телекомунікаційної мережі результати спостережень повинні забезпечувати відносну точність не менше 60% з рівнем довіри не менше 80%.</p> <p>(3) Результати спостережень повинні забезпечувати відносну точність не менше 20% з рівнем довіри не менше 80%.</p> <p>Під час здійснення контролю показників якості з кінцевого обладнання споживачів телекомунікаційних послуг або з точки підключення кінцевого обладнання споживачів до телекомунікаційної мережі результати спостережень повинні забезпечувати відносну точність не менше 60% з рівнем довіри не менше 80%.</p>		