**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА**

М. В. Захарченко, В. А. Кліменко, Г. Г. Філатов, В. М. Кривіленко

# СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

**Навчальний посібник**
**з дисципліни**
**"Системи документального електрозв'язку"**
для спеціальностей: 6.092400; 7.090703; 7.092401; 7.092402

ЗАТВЕРДЖЕНО
методичною радою
академії
Протокол № 3
від 09.03.2004 р.

**ОДЕСА 2005**

УДК 515.2
681.3.06(075)

**Захарченко М. В., Кліменко В. А., Філатов Г. Г., Кривіленко В. М.**

Системи експлуатації обладнання передавання даних: Навч. посібник. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2003. – 65 стор.

Розглянуто основні методи та правила керування технічною й загальною експлуатацією систем передавання даних; питання їхнього технічного обслуговування й керування електронними системами зв'язку; правила поточного обслуговування та ремонту обладнання систем; принципи побудови та використання експертних систем телекомунікаційних мереж та систем передавання даних, які є програмними засобами, котрі використовують експертні знання для забезпечення високоефективного розв'язання неформалізованих завдань у вузькій предметній області. У нашому разі такими предметними областями є сучасні телекомунікаційні мережі й системи зв'язку. Згадані комп'ютерні програми працюють в такий спосіб, що імітують дії людини-експерта чи інженера, котрий обслуговує систему зв'язку.

Посібник призначено для студентів четвертого курсу спеціальностей: *6.092400 – поштовий зв'язок, 7.090703 – апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення, 7.092401 – телекомунікаційні системи та мережі,* 7.092402 – *інформаційні мережі зв'язку.*

УХВАЛЕНО
на засіданні кафедри
документального електрозв'язку
і рекомендовано до друку
Протокол № 6
від 07.04. 2004 р.

# ВСТУП

Стрімке оновлення техніки та технологій в системах передавання інформації потребує від технічної експлуатації відповідних змін чи, принаймні, не надто значного відставання від цих процесів

Організація технічної експлуатації систем електрозв'язку базується переважно на традиційних методах та засобах забезпечення дієздатності обладнання. Але оскільки відбувається інтенсивний процес замінювання техніки та технологій систем зв'язку, то це потребує й змінювання підходів до організації технічної експлуатації. Процес модернізування та заміни обладнання на нове здійснюється поступово, чимало є випадків, коли старе й нове обладнання співіснують водночас на підприємстві електрозв'язку.

Згадані обставини й були головними при формуванні посібника, який побудовано виходячи з принципу "поєднання старого й нового". Окрім опису традиційних методів вимірювань, пошуку несправностей та їхнього усунення, значну увагу приділено сучасним автоматизованим системам виявлення несправностей та відмов обладнання, тобто експертним системам, які дозволяють за рахунок автоматизування процесів технічного обслуговування забезпечити скорочення часу та витрат на пошук несправностей у пристроях та їхнє відновлення, а також значно зменшити участь технічного персоналу в проведенні технічного обслуговування та ремонту обладнання.

В посібнику наведено загальні положення з теорії експлуатації, поняття системи експлуатації; основні засоби використовувані при експлуатації обладнання, й висвітлено питання кадрового забезпечення, систему вимог до фахівця й умови успішної його роботи на підприємстві зв'язку. Подані особливості підготовки фахівців у вищих навчальних закладах.

Достатньо уваги приділено питанням керування технічною експлуатацією, організації вертикалі керування та системі підпорядкування підприємств.

Наведено перелік характеристик об'єктів технічної експлуатації, сформовано завдання фахівця й загальні правила щодо введення в експлуатацію сучасного обладнання передавання даних, а також вимоги до оформлення технічної документації з урахуванням певних чинників на надійність роботи обладнання. Звернено особливу увагу на технічне обслуговування мікропроцесорних систем та електронних керуючих пристроїв, використовуваних у системах передавання даних. Окрім того, наведено методики діагностування та поточного ремонту обладнання і методи контролю та вимірювання його параметрів.

Значний обсяг в посібнику посідає опис новітніх методів організації технічної експлуатації –експертних систем, котрі фактично взяли на себе роль помічників експлуатаційного персоналу.

Йдеться про програмний засіб, який використовує знання висококваліфікованих експертів для забезпечення високоефективного розв'язання неформалізованих задач у певній предметній області, тобто, в даному разі, в системах зв'язку та телекомунікаційних мережах. Експертна

система за рахунок автоматизації процесів технічного обслуговування забезпечує скорочення витрат часу на пошук несправностей в обладнанні та їхнє відновлення, а також дозволяє значно підвищити кваліфікацію технічного персоналу та зменшити участь його в проведенні технічного обслуговування й ремонту обладнання.

Значну увагу приділено загальним принципам побудови експертних систем з виявлення несправностей в телекомунікаційних мережах.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ З ТЕОРІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

## 1.1 Система експлуатації

Термін експлуатація означає “здобуття користі” (exploitation, франц.) з будь-чого. Під *експлуатацією засобу зв'язку* розуміють стадію його життєвого циклу, на якій зреалізовуються, підтримуються й відновлюються потенційні можливості цього засобу з надання послуг зв'язку заданої якості.

Експлуатація засобу зв'язку передбачає:

- наявність об'єкта експлуатації;
- наявність суб'єкта експлуатації.

*Об'єкт* – це засіб зв'язку, над яким суб'єкт (електромеханік, бакалавр, інженер) має виконувати певні дії для здобуття потрібних результатів – надання послуг зв'язку належної якості та необхідної надійності.

*Системою експлуатації засобів зв'язку* називають необхідну й достатню для надання заданих послуг сукупність:

- засобів зв'язку;
- обслуговуючого персоналу;
- засобів забезпечення експлуатації;
- технічної та виробничої (експлуатаційної) документації.

Систему експлуатації засобів зв'язку, основні взаємозв'язки її складових, а також зовнішнє забезпечення подано на рис. 1.1.

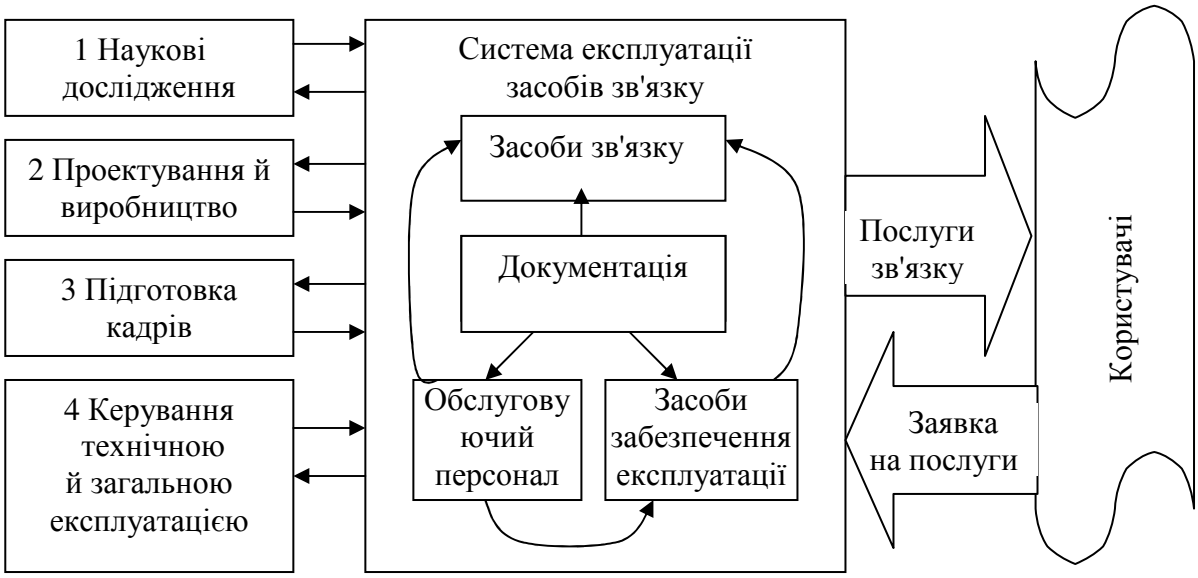



Рисунок 1.1 – Система експлуатації засобів зв'язку

*Засоби зв'язку* як об'єкти експлуатації, являють собою сукупність різноманітних за функціональним призначенням апаратних та програмних засобів, використовуваних для надання послуг зв'язку користувачеві.

*Засоби забезпечення експлуатації* – це сукупність будівель, матеріалів, пристроїв, допоміжного обладнання, запасних частин, видаткових матеріалів,

які забезпечують нормальне функціонування засобів зв'язку, але самі функціонально не є такими. Основне призначення переліченого є створення умов обслуговуючому персоналові щодо реалізації потенціальних можливостей засобів зв'язку з надання послуг.

*Обслуговуючий персонал* також є засобом забезпечення експлуатації систем зв'язку, але через специфіку його функцій виокремлюється у самостійний елемент системи експлуатації.

*Документація* встановлює правила взаємодії поміж елементами системи експлуатації, об'єднуючи їх в єдине ціле. Документація поділяється на два типи:

*експлуатаційна* – правила, положення, інструкції, накази, плани, в тому числі щодо обслуговування обладнання;

*технічна* – опис обладнання та програмного забезпечення, інструкції щодо налагодження обладнання та його ремонту, нормативна документація (стандарти, протоколи, рекомендації ITU).

*Користувач* (споживач) засобів зв'язку вимагає, щоби система експлуатації будь-якого часу була здатна надати йому необхідну номенклатуру послуг високої якості й забезпечувала при цьому доступність та зручність її використання.

Досягнення згаданого рівня обслуговування системи експлуатації мають забезпечувати подані нижче чинники:

1 Наукові дослідження, завданням яких є:

- розробляння засобів зв'язку (нових) з урахуванням сучасних вимог та досягнень;
- урахування особливостей роботи системи "людина – машина";
- розробляння пропозицій щодо підвищення надійності засобів зв'язку;
- створення сучасної елементної бази для систем зв'язку;
- обґрунтування та розробляння оптимальної системи технічного обслуговування та ремонту;
- побудова оптимальної моделі керування підприємствами та галуззю зв'язку в цілому;
- удосконалення теоретичної бази експлуатації засобів зв'язку.

2. Проектування та виробництво засобів зв'язку тобто, організацій, котрі розробляють систему документів, які, своєю чергою, забезпечують:

- підготовку приміщення для розміщення обладнання систем зв'язку й допоміжних служб та систем;
- обґрунтований вибір обладнання та систем програмного забезпечення;
- монтаж та налагодження обладнання;
- технічне обслуговування обладнання.

Розробляння зазначених документів здійснюється на підставі *технічного завдання*, в якому й відбиваються основні питання, які регламентують найбільш загальні кількісні та якісні характеристики засобів зв'язку, їхнє технічне та експлуатаційне застосування та умови експлуатації.

Виробничі підприємства на підставі наукових розробок та проектної документації, виданої конструкторською організацією, виконують роботи з виготовлення засобів зв’язку.

3 Підготовка кадрів, які забезпечуватимуть в подальшому експлуатацію систем зв'язку.

Напрями підготовки технічних фахівців окреслюються такими чинниками головних вимог до спеціаліста, як:

- знання основ техніки та технології систем зв'язку;
- володіння методами аналізу й синтезу інформації щодо засад будови та функціонування обладнання зв'язку;
- прагнення до невпинного удосконалювання власних знань;
- володіння методами пошуку, виявлення та усунення несправностей у обладнанні;
- володіння засобами й методикою контролю та вимірювання обладнання.

Знання складових частин та технологій функціонування систем зв'язку, принципів будови елементів, вузлів, обладнання в цілому та алгоритмів його роботи – це є та база, на якій ґрунтується можливість освоєння молодим фахівцем нових засобів зв’язку та успішного його функціонування в подальшому як кваліфікованого спеціаліста.

Цей базовий матеріал є підґрунтям для систем зв'язку будь-якого часу розроблення й мало змінюється з часом, а змінюється лише його зреалізовування та елементна база.

*Приклад*. Незалежно від способу організації та технічної реалізації, завданням системи синхронізації є узгодження тактових частот генераторів (привода) передавального та приймального пристроїв. До базових понять слід віднести методи забезпечення синхронізації: автономний чи примусовий. Решта – це способи зреалізовування цих засад.

Уміння аналізувати інформацію вкрай необхідно як при освоєнні існуючих техніки та технологій, так й нового обладнання, впроваджуваного підприємством. Цю потребу спричинено тим, що для галузі зв'язку притаманні надто високі темпи змінювання обладнання та технологій. Кожні 5...7 років створюються нові зразки та варіанти обладнання. Є й піки: приміром, з’ява персональних комп’ютерів зумовила інтенсивне впровадження до техніки зв’язку комп’ютерних техніки та технологій, які стали новою елементною базою для систем та пристроїв зв’язку. Володіння методами аналізу дозволяє спеціалістові ототожнювати відомі йому засади, функції, елементи вузлів з аналогічними в новому обладнанні. Володіння процедурою синтезу дозволить йому узагальнити ці елементи знань, здобутих в перебігу аналізу, у спільну систему – обладнання, процес.

Процесові навчання "аналіз – синтез" у вищих навчальних закладах приділяється недостатньо уваги. Тут студентові слід самому виявляти ініціативу. Головний інструмент розвинення здібностей щодо аналізу та синтезу ситуацій, які виникають при експлуатації обладнання, – використання двох запитань: "чому?" й "навіщо?", тобто чому саме в такий

спосіб розв’язане те чи інше питання, для чого використовуються ці процеси, обладнання, процедура, "що ми з цього маємо?". В перебігу ж навчання час та увага переважно приділяються відповіді на запитання: "в який спосіб?" відбувається процес, розв’язано ту чи іншу проблему.

Прагнення до невпинного удосконалення власних знань дає спеціалістові можливість бути завжди на належному фаховому рівні. Формується воно на базі елементарного інтересу до всього нового, що становить сферу його діяльності та інстинкту самозбереження.

Допитливість у студента формується в перебігу навчання шляхом пробудження інтересу до окремих питань, а інтерес виникає, коли навчання проходить успішно та цікаво. Завдання навчального процесу (та викладача) – зробити навчання успішним, тоді виникає інтерес, а це стимулює допитливість тощо.

Інстинкт самозбереження може спрацювати вже у спеціаліста – його може стимулювати той же самий темп оновлення обладнання.

*Приклад.* Сьогодні в системі підприємств "Укртелеком" йде процес заміни комутаційного обладнання телефонних мереж загального користування на електронні станції, які використовують комп’ютерні техніку та технологію й навіть інший метод розподілу інформації – адресно-кодове комутування (систему "з очікуванням"). Йде також розширення мереж за допомогою організації нових станцій. Коли відбудеться насичення кількості телефонів (а це вже відчувається по зниженню тарифів на встановлення телефонів), то й існуючі декадно-крокові та координатні станції також будуть замінювати на електронні. З приватизуванням підприємств "Укртелеком" цей процес піде швидким темпом – й значна кількість спеціалістів, які обслуговують станції застарілих типів, будуть не затребуваними. Своєю чергою тепер цей процес забезпечує доволі великий попит на випускників академії, які опанували комп’ютерні технології.

У навчальних дисциплінах практично не приділяється уваги вивченню методів пошуку та усунення ушкоджень в обладнанні, хоча це питання є одним з найважливіших в системах технічної експлуатації, оскільки особливістю цих систем є залежність безперебійної роботи обладнання від чинників, розподілених у часі та просторі.

Порушення роботи системи передавання даних може бути спричинено:

- збоєм у програмному забезпеченні;
- ушкодженнями в апаратній частині обладнання;
- ушкодженнями в дискретному каналі.

В останньому разі, а це варіант, який найчастіше зустрічається, канал зв’язку може бути неушкодженим (тобто його параметри – АЧХ, ФЧХ тощо – відповідають нормам), але через змінювання розподілу пакетів помилок в дискретному каналі роботу системи передавання даних може бути паралізовано.

Засоби контролю та вимірювання – це інструмент, за допомогою якого спеціаліст може взаємодіяти з системами зв'язку. Відносно систем контролю стану обладнання тенденцією в цьому напрямку є прагнення до автоматизування цього процесу тобто, функції контролю за станом елементів, вузлів та системи в цілому покладається на саму систему. Цей процес стимулюється застосовуванням програмних методів у апаратурі.

Дещо інший стан спостерігається за вимірювання параметрів обладнання. У сфері користування контрольно-вимірювальним обладнанням систем передавання даних та сигналів дискретних каналів невміння аналізувати результати вимірювань та доходити правильних висновків робить сам процес вимірювання марним, що зумовлено специфічністю характеристик систем ПД та необхідністю застосування спеціальних знань для успішного використання результатів вимірювання.

## 1.2 Керування технічною та загальною експлуатацією

Завданням системи управління галуззю зв'язку є експлуатаційне та технічне забезпечення "життєвого циклу виробу, за допомогою якого зреалізовується, підтримується та відтворюється якість роботи виробу" (ГОСТ 25866-83).

Зреалізовується це завдання шляхом:

- керування якістю надавання послуг;
- зреалізовування послуг зв'язку;
- матеріально-технічного забезпечення;
- фінансового забезпечення;
- упровадження нової техніки й розширення системи послуг та можливостей систем зв'язку;
- оперативного керування;
- забезпечення охорони праці й техніки безпеки;
- забезпечення обліку та звітності.

Основним підрозділом управління в мережах зв'язку є "Укртелеком" – підрозділ, який забезпечує функціонування всіх мереж, засобів та систем зв'язку, об'єднуючи їх у адміністративних межах області. Провідним керівником є обласна дирекція "Укртелекому". Технічними питаннями, приміром, щодо систем електрозв'язку керує "Центр електрозв'язку" обласної дирекції "Укртелекому". Структуру його управлінського персоналу подано на рисунку 1.2. Структура організація цеху електрозв'язку складається з так званих груп: загальної експлуатації, дільниць різноманітних видів електрозв'язку (комутації, кінцевого обладнання тощо).

Ще один вид керування – оперативне керування безпосередньо на системах зв'язку. На цій ділянці розрізнюють:

- провідні станції;
- підпорядковані станції.


Рисунок 1.2 – Структура управлінського персоналу цеху електрозв'язку

Старшою (провідною) станцією є та, котру розташовано в населеному пункті, котрий має вищий ранг у адміністративній ієрархії.

Приміром:

Київ → Одеса;

Одеса → Ізмаїл.

Якщо населені пункти рівні за статусом, тоді старшою є північна або західна станції: Одеса → Миколаїв, але Вінниця → Одеса (за умови, що є безпосередній зв'язок, тобто існують канали поміж ними).

# 2 ОБ'ЄКТИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Об'єктами технічної експлуатації (ТЕ) є перспективні й широко використовувані системи документального електрозв'язку.

Це:

- системи телеграфного зв'язку: телеграфний зв'язок загального використання та телекс;
- системи передавання даних;
- системи доступу до баз даних;
- телематичні служби: телетекс, електронна пошта, відеоконференції;
- системи факсимільного зв'язку.

Розгляданню підлягають характеристики обладнання, які використовуються як об'єкти технічного обслуговування.

***Телеграфний зв'язок*** – на сьогодні є найбільш сформована, проте вже вмираюча система документального зв'язку. Вона має власну інфраструктуру: мережу, що складається з прикінцевих пунктів, каналоутворюючого та комутаційного обладнання. Поділяється на дві структури – телеграфна мережа загального користування (ТгЗК) (доставляння телеграм від населення та підприємств) та мережа абонентського телеграфу, нині іменованого "телекс" – для ведення документальних перемов, переважно поміж підприємствами. Різниця поміж цими мережами полягає у способах розподілу інформації й використовуваних швидкостей – 50 або 75 Бод.

Прикінцеве обладнання в обох мережах телеграфного зв'язку є однакове. Це електромеханічні чи електронні телеграфні апарати, а в деяких випадках використовується спеціальний комп'ютер. Апарати першого типу мають переважно механічну систему документування й електронну систему керування (зреалізовану на транзисторах, мікросхемах малого та середнього ступеня інтегрування). Електронні телеграфні апарати зреалізовуються на мікросхемах середнього й великого інтегрування (МП), з пристроями пам'яті для записування повідомлення та електромеханічними пристроями введення-виведення (клавіатура, реперфоратор, пристрій друку).

Каналоутворювальне обладнання мереж телеграфного зв'язку первинного та вторинного ущільнення, з частотним та часовим розподілом, має канали зі швидкістю модулювання 50, 100, 200 Бод й залежно від термінів розроблення може мати канали на 600, 1200, 2400, 4800, 9600 Бод (апаратура ДУМКА, ТАНТАЛ). Для вторинного ущільнення використовуються стандартні канали тональної частоти, для первинного – кабельна мережа міського телефонного зв'язку (МТС) та види модуляції: амплітудна, відносна фазова та двократна відносна фазова (АМ, ВФМ, ДВФМ). Пристрої розподілу інформації у ТгЗК – комутація каналів (просторова). У ТгЗК комутація зреалізовується на обладнанні ЕТК-КС, ЦКС-1, ЦКС-4, в мережі "Телекс" за допомогою станцій типу "Нікола-Тесла" (електромеханічної, координатної) та ИСК-2,4 (електронної).

***Мережа передавання даних*** (на прикладі мережі передавання даних (ПД) загального користування Харківського управління). Мережа поєднує в єдину систему засоби ПД міських відділень зв'язку, довідкової служби 09, міжміські телеграфно-телефонні станції, приватні фірми та державні підприємства. Структура мережі є радіально-вузлова (рис. 2.1): провідним є регіональний вузол, в якому внутрішньо-міські та внутрішньо-обласні (з районними вузлами зв'язку), а також локальні мережі сполучено з глобальною мережею.

У LAN (локальні комп'ютерні мережі) використовується система Ethernet 10 Base T. У цих мережах у якості комутаційного обладнання використовуються маршрутизатори та концентратори (hub) з комутуванням пакетів, термінальне обладнання – ПК з програмним забезпеченням Windows NT та швидкістю передавання: 16,8; 19.2; 33.6; 128; 2048 кбіт/с. Вузли (вузлові сервери) розташовано на АТС.

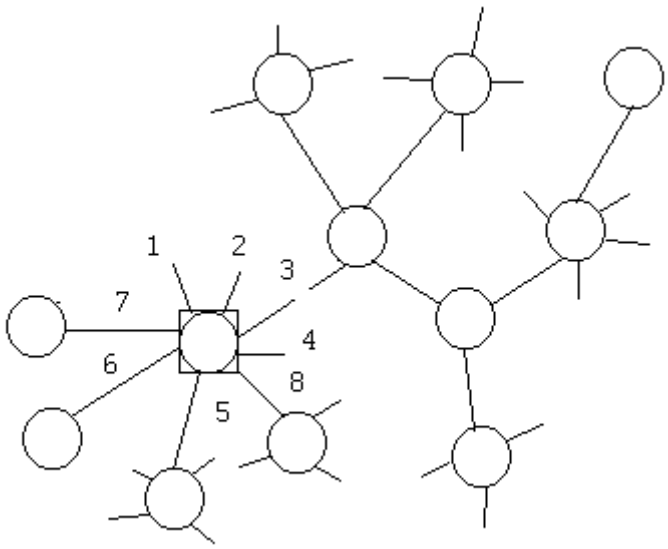



Рисунок. – 2.1 Радіально-вузлова структура мережі ПД

***Система доступу до бази даних*** – перспективна система, створена сьогодні в Україні. В цій національній інформаційній інфраструктурі передбачається створення низки (так званих корпоративних) мереж: МВС, СБУ, адміністрацій усіх рівнів (від Верховної Ради аж до сільради включно), бібліотечних, медичних, соціальних, військових. Вже існують мережі банківська, міністерства транспорту, Аерофлоту, військових.

У системі доступу до бази даних використовується передавання даних двох рівнів:

- індивідуального користування: прикінцевий пункт – база даних, зв’язок типу "низового";
- зв’язок поміж базами даних. Оскільки проектується (та функціонує) система розподілених баз даних, то це означає, що мають місце бази даних різних рівнів. Приміром, в адміністративній сфері діяльності держави існують такі рівні: сільради, адміністрацій:
  - районної;
  - міської;
  - обласної;
  - республіканської.

Усі ці бази об'єднано в єдину систему й доступ до даних будь-якого рівня забезпечено кожному користувачеві цієї мережі, аж до сільради включно.

Система передбачає не лише одержання інформації з баз даних різного рівня, а й поновлення даних у відповідній базі.

Зреалізовується прикінцевий пункт як абонентський пункт у системі передавання даних (рис. 2.2).

Прикінцеве обладнання даних (ПОД), відповідний міжнародний термін – *DTE (Data Terminal Equipment),* складається з пристроїв введення/виведення, пам'яті та пристрою керування.

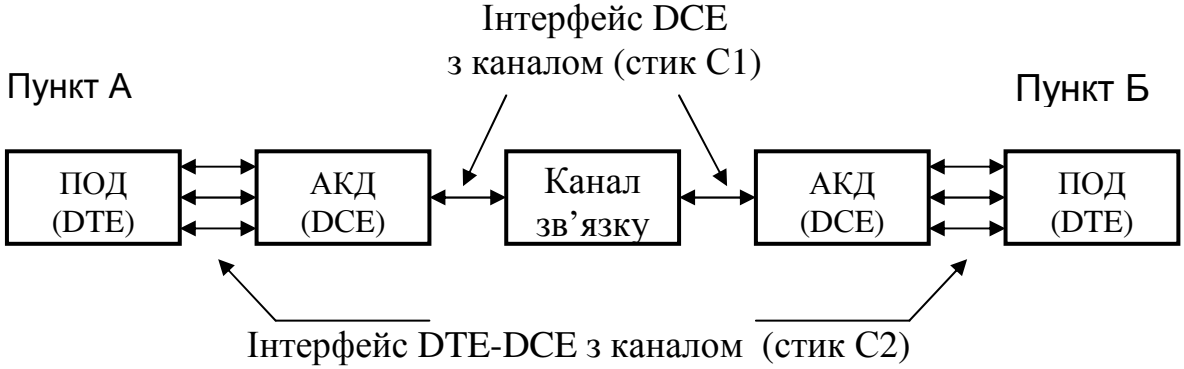



Рисунок 2.2 – Система передавання даних

До складу пристроїв введення даних належать:

- клавіатура;
- сканер;
- диски – магнітний та CD-ROM.

До складу пристроїв виведення даних належать:

- монітор;
- принтер;
- диски – магнітний та лазерний.

Пристрій керування – процесор.

Апаратура каналу даних (АКД), відповідний міжнародний термін – *DCE (Data Communications Equipment),* може бути різних типів: від каналоутворювальної апаратури передавання даних низької швидкості до модема включно. Як до каналоутворювальної апаратури, так і до модема обов'язково входить пристрій захисту від помилок (ПЗП).

Пристрій захисту від помилок зреалізовується або програмно, на рівні інформаційному, або об'єднується з пристроєм перетворювання сигналів (модемом). Для захисту інформації від ушкоджень (захисту сигналів від помилок) використовуються надлишкові коди – блочні або неперервні: циклічні або згорткові. Циклічні коди – з відповідною кодовою відстанню *d* – дозволяють виявляти помилки переважно в системах передавання даних з пакетною комутацією та оцінюють стан ділянки тракту. При використанні циклічних кодів виправлення помилок виконується за рахунок зворотного зв'язку, приміром, в таких системах як з вирішуючим зворотним зв'язком з очікуванням (ВЗЗ – ОЧ).

Згортковий код застосовується для виправляння пакетів помилок. Переважно зреалізовується безпосередньо в модемах за використання потужних швидкостей (понад 19,6 кбіт) та комбінованих методів модулювання (ТВФМ, КАМ).

У системах передавання даних пристрій перетворювання сигналів (модем) використовується для перетворювання каналу зв'язку на дискретний канал, якщо за канал зв'язку слугує канал тональної частоти (ТЧ). Конструктивно використовуються два типи високошвидкісних модемів. Вбудований – на спеціальній платі ПК та зовнішній – окремий блок. Фактична швидкість передавання сигналів у каналі ТЧ – 2400 Бод, але за рахунок використовування методів модулювання (ТВФМ, КАМ) досягається максимальна експлуатаційна швидкість 33,6 кбіт/с (швидкість передавання інформації),

# 3 ВПРОВАДЖЕННЯ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

## 3.1 Експлуатація обладнання передавання даних

Експлуатація обладнання передавання даних у широкому розумінні цього поняття полягає в такому:

- у транспортуванні обладнання заводом, який його виготовляє (чи фірмою, що його зреалізовує);
- у зберіганні обладнання (короткотерміновому чи довготерміновому);
- у підготовці до експлуатації: монтажу, налагоджуванні, паспортизуванні;
- у власне експлуатації працюючого обладнання.

Транспортування та подальше зберігання обладнання безпосередньо до експлуатаційно-технічного персоналу не є стосовні, хоча і є вельми важливими етапами при підготовці його до експлуатації. Як правило, цим опікується керівництво.

Підготовкою обладнання до експлуатації переважно займається спеціальна організація (так звана монтажно-налагоджувальна). Монтаж, налагоджування та стикування СПД з мережею має виконуватися висококваліфікованими спеціалістами. Рекомендовано залучати до цієї роботи також експлуатаційній персонал, правильно зорганізована участь якого в монтажно-налагоджувальній роботі істотно полегшує процес освоєння обладнання, його обслуговування та подальшу експлуатацію.

Зважаючи на теперішній рівень реалізації систем ПД (зреалізовування АПД на ПК), підготовкою обладнання до експлуатації повинні займатися самі експлуатаційники, через незначний обсяг робіт щодо монтажу обладнання, його блокового зреалізовування, компактності. Ці роботи не становлять економічного інтересу для потужних організацій. Їхня участь може полягати лише в установленні програмного забезпечення та його тестовому контролі. Тому спеціалістові-початківцю потрібні знання щодо правил розміщування, підготовки комунікацій (енергозабезпечення, каналу, захисного заземлення) персонального комп'ютера. До того ж, до моменту введення обладнання в експлуатацію, електричного стикування

взаємодіючих елементів обладнання ПК та каналу зв'язку – останнього має бути налагоджено й паспортизовано. Цю частину роботи повинен виконувати експлуатаційний персонал.

Можна сформулювати необхідний перелік робіт експлуатаційного персоналу при впровадженні та експлуатації системи ПД, зреалізовуваної на ПК:

- вчасне й оптимальне планування робіт обслуговуючого персоналу при використанні апаратури СПД;
- організація змінного чергування, раціонального розміщення обслуговуючого персоналу за безпосередньої роботи;
- урахування технічного стану апаратури й каналу зв'язку та планування заходів щодо їхнього технічного обслуговування;
- вчасне та достатнє забезпечення апаратури запасними частинами, блоками, платами, витратними матеріалами;
- контроль за якістю роботи використовуваних контрольно-вимірювальних приладів, відповідність періодичності їхньої перевірки за встановленими нормативами;
- організація технічного навчання та підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- контроль за температурно-вологим режимом у приміщеннях;
- проведення інструктажу з техніки безпеки та протипожежної безпеки.

Усі ці турботи та клопоти можуть дістатися Вам – молодому спеціалістові, коли працюєте на підприємстві, на якому вперше з'являється така техніка, а працюючий там технічний персонал є незнайомий з нею. Таку ситуацію може спровокувати, приміром, науково-дослідний інститут з його глибиною проникнення, по лінії адміністративно-соціальної системи доступу, до баз даних. Ця ситуація стимулює попит на спеціалістів з боку підприємств зв'язку, оскільки роботи з упровадження нової техніки, як правило, припадають саме їм. У цій ситуації молодим спеціалістам доводиться бути керівниками груп з монтажу та налагоджування обладнання. Вам нададуть підлеглих людей (Вася прокладе кабель сюди, Саня – підведе електроживлення туди, куди Ви накажете, тощо). Стаючи керівником групи, Ви берете на себе відповідальність за упровадження нової техніки, тому, насамперед, не забудьте перевірити, в яких умовах зберігалося обладнання.

## 3.2 Основна документація для впровадження до експлуатації обладнання систем передавання даних

Зреалізовування кожного з перелічених вище етапів робіт потребує наявності певної технічної документації, вміст якої залежить від конкретних умов створення обладнання та впровадження його до експлуатації.

Якщо обладнання треба встановити у приміщеннях, раніше для цієї мети не призначених, слід мати проектні креслення щодо реконструкції та

підведення до нього заземлення, електроживлення тощо. На цьому етапі має місце найбільша кількість помилок та недоглядів. Тому в такому разі раціональніше використовувати типовий проект розміщення обладнання.

Для цього необхідні такі групи документів:

- документи замовника;
- конструкторська документація;
- проектні документи на приміщення;
- монтажно-налагоджувальна документація;
- експлуатаційно-технічна документація.

Документи замовника – це Технічне завдання (ТЗ). Монтажно-налагоджувальна документація – це технічні умови (ТУ), котрі містять перелік технічних вимог, яким повинен задовольняти комплекс апаратури ПД. У період приймально-здавальних випробувань оформлюється й має бути наявною така документація:

- креслення (збірні, габаритні, монтажні);
- схеми (блокові, загальні, принципові, функціональні, електричні, з'єднань тощо);
- технічний опис комплексу обладнання;
- відомість комплекту експлуатаційних документів;
- інструкція щодо відпрацьовування тракту ПД (паспорт, тобто перевірка безвідмовного його функціонування за різноманітних завадних впливів тощо).

## 3.3 Вплив певних чинників, на стан та надійність роботи апаратури передавання даних

Найбільш суттєвими чинниками, котрі впливають на надійність та стан роботи апаратури ПД, є:

1 Вологість повітря: надмірна вологість, як і її відсутність – все це є заважальні чинники. Нормальною є вологість повітря 60 ±15 %. За вологості 80 % більш підсилюється утворювання корозії, виникають грибкові утворювання (цвіль), порушуються контакти, трапляються пробої в електричних колах. Низька вологість безпосередньо не впливає на обладнання, а впливає негативно на персонал. Надто небезпечним є електризування людей: наведений статичний заряд на тілі людини може сягати сотень вольт і в цьому разі людина може стати причиною пробою в електричному тракті, особливо в схемах з мікросхемами, розрахованими на роботу з низькою напругою.

2 Температура навколишнього середовища. Шкідливо впливають на обладнання граничні значення температур, за яких експлуатується обладнання. Припустимий діапазон температур: 15...30 °С. Зависока температура шкідливо впливає на роботу мікросхем, занизька – на засоби магнітного запису, тобто на механічні пристрої.

3 Якість навколишнього середовища (наявність пилу, газів, парів агресивних речовин), яка впливає на механічні пристрої, контакти.

4 Механічні впливи, які призводять до виникнення різноманітних ушкоджень в обладнанні.

5 Біологічний вплив на обладнання, який справляють гризуни, комахи та грибкові утворення.

# 4 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

Технічне обслуговування (ТО) систем передавання даних – це комплекс робіт та заходів, спрямованих на утримання на належному рівні головних експлуатаційних характеристик систем даних, на попереджання відмов та подовження ресурсу роботи обладнання.

Виконується ТО на всіх етапах експлуатації обладнання. Технічне обслуговування може бути:

- плановим, коли порядок та методику вживання конкретних заходів чітко регламентовано відповідною технічною документацією то виконується в чітко окреслені терміни;
- позаплановим, коли обслуговуючий персонал змушений в терміновому порядку вживатити заходів щодо усунення несправностей та ліквідації їхніх причин.

Існує кілька основних положень, на виконанні яких базується якісне технічне обслуговування:

- наявність в системі ТО контрольно-вимірювальних приладів, відповідних до технічних вимог, які забезпечують потрібну точність вимірювань;
- наявність робочих інструментів та витратних матеріалів. Зауважимо, що проблема інструментів завжди є надто гострою. Якщо їх призначено для колективного використання й навіть закріплено за кимось з персоналу – інструменти неодмінно розійдуться по кишенях та робочих столах. Вихід тут є єдиний: забезпечити індивідуальним інструментом кожного робітника, щоб й він відповідав за нього сам;
- раціональне розташування та організація робіт технічного персоналу, його кваліфікаційна підготовка. Це є надто важливо, тому що в ТО бере участь персонал не однієї, а, як мінімум, двох прикінцевих станцій ПД;
- необхідність чіткого узгодження термінів проведення всіх профілактичних робіт. Найчастіше за складання та узгодження графіка спільних робіт з технічного обслуговування відповідає головна станція;
- наявність у складі системи ПД каналів зв’язку, обслуговуваних іншою службою. Перевірка каналів зв’язку виконується цією службою, яка "забирає" канал на перевірку за заявкою служби ПД, надаючи їй при цьому резервний канал для роботи. Але не завжди відмова каналу зв’язку є спричинена спотворенням характеристик АПЧ чи ФЧХ чи залишковим загасанням, що є сферою відповідальності служби коналоутворення. Причиною відмови може бути дискретний канал

через змінювання коефіцієнта групування помилок α, який зазначає інтенсивність виникнення помилок у межах, визначених як інтервал групування (пакета помилок).

Отже, ТО системи ПД у цілому залежить як від технічного стану каналів зв'язку, так й від вчасності та якості вживаних відповідних контрольно-вимірювальних заходів.

Планове технічне обслуговування може бути зорганізовано:

- на календарній засаді;
- на часовій засаді.

За календарною засадою встановлюється щоденна, щотижнева, щомісячна, щоквартальна, щорічна періодичність технічного обслуговування.

Часова засада передбачає технічне обслуговування після певного інтервалу часу роботи обладнання.

В СПД застосовується комбінований метод: для електронного обладнання (частина СПД) – календарний, для електромеханічного (принтери, клавіатура, дисководи) – часовий.

Конкретні терміни ТО визначаються залежно від режиму роботи (цілодобово чи за розкладом) та інтенсивності використання (завантаженості).

Увага! ТО неодмінно має виконуватись повний обсяг конкретних вимірювань та дотримуватись скрупульозна технологічна послідовність застосування методик.

Регламентні роботи малої періодичності (до місяця включно) зводяться до перевірки власне роботи АПД, а великої періодичності, окрім зазначеного, – включають також перевірки функціонування каналів ПД, тобто вимірювання параметрів каналу зв'язку й. що є найголовніше, розподілення пакетів помилок у дискретному каналі. Такого роду перевірки проводять на вільному від завантаження каналі, замінивши його на резервний.

Планування ТО здійснюється терміном на рік; при цьому складаються відповідні документи (плани), які відбивають конкретну організацію цього ТО.

Метою ТО є утримування на належному рівні головних експлуатаційно-технічних характеристик, за рахунок чого запобігають відмовам АПД, які виникли б, якби ці роботи не провадились.

Підвищення надійності роботи обладнання за рахунок проведення регламентних робіт можна кількісно оцінити як

$$W = T_0/T_1,$$

де $T_0$ – наробіток на відмови обладнання при ТО; $T_1$– наробіток за відсутності ТО.

При оцінюванні ефективності ТО існує поняття коефіцієнта ефективності ТО. Це відношення кількості несправностей (порушень), виявлених у процесі ТО, до загальної кількості відмов, які мали місце за календарний період:

$$K_e = \frac{n_{\text{ТО}}}{n_{\text{р}} - n_{\text{ТО}}}, \quad .$$

де $n_{\text{ТО}}$ – несправності, виявлені в перебігу ТО; $n_{\text{р}}$ – в перебігу роботи обладнання.

Існує також поняття коефіцієнта готовності обладнання:

$$K_{\text{Г}} = 1 - \frac{t_{\text{пр}}}{T - t_{\text{ТО}}},$$

де $T$ – період часу, за який оцінюється ефективність ТО; $t_{\text{пр}}$ – сумарне простоювання за час $T$; $t_{\text{ТО}}$ – сумарний час ТО.

Реальна тривалість ТО має враховувати також час підготовки до власне процесу регламентних робіт:

$$T_{\text{ТО}} = t_n + \sum_{i=1}^{m} t_{\text{оі}} + \sum_{j=1}^{n} t_{nj} + t_{\text{фк}} + t_{\text{з}},$$

де $t_n$ – час, витрачений на підготовку до виконання регламентних робіт.

$t_{\text{оі}}$ –виконання $i$-тої операції за час ТО з $m$ регламентних робіт;

$t_{n\square}$ - час, витрачений на відшукування та усунення $\square$ -тої несправності з $n$-тої кількості несправностей, виявлених та усунених в перебігу ТО;

$t_{\text{фк.}}$ – час, витрачений на проведення функціонального контролю обладнання;

$t_{\text{З}}$ – час, витрачений на завершення ТО (прибирання робочого місця, відновлення обладнання, проводження документів).

Облік цих показників потрібен для:

- оцінювання роботи технічного персоналу;
- аналізування часових витрат на ТО обладнання, надто нового, впроваджуваного уперше.

Непланове ТО може бути зумовлене низкою причин:

- при зберіганні обладнання: порушення герметичності пакування, корозія металевих деталей, сирий вологопоглинач, механічні ушкодження;
- при завершенні монтажно-налагоджувальних робіт провадиться перевірка функціонування всього обладнання, найчастіш за допомогою тестового контролю;
- велика кількість відмов у каналі чи обладнанні, найчастіш зумовлених погіршенням характеристик каналу зв’язку чи його несправністю.

За час вимірювань у каналах зв’язку перевіряються такі параметри:

- залишкове загасання;
- рівень завад;
- амплітудно-частотна характеристика.

У дискретному каналі додатково перевіряються такі параметри:

- крайові спотворення;
- коефіцієнт помилок;
- коефіцієнт групування помилок.

У разі нестійкої (ненадійної) роботи обладнання перевіряється:

- наявність коливання значень вихідних параметрів сигналу;
- змінювання напруг живлення;
- нестійкість роботи джерел тактових частот, генераторів тощо.

# 5 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ КЕРУВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

## 5.1 Профілактичне обслуговування й тестування електронних обчислювальних машин

Сучасні електронні системи зв'язку – це системи та обладнання, зреалізовувані за допомогою мікропроцесорів та великих інтегральних схем. Керувальні пристрої таких систем – це процесорні системи різних типів або спеціалізовані комп'ютери. Приміром, в цифрових телефонних станціях використовуються мікропроцесорні системи чи електронні обчислювальні (керувальні) машини (ЕОМ) фірм Motorola та Intel.

Обслуговування керувальних електронних систем розглянемо на прикладі персонального комп'ютера IBM PC типу I586, які використовуються як контрольно-діагностичні та керувальні пристрої систем зв'язку в перебігу технічного обслуговування останніх.

Технічна експлуатація ЕОМ поділяється на:

- профілактичне обслуговування та контроль;
- діагностування ушкоджень.

*Профілактичний контроль* спрямований на перевірку надійності роботи окремих вузлів ЕОМ. При вмиканні живлення ЕОМ програмою ROM BIOS генерується діагностувальний тест POST, за допомогою якого перевіряються основні вузли комп'ютера.

Тестуванню підлягають:

- процесор: перевірка регістрів даних, сегментних регістрів, регістра прапорців;
- оперативна пам'ять: перевірка процедур запису, читання, реєстрування динамічною пам'яттю (перевірка паритету) перших 64 кбайт шини даних та адресних шин;
- постійні пристрої пам'яті: за контрольною сумою;
- контролери прямого доступу тощо.

У разі виявлення помилки чи збою в роботі вузлів комп'ютера на екран монітора видається повідомлення у вигляді спеціального коду, який локалізує місце ушкодження.

Після завершення роботи програми POST долучається до роботи програма перевірки інформаційних каналів на віруси. Це утиліти Norton Antivirus 2.1 (NAN), AIDSTEST, WEB.

*Профілактичне обслуговування* включає:

- щоденне протирання поверхні корпуса ЕОМ безволоконним бавовняно-паперовим ганчір'ям з використанням мильного розчину. При цьому не можна використовувати аерозолі та реагенти, які можуть ушкодити поверхню;
- щомісячне видалення пилу з системної плати та інших вузлів ПЕОМ за допомогою пилососа;
- щоквартально або щопівроку провадиться чищення контактів у слотах зубною щіткою, змоченою спиртом.

До профілактичного обслуговування ЕОМ належать також заходи щодо захисту електроживлення, ушкодження якого призводять до порушення її роботи. Це є захист джерел електроживлення від електромагнітних впливів, короткочасного зниження напруги, вимикання та стрибків напруги.

Заходи щодо захисту джерел електроживлення застосовуються такі:

- екранування приміщень за наявності небезпечного рівня електромагнітних впливів;
- використовування стабілізаторів мережної напруги;
- вбудовування безаварійних джерел електроживлення IUPS (Internal Uninterruptible Power Supply). Це є акумулятор, заряджуваний від електромережі та вмиканий як буфер із електроживленням системної плати. У цьому разі захищається лише системна плата;
- використовування неперервних джерел електроживленням SPS (Sandy Power System). Це ферорезонансний трансформатор з перетворювання та акумулятор, заряджуваний в перебігу нормальної роботи ЕОМ. Як правило, вони виконуються у вигляді окремого блока, до якого підмикаються кабелі електроживлення від усіх блоків ЕОМ (монітор, принтер, сканер тощо).

До процедури профілактики належить і боротьба зі статичними електричними зарядами шляхом захисту від накопичування зарядів поміж підлогою та технологічним обладнанням. Небезпечно вмикати ЕОМ при перепаді температур, який спричинює конденсування вологи на деталях ЕОМ, що призводить до короткого замикання елементів схем ЕОМ. Якщо ЕОМ довгого часу перебувала в оточуючому середовищі з температурою близько 0 °С, з тих самих міркувань її слід адаптувати до температури приміщення перш, ніж вмикати.

## 5.2 Діагностування ушкоджень ЕОМ

Несправності ЕОМ, у тому числі й системної плати, класифікуються в такий спосіб:

- плаваючі помилки;
- випадкові помилки;
- кориговані відмови;
- некориговані відмови (технічні зупинки).
- апаратні помилки;

Плаваючі помилки спричинюються впливом потужного електромагнітного випромінювання, через ушкодження чи погіршення параметрів контуру захисного заземлення, джерел механічних вібрацій, запиленість приміщень, чинниками агресивного зовнішнього середовища, перепадом температури. Ці помилки мають нерегулярний характер й є нестабільні за місцем та часом з'явлення.

Кориговані відмови – це помилки, котрі випадково з'явилися в перебігу роботи ЕОМ й не призводять до спотворення чи знищування інформації або до механічного ушкодження вузлів, а також виникають при встановленні діагностичного тесту й не формують масових помилок.

Якщо випадкова помилка набуває форми постійності й унеможливлює подальшу експлуатацію системи – це є некоригована відмова.

Існують також так звані "жорсткі" помилки, які виникають через несправність обладнання, зумовлюючи тим самим некориговану відмову.

Найчастіше це є: апаратні помилки через несправності енергопостачання; ушкодження в шинах адреси та даних; вихід з ладу елементів та вузлів оперативної пам'яті; відмови у системах введення-виведення, в тому числі клавіатури; вихід з ладу компонентів вузлів введення-виведення обрамлення CPU; програмні помилки через: завантаження програмного забезпечення системи; прогін (тестування) програмних засобів; наявність вірусних програм; апаратно-програмні помилки через: втрату чи спотворення інформації в ROM BIOS, CMOS SRAM; втрату чи спотворення інформації в регістрах портів підсистеми введення-виведення; некоректне встановлення засобів конфігурування системи.

Завдання діагностування ушкоджень – це локалізування місця та виду ушкодження. Цій меті й слугують програми POST BIOS та NAU. Однак програма POST перевіряє не все обладнання, яке може бути встановлено як підсистема на системній платі (SB). Ступінь конкретності при локалізуванні несправностей для SB є недостатньо точний; іноді перевіркою виявляються елементи, які вже раніше були виявлені як такі, що вийшли з ладу. Інколи виникають плаваючі помилки, спричинені порушенням контактів, доріжок, пайок, з'єднувачів, а також незалежні від часу помилки та ушкодження, пов'язані з температурними чинникам. Для їхнього виявлення існують програми поглибленого діагностування, які мають вузькоспеціалізовану спрямованість. Використання цих програм потребує тривалого часу для проведення перевірок, й вони є ефективні у тих випадках, коли несправності виявляються в певній помилковій команді програми. При виявленні несправного компонента така програма деталізує місце відмови. Такі програми, як ChechIt й утиліта DiskDjctor (NDIGS), дозволяють перевірити CPU, RTC CMOS RAM, підсистему RAM, модулі системної плати, клавіатуру, HMD, паралельний та послідовний порти, відео та звукові плати, мишу.

# 6 ПОТОЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

Поточне обслуговування – це комплекс заходів, спрямованих на встановлення втрачених системою чи обладнанням експлуатаційно-технічних характеристик чи надійності роботи обладнання й системи ПД у цілому.За часом проведення поточне обслуговування та ремонт є неплановими й виконуються після того, як встановлено відмову чи несправність в обладнанні, усунення яких потрібне для поновлення нормального функціонування обладнання.

Поточне обслуговування та ремонт здійснюються в процесі експлуатації СПД зусиллями та засобами обслуговуючого персоналу. При цьому в сучасному обладнанні, через його модульну побудову, поточне обслуговування та ремонт фактично поділено на дві частини (в часі та просторі):

- пошук ушкодження;
- ремонт обладнання.

За відмови обладнання експлуатаційний персонал визначає місце ушкодження, відшукує вузол, в якому сталася відмова, й робить заміну його на справний, взятий з резерву.

В разі ж ушкодження у блоці він ремонтується в спеціально зорганізованих майстернях чи навіть на підприємстві виробника. А в деяких випадках (а вони невпинно частішають!) взагалі не виконується відновлення блоків, їх просто замінюють на нові.

Відновлення нормального функціонування інколи може бути досягнуто шляхом регулювання елементів системи. Приміром, в такий спосіб відновлюють канал зв’язку.

Ступінь пристосовності обладнання й системи ПД до виявлення відмов називають їхньою *ремонтопридатністю*. Це є одна з важливих технічних характеристик обладнання. Вона оцінюється *часом відновлення*, тобто часом, витраченим на пошуки та усунення несправностей. Вона ж залежить від міри охоплення комплексу прикінцевої апаратури ПД та всієї системи в цілому пристроями контролю, сигналізації та індикації. Власне час відновлювання містить такі складові:

- *час виявлення* несправності – це час, впродовж якого несправність за допомогою різноманітних методів та засобів апаратного оцінювання доводиться до відома обслуговуючого персоналу. За достатньо ефективної системи контролю (технічних засобів) та індикації вага цієї складової є незначна;
- *час пошуку* місця несправності залежить від забезпеченості пристроями функціонального контролю та тестової системи основних елементів системи ПД;
- *час відновлення* несправного елемента за модульної конструкції обладнання ПД та наявності типових ТЕЗів, зводиться до часу, витраченого на заміну блока, який вийшов з ладу;

- *час перевірки надійності роботи* відновленого елемента чи системи ПД включає час контролю безпомилковості функціонування обладнання. Сюди ж входить і процедура перевірки: чи не заподіяно в обладнанні нових ушкоджень на етапі відновлення.

Однак процедура пошуку місця несправності (на інтервалі його виявлення) для систем ПД є надто складна через наявність та взаємозв'язок тих чинників, на яких будується система ПД (рис. 6.1).

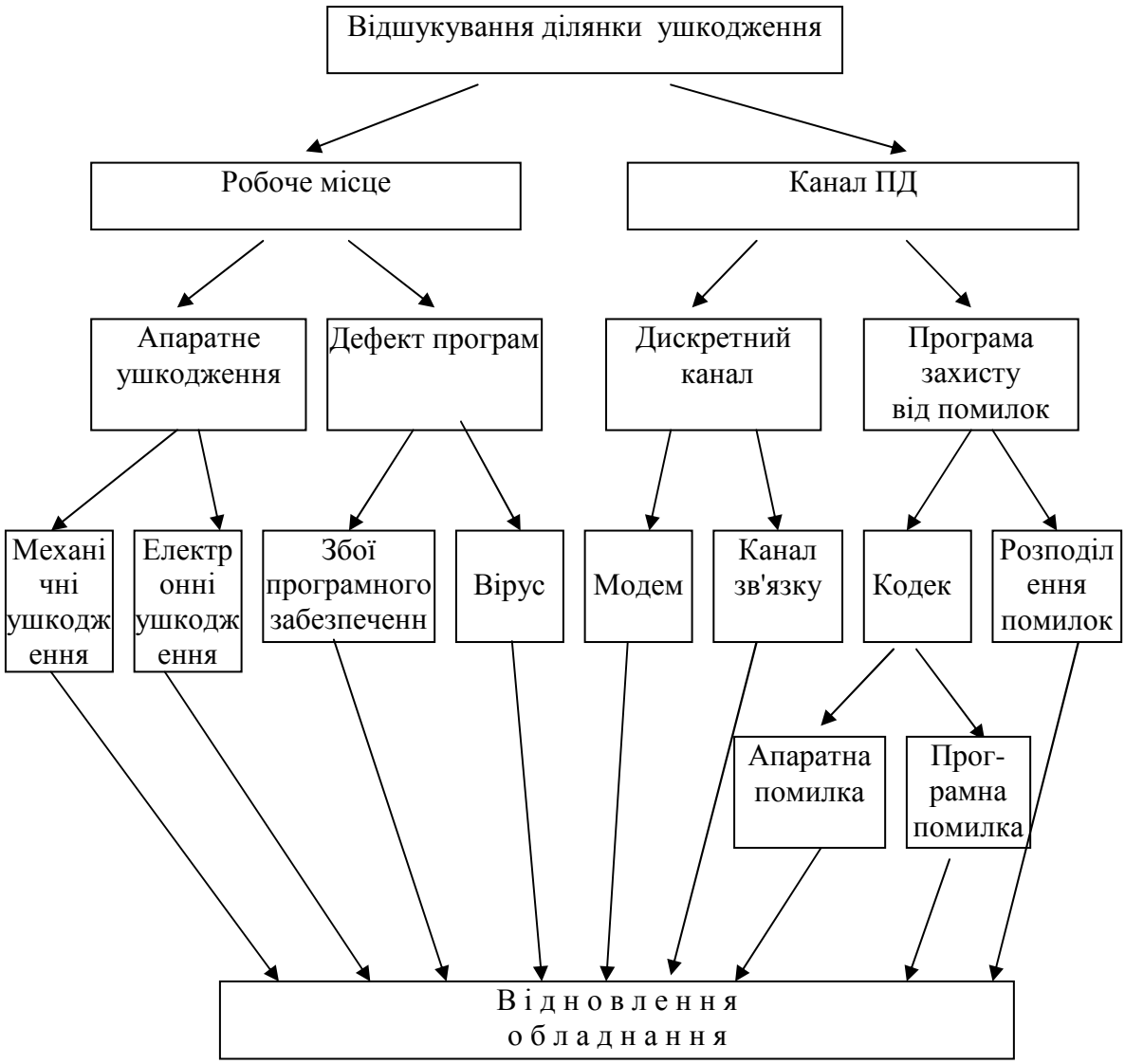



Рисунок 6.1 – Алгоритм пошуку місця несправності для систем ПД

Процедуру ремонту обладнання розглянемо на прикладі персонального комп'ютера IBM PC. Виявлення місця несправності – лише частина справи при відновленні роботи ЕОМ. Ремонт сучасного комп'ютерного обладнання – етап значно складніший, оскільки потребує від технічного персоналу спеціальної підготовки, використовування спеціальних пристостроїв та інструментів (окрім традиційної викрутки) та диференційного підходу до усунення несправностей залежно від місця та характеру ушкодження.

Для якісного виконання ремонтних робіт в умовах експлуатації систем зв'язку потрібні:

- обізнаність щодо засад будови та функціонального призначення елементної бази комп'ютера на рівні елементів середнього ступеня інтегрування, а також системи його програмного забезпечення;
- обізнаність щодо, й надто дотримання правил роботи з елементами схем, й щодо відповідних заходів з техніки безпечної (для блоків комп'ютера) роботи з ними.

Правила ці є практично загальновідомі, однак існують певні нюанси:

- будь-які дії в перебігу ремонту слід розпочинати вимиканням електроживлення;
- висновки щодо несправностей повинні робитись лише після того, коли напевно відомо, що всі елементи комутації й слоти встановлено правильно й вони мають контакт, а кабель не має ушкоджень;
- перед доступом до електронних вузлів слід зняти з тіла статичний електричний заряд (приміром, доторкнувшись до технологічного корпуса). Виконувати роботи з елементами схеми треба з надітим на руку браслетом, який знімає статичний заряд;
- часові затримки поміж вимкненням та подальшим увімкненням блока електроживлення мають становити не менш 30...40 с;
- не припускається ненавантажений хід в електричному колі; ізольоване електричне коло треба навантажувати на еквівалентне навантаження при його вимірюваннях та перевірках;
- не припускається перегрівання елементів електричних схем за користування паяльником. Припустиме є застосовування лише малопотужних паяльників (не більш за 18 Вт) з відведенням тепла й використовуванням пристроїв поглинання парів прилюта;
- неприпустиме застосування "холодного паяння", яке виявляє себе з плином певного часу;
- при замінюванні елементів треба встановлювати аналогічні елементи виробництва відповідних фірм. Цю вимогу зумовлено тими обставинами, що системні плати ЕОМ (SB) практично не проходять остаточного налагоджування. В цьому разі всі вимоги щодо компонування чипів, з'єднувачів, гнізд закладено технологією виробництва й ретельно погоджені з параметрами елементної бази. Тому заміна "рідного" елемента, на нештатний, вироблений фірмою-копіювальником, взагалі є неприпустима. Добираючи для заміни мікросхеми, слід мати відомості щодо споживаної ними потужності, граничної та робочої частот, затримки сигналів на вході та виході, швидкодії, навантажувальної потужності, коефіцієнта розгалуження. Якщо можна встановити мікросхему, яка має певний запас з потужності та частоти, то це збільшить швидкодію системи навіть за наявності дестабілізуючих чинників.

“Зависання” системи, тобто стану, коли після вмикання електроживлення, ЕОМ не виконує жодних інструкцій, не відповідає на натискання клавіш, причиною може бути:

- вірус, не врахований в антивірусній програмі;
- несправність системи енергопостачання;
- невпинне формування одного з сигналів – RESET, RDY□, чи BUS□, – помилковим сигналом захоплення з каналу прямого доступу до пам'яті;
- фіксування однієї з клавіш (спричинене, приміром, проникненням іззовні рідини з в’язким компонентом).

Повідомлення про помилки підсистеми DRAM BIOS транслює трьома групами: помилки у модулях пам'яті, помилки в системі регенерування, помилки в системі контролю паритету.

Методику пошуку несправностей врешті решт розробляє для себе кожний інженер, тут можема лише навести загальні рекомендації щодо пошуку місця ушкодження.

Коли є відома структурна схема конкретного комплексу, при аналізуванні будь-якої несправності все поле ймовірних причин відмов розбивається на дрібні вузли й у кожному з них шукають найпростішу. Відштовхуючись від неї як від вихідного матеріалу, охоплюють у подальшому все більш складні гілки системи.

Нерідко потрібні електричні принципові схеми є відсутні. У цьому разі треба спиратися в роботі на аналіз добре відомих сигналів – CPU, FPU, блок електроживлення, підсистеми розширення каналів введення-виведення підсистем DRAM, RAM BIOS, клавіатури, елементів комутування.

# 7 КОНТРОЛЬ ТА ВИМІРЮВАННЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

## 7.1 Поняття контролю та вимірювання

Системи передавання даних належать до відновлювальних систем, тобто до таких, які підлягають ремонтові. Тому експлуатаційно-технічний персонал повинен мати на своєму озброєнні засоби для виявлення фактів відмови чи несправності в обладнанні чи в каналах зв’язку та оцінювання безпомилкового функціонування після відновлення системи. Усі згадані функції виконують засоби контролю та вимірювання. Вони можуть бути включені до складу обладнання передавання даних або додаватися до нього.

Взагалі *контроль* – це процес установлення відповідності поміж станом об’єкта контролю й раніше заданими нормами щодо його параметрів та характеристик.

*Контроль технічного стану* обладнання – процес отримування й аналізування відповідної інформації стосовно придатності обладнання передавання даних для подальшої експлуатації, а також необхідності його технічного обслуговування та ремонту.

*Об'єкт контролю* – це технічний пристрій, інформацію про технічний стан якого, треба одержувати в перебігу його експлуатації. Об'єктом експлуатації в нашому разі є:

- обладнання систем передавання даних;
- програмне забезпечення;
- канал зв'язку (канал ПД, дискретний канал).

Основні контрольовані параметри СПД є такі:

- швидкість передавання даних;
- безпомилковість передавання даних;
- час доставлення повідомлення.

*Засоби вимірювання* – це технічні пристрої котрі мають такі технологічні властивості, які забезпечують визначення числового значення контрольованого параметра. В системах ПДС, окрім традиційних вимірювальних пристроїв, які вимірюють рівень сигналу, напругу тощо, є специфічні пристрої, за допомогою яких вимірюють величини крайових спотворювань дискретних сигналів, виявляються помилки, пакети помилок. Якщо перші є окремі пристрої, то другі, як правило, вбудовані в обладнання у вигляді спеціального обслуговуючого програмного забезпечення (система програм технічного обслуговування).

*Засоби контролю* – це технічні чи апаратно-програмні пристрої, які забезпечують сприймання контрольованого параметра, зіставляння його значення із встановленими допусками та видавання висновків щодо результатів контролю.

Класифікація типів контролю є така:

- контроль функціонування обладнання (рис. 7.1);
- контроль ступеня працездатності обладнання.

*Контроль функціонування* – це якісне оцінювання виконання об'єктом власних функцій. Він зреалізовується за допомогою пристроїв, що контролюють функціонування окремих вузлів, елементів обладнання ПД, безперебійна робота яких є умовою надійної роботи обладнання в цілому.

Однак жодний контролюючий пристрій не в змозі абсолютно точно дати оцінку станові контрольованого об'єкта. Причина полягає в тому, що контроль здійснюється завжди з припущенням, тобто контролю підлягає не весь можливий (і необхідний) спектр параметрів, а також в тім, що можливими є відмови самих контролюючих пристроїв. Тому слід враховувати вірогідність контролю, показник, який визначає міру довіри до результатів контролю, повноти й глибини його, впливу ушкоджень на роботу вимірювальних приладів, способів відбиття інформації.

За результатами контролю стосовно технічного стану об'єкта може бути розглянуто дві гіпотези:

$\underline{H}$ – об'єкт є справний (працездатний);

$H$ – об'єкт є несправний (непрацездатний).

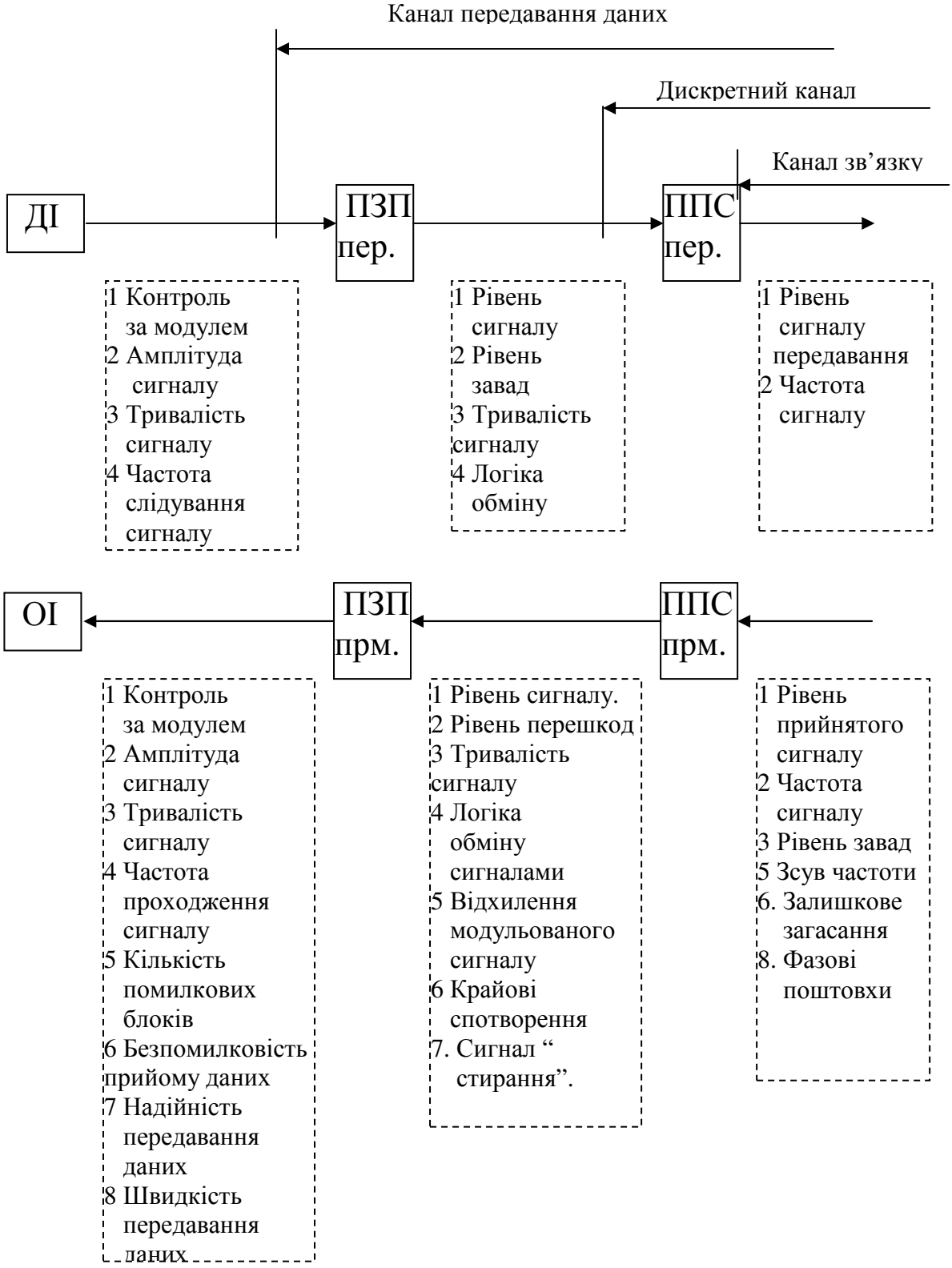



Рисунок 7.1 – Контроль функціонування обладнання

Розглянемо такі ситуації:

$B_1$ – коли вимірюване та істинне значення вимірюваного параметра $X$ технічного об'єкта перебувають у припустимих межах:

$$X_1 \le X \le X_2 \text{ (приймається гіпотеза } H);$$

$B_2$ – коли вимірюване значення не перебуває у припустимих межах, а істинне – перебуває в цих межах:

$$X > X_2 \text{ чи } X < X_1 - \text{(приймається гіпотеза } \overline{H});$$

$B_3$ – коли вимірюване значення $X$ перебуває у припустимих межах, а істинне – за його межами:

$$X_1 \le X \le X_2 - \text{(приймається гіпотеза } \overline{H});$$

$B_4$ – коли вимірюване та істинне значення $X$ перебувають у неприпустимих межах:

$$- X > X_2 \text{ чи } X < X_1 \text{ (приймається гіпотеза } H).$$

Тоді сума ймовірностей $P(B_1) + P(B_2) + P(B_3) + P(B_4) = 1$ й становить повну групу подій.

$\underline{B} = P(B_2) + P(B_3)$ – ймовірність помилкового оцінювання подій.

$B = 1 - \underline{B}$ – ймовірності адекватного оцінювання результатів контролю. Це і є вірогідність контролю.

Для оцінювання стану обладнання частіше використовують поняття ймовірність безперебійної роботи:

$$B_{\text{бр}} = P(B_1)/P(B_1) + P(B_2).$$

Тоді ймовірність роботи з перебоями:

$$B_{\text{ни}} = P(B_4)/P(B_2) + P(B_4).$$

Це дозволяє сформулювати поняття про те, що саме вважається помилками вимірювання першого й другого типу:

- помилки першого типу є "ризик виробника" – ймовірність того, що придатну до роботи система буде визнано непридатною ($B_2$);
- помилки другого типу є "ризик замовника" – ймовірність того, що непрацюючу апаратуру буде визнано придатною до роботи ($B_3$).

Приміром, розглянемо контроль каналу зв'язку за параметром рівня сигналу. Заниження рівня сигналу до 13...17 дБ вважається за відмову, канал блокується та передається до ремонту, хоча найчастіш він є придатний для роботи. У цьому разі маємо помилку першого типу. Для зменшення ймовірності такої помилки вводиться додатковий контроль за іншими параметрами, приміром за рівнем завад, спотворювання сигналу тощо. Це призводить до зростання складності пристроїв контролю. Окрім того, на якість контролю починає впливати ненадійність допоміжних пристроїв

контролю. Отже, зростає ймовірність виникнення помилки другого типу. Для послаблення впливу такої ситуації пристрої контролю поділяють на дві групи:

- пристрої контролю, які визначають ушкодження;
- пристрої контролю, які злокалізовують місце ушкодження.

Аварійне оцінювання, виконане пристроями визначального контролю, використовується як привід для пошуку ушкодження. Кількість цих пристроїв є обмежена, але навони дають найбільш об'єктивну оцінку стану каналу чи тракту в цілому. Тому використання їх дозволяє домогтися ймовірності помилок першого та другого типів у межах $X \leq 0{,}1..0{,}5$.

Пристрої контролю, котрі злокалізовують місце ушкодження, використовуються для пошуку місць ушкоджень уже за результатами роботи пристроїв визначального контролю. Такий підхід дозволяє не враховувати помилок першого типу. В цьому разі припустимою є тільки ймовірність помилки другого типу:

$\beta = \leq 0{,}25...0{,}35$.

На сьогодні в каналах зв'язку використовуються два методи оцінювання результатів контролю:

*допусковий* метод – дозволяє визначити, чи перебуває поточне значення параметра в установлених межах (придатний – непридатний);

*кількісний* метод – дозволяє визначити абсолютні чи відносні величини параметрів або їхнє відхилення від установлених норм. Для кількісного оцінювання якості процесу контролю використовується наведені нижче показники.

*Коефіцієнт повноти контролю* – визначає частку об'єкта контролю $N_k$, котрий складається з $N$ елементів, яка потрапила до сфери контролю:

$$П = N_k/N.$$

Під елементом розуміються окремі пристрої, функціональні вузли.

*Коефіцієнт глибини контролю* – відношення кількості контрольованих параметрів $M_k$ стану об'єкта до максимальної кількості параметрів, які визначають його стан, $M$:

$$Г = M_k/M, \text{ якщо } M_k < M.$$

*Правильність контролю* – показник, який визначає міру довіри стосовно результатів контролю об'єкта, котрі залежать від точності вимірювання параметрів об'єкта, повноти та глибини контролю, способів накопичення та відбиття інформації.

## 7.2 Контроль параметрів каналу тональної частоти (каналу зв'язку)

Канал зв'язку, як ділянка тракту передавання даних, є найбільш ненадійний порівняно з обладнанням ПД (більш ніж на порядок) і разом з тим більшою мірою впливає на параметри каналів (дискретного та ПД).

Для контролю каналу тональної частоти обираються ті параметри, які можна вимірювати під час передавання інформації без переривання сеансу зв'язку (прямий метод контролю), це такі як:

- рівень сигналу приймання;
- короткочасні переривання рівня сигналу;
- імпульсні завади;
- рівень шумів.

Практично повсякденно здійснюється контроль рівня сигналу, але цей параметр – зниження рівня нижче за встановлений – в 50 % випадків буває самовідновлювальним. Середнє значення часу зниження, яке розподіляється за експоненціальним законом, становить близько однієї хвилини. З цього випливає, що доцільно почекати близько трьох хвилин і лише після цього, переконавшись, що відмова є стійка, – вживати заходів щодо відновлення роботи системи. Інтервал очікування закладається під час розроблення обладнання: з'явлення сигналу заниження рівня (через три хвилини) – це і є визначальний контроль.

Контроль параметрів дискретного сигналу виконується за допомогою непрямих методів.

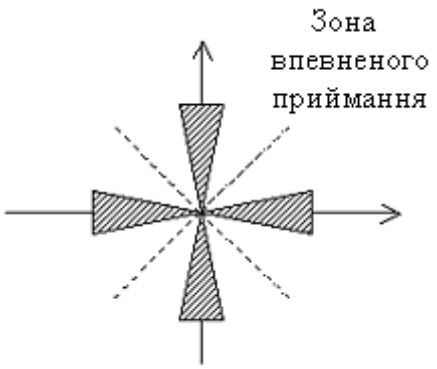



Рисунок 7.2 – Положення вектора несучої в системі з двократною ВФМ

Контроль та виявлення помилок непрямими методами здійснюється за величиною крайових спотворень, тобто за положенням вектора несучої в системі з двократною відносною фазовою модуляцією (рис. 7.2).

Детектор якості є тим ефективніше, чим інтенсивніше потік помилок, спричинених імпульсними завадами чи перериваннями.

## 7.3 Контроль параметрів каналу та тракту передавання даних

У каналі та тракті передавання даних найбільш ефективним є контроль інтенсивності помилок, виявлених пристроєм захисту з використанням надлишкового кодування, які перевищують нормоване значення інтенсивності. Тому завданням функціонального контролю тракту ПД є виявлення ситуацій, коли правильність приймання стає гірше за задану (розраховану за критеріями припустимого рівня правильності для даної системи передавання даних). Через цей показник фактично оцінюється безпомилковість передавання даних в дискретному каналі, оскільки пристрій захисту від помилок проектується й функціонує з урахуванням лімітованого показника початкового значення ймовірності помилок в цьому каналі.

Обчисливши кількість комбінацій, виявлених пристроєм захисту від помилок, та знаючи середню кількість помилок в комбінаціях, а ці величини (коефіцієнт групування помилок) є більш-менш відомі для певної ділянки нестаціонарності стану дискретного каналу, вельми просто можна оцінити величину помилок у дискретному каналі. При цьому не враховуються так звані "невиявлені помилки", тобто помилки, які не може бути виявлено за допомогою коду, використовуваного в даному пристрої. Ці помилки порівняно з кількістю виявлених помилок становлять частку відсотка (0,1...0,001 %), тому їх можна не враховувати.

*Тестовий контроль* – це один з варіантів контролю, який злокалізовує місце ушкодження. Тест – це певна надлишкова кодова комбінація, яку використовують для злокалізовування ділянки ушкодження. Тестовий контроль використовується після того, як системою визначального контролю зафіксовано відмову. Окрім того, цей вид контролю використовують для перевірки безпомилковості функціонування елементів чи тракту ПД в цілому після усунення ушкодження. Якщо пристрої тестування включено до складу системи (тракту) ПД, вони відіграють роль так званого автономного функціонального контролю (АФК). Вони, як правило, включаються до тракту в такий спосіб, що можуть розділяти тракт на ділянки, чим забезпечують окремий контроль елементів тракту дискретного каналу, каналу та обладнання ПД. Ці пристрої контролю, котрі включаються до всіх типів АПД, являють собою еквіваленти джерел та приймачів інформації. Алгоритм обміну в них збігається з алгоритмом фактичного обміну. Але оскільки тест-сигнали є відомі, то в режимі АФК можливе точне визначення кількості помилкових комбінацій, тобто може бути зроблено доволі точне оцінювання відповідності безпомилковості прийнятої інформації до заданої.

Система тестового контролю дозволяє здійснювати пошук несправного елемента, поступово звужуючи його межі, в тому числі й за рахунок послідовного вилучання з тракту ПД його елементів. Ці перевірки виконуються переважно за допомогою так званого шлейфу (петлі). Для цього вводять комутаційні елементи, які дозволяють на різних ділянках тракту з'єднувати електричне коло передавання з електричним колом приймання (рис. 7.3), утворюючи, в такий спосіб ділянки тракту, перевірювані окремо.

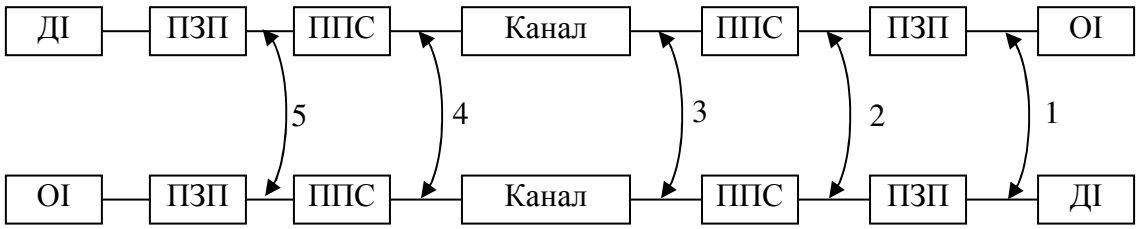



Рисунок 7.3 – Місця тракту, в яких можлива організація петлі:

1 – шлейф всього тракту ПД; 2 – шлейф дискретного каналу + елементи тракту ПД; 3 – шлейф винятково каналу зв'язку; 4 – шлейф винятково дискретного каналу; 5 – шлейф обладнання ПЗП

Тестовий контроль виконується за допомогою спеціального тексту. Якщо тестування виконує оператор, то використовується смисловий текст:

“>≡В чащах юга жил был цитрус? Да, но фальшивый экземпляр. 1234567890”,

або: “>≡The quick brown fox jump over the lazy dog! 1234567890>≡”.

Як правило, на сьогодні для тестового оцінювання використовуються апаратні засоби, або експертні системи. Тому замість смислового тексту використовуються давачі псевдовипадкового тексту типу: $2^k - 1$, де $k$ = 7...23 – довжина комбінації, яка обирається залежно від необхідної довжини випробувального тексту, котрий формується з усіх можливих для даної $k$ кількості комбінацій.

*Функціональний контроль*, включаючи тестовий контроль, дає оцінку стану контрольованого об’єкта всього у двох позиціях: “норма – аварія”. Для систем ПД цього контролю в певних випадках є недостатньо. Приміром відмову тракту ПД спричинено зміною розподілу коефіцієнта групування помилок в дискретному каналі. В цьому разі інтенсивність помилок (їхня кількість) може залишатися такою самою, що й була за безперебійної роботи тракту ПД, але інтенсивність запитів, відповідно середня чи поточна швидкість передавання ($R_T$) значно зменшиться й може стати неприпустимо низькою. В цьому разі виникає необхідність кількісного оцінювання параметрів тракту ПД. Виконується воно шляхом контролю надійної роботи, який зреалізовується за рахунок використовування процедури вимірювання параметрів та їхнього взаємного зіставляння для ухвалення рішення щодо безперебійності роботи того чи іншого елемента тракту.

Процедурою вимірювання можуть розв’язуватися три завдання в перебігу експлуатації систем ПД:

- пошук несправного елемента в тих випадках, коли система функціонального контролю не надає однозначної відповіді;
- вимірювання параметрів при регламентних та профілактичних роботах;
- вимірювання при приймально-здавальних роботах.

Розглянемо, як виконується пошук несправного елемента тракту ПД. У разі змінювання коефіцієнта групування помилок є сенс проводити вимірювання розподілення помилок у дискретному каналі шляхом передавання випробного тесту згідно з методикою, поданою на рис. 7.3.

Для вимірювання цього показника використовуються спеціальні прилади (приміром виявлення помилок) або пристрої, які входять до складу апаратури системи ПД, або програма, до якої входять давачі псевдовипадкового тексту, й яка виконує організовуванню шлейфів. Структурно-функціональну організацію, або алгоритм таких вимірювань подано на рис. 7.4. Однією з вимог до процедури вимірювання коефіцієнта помилок є вимога щодо тривалості сеансів вимірювання. Це зумовлено тим, що виникнення та розподіл помилок в часі має випадковий характер.

При пошуку несправностей в апаратурі ПД вистачає сеансу вимірювання тривалістю 5...10 хв. Для вимірювань у дискретному каналі,

тривалість вимірювання повинна бути доволі великою й залежати від використовуваної

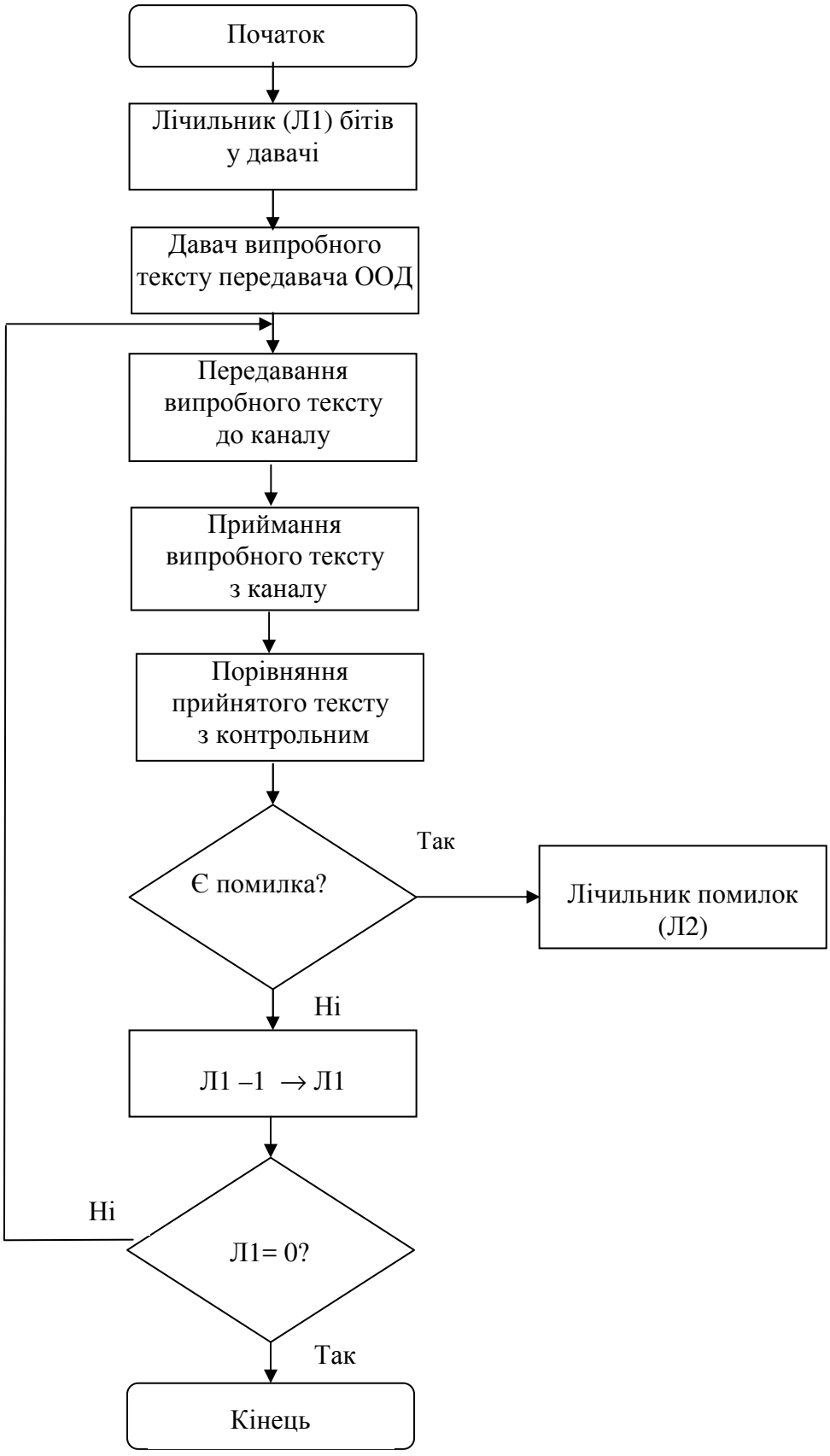



Рисунок 7.4 – Блок-схема алгоритму вимірювання коефіцієнта помилок

швидкості передавання дискретних сигналів (саме сигналів, а не даних) у каналі. Кількість бітів для одержання достатньої вибірки становить максимум $3 \cdot 10^6$ біт, мінімум $1 \cdot 10^6$ біт. Але це для ділянки зі стаціонарним станом дискретного каналу, який зберігається впродовж 3...4-х годин. Для одержання насправді достатньої вибірки слід враховувати стан каналу впродовж 30 годин мінімум. Слід також продовжити вимірювання впродовж однієї доби, в години найбільшого навантаження, впродовж трьох діб по десять годин мінімум, а для паспортизації тракту ПД треба проводити вимірювання впродовж 300 годин.

*Об'єкт контролю* – обладнання, інформацію про технічний стан якого треба мати в процесі експлуатації.

Кількісні та якісні характеристики об'єкта називаються *контрольованими параметрами.*

Для виконання контролю використовуються:

- засоби вимірювання;
- засоби контролю.

*Засоби вимірювання* – це технічні пристрої, які мають нормовані метрологічні властивості, котрі забезпечують віднайдення числового значення контрольованого параметра.

*Засоби контролю* – це технічні пристрої чи програми, які забезпечують сприймання контрольованого параметра, зіставляння його значення з установленими допусками, формування та видавання висновків щодо результатів контролю.

Приміром, пристрій сигналізування щодо заниження рівня сигналу в каналі нижче за припустиму межу. Результатом контролю є загоряння лампочки "аварія "

Класифікування видів контролю. Розрізняють такі види контролю:

- функціонування – якісне оцінювання виконання об'єктом власних функцій;
- працездатності – кількісне оцінювання параметрів об'єкта, яке визначає якість його роботи;
- діагностичний – для визначення причин та місця несправності в об'єкті контролю;
- прогнозний – передбачення технічного стану об'єкта в майбутньому;
- профілактичний – для віднайдення та замінювання контрольних елементів, параметри яких вийшли за межі припустимих значень;
- самоконтроль – кількісне оцінювання якості роботи засобів контролю.

Час контролю залежить від методів контролю, рівня автоматизації процесу контролю й кваліфікації технічного персоналу:

$$t_к = t_п + t_и + t_а + t_р ,$$

де $t_п$ – час на підготовку засобів контролю;

$t_в$ – час вимірювання;

$t_а$ – час, витрачений на розрахунки та аналіз результатів вимірювання;

$t_р$ – час, витрачений на ухвалення рішень.

Час контролю є величина випадкова з параметрами: $t_к$ –середнє значення й $\sigma_к$ –дисперсія.

Все вище перелічене є класифікаційними ознаками контролю. Тобто саму технологію контролю обмежено двома процедурами:

- контроль (експлуатація) стану системи за заданим ресурсом;
- контроль (експлуатація) системи за станом.

Експлуатація системи за заданим ресурсом будується з урахуванням процесів виходу з ладу апаратури через старіння її елементів. Принцип однакової надійності елементів одного ієрархічного рівня (це елементи, які утворюють специфічну підсистему, приміром модем в АПД) не можна зреалізувати на практиці. Завжди є елементи (зазвичай, активні), які мають нижчу надійність порівняно з іншими елементами. Ці елементи за відмови руйнуються настільки, що вже не підлягають відновленню. Ремонт таких елементів полягає в їхній заміні. Елементи називаються "старіючими". У це поняття закладено специфічний смисл – це не лише електронна лампа, емісія якої поступово знижується (що є синонімічне до поняття старіння, приміром людини), але й несправний конденсатор чи транзистор, котрий перегорів, відмова яких відбувається раптово.

Контроль стану системи за заданим ресурсом полягає в тому, що для даної системи відомі темпи "старіння" елементів, їхній термін служби (наробки на відмову) й після завершення цього терміну елемент замінюється на новий, хоча ще може функціонувати. Ресурси елемента визначаються або за результатами роботи в подібних системах (чи за аналогічних умов), або за результатами статистичних випробувань, виконуваних при розробленні й виготовленні елементів (так званий "прогін"). При цьому ресурс ще й обчислюється. Вважається, що час відмови (чи наробок на відмову) розподіляється за нормальнім законом. І тоді за інтервал безвідмовної роботи приймають математичне сподівання цього інтервалу з урахуванням дисперсії (рис. 7.5).

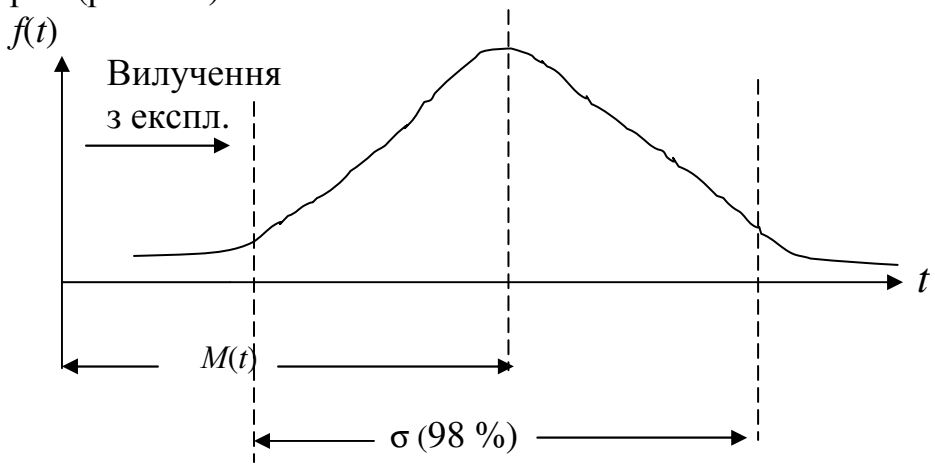



Рисунок 7.5 – Нормальний закон

Недоліки цього методу експлуатації є такі:

- вилучається з експлуатації явно робочий елемент, який міг би ще працювати невизначено тривало, що не є економно, й є тим дорожче, чим дорожчий елемент вилучається;
- залишається певна ймовірність відмови старіючого елемента; вона є мала, але деяка погроза щодо цього існує.

Така альтернативність робить експлуатацію системи доволі дорогою.

Цей метод використовується лише для забезпечення надійності систем, відмови яких загрожують безпеці людини або виконанню завдання. Тобто в цьому разі втрати від економії ресурсів можуть перевищувати витрати на експлуатацію, це є можливе в авіації, супутникових системах, апаратурі військового призначення. Завдання теорії експлуатації – оптимізування затрат на експлуатацію: визначення оптимальної величини заданого ресурсу для елемента старіючого типу, експлуатація за заданим ресурсом зарезервованого елемента, вибір кількості запасних елементів для забезпечення експлуатації за заданим ресурсом.

Для систем зв'язку, які також є складними системами, використовується метод експлуатації системи "за станом". Основою для розробки моделей експлуатації є загальна теорія керованих випадкових процесів. Експлуатація "за станом" ґрунтується на вимірюванні певних параметрів системи, змінюваних в перебігу експлуатації (під впливом зовнішніх чинників чи старіння) та ухвалюванні рішень щодо необхідності заміни елементів, тобто на організації обслуговування системи залежно від її фактичного стану. Однак розраховуватись за це доводиться тим, що треба робити більш глибоке кількісне оцінювання технічного стану системи, розв'язуючи такі завдання:

- вибір мінімально необхідної кількості контрольованих параметрів, які несуть достатню інформацію про стан системи будь-якого моменту часу;
- обґрунтування припустимих областей змінювання обраних для контролю параметрів;
- розроблення алгоритмів математичного забезпечення програм експлуатації;
- створення технічних засобів контролю й діагностування, які забезпечували б потрібну точність вимірювання й визначення місця несправності.

Ці завдання зреалізовуються в перебігу діагностичного та прогнозного контролю.

*Діагностичний контроль* – описування несправностей та встановлення причини їхнього виникнення:

- забезпечення максимальної ймовірності безпомилкового діагностування й мінімальної ймовірності помилок діагностування;
- вибір такого алгоритму пошуку несправності, за якого час діагностування є мінімальний;
- забезпечення мінімальних вартості та обсягу діагностування.

Технічно діагностичний контроль здійснюється спеціальними засобами.

Розрізнюють діагностичний контроль: апаратний; програмний.

Апаратні засоби контролю виконуються конструктивно, незалежно від об'єкта контролю й використовуються лише при проведенні діагностування. Це зовнішні засоби діагностування.

Коли апаратні засоби діагностичного контролю становлять з об'єктом єдине ціле, то це вбудовані апаратні засоби діагностування.

Програмні засоби діагностичного контролю називаються випробними.

Найпростішими методами діагностичного контролю є:

*Метод послідовних поелементних перевірок*, який полягає у послідовності перевірки стану всіх елементів обладнання. За виявлення елемента, параметри якого не відповідають нормі, – пошук припиняють. Оптимальною послідовність пошуку несправності, за якої середній час пошуку є мінімальний, буде, якщо середній час перевірки відрізняється для кожного елемента (за однакової ймовірності відмови кожного елемента) або якщо ймовірності відмови елементів є різні (час перевірки є однаковий).

У цих випадках перевірки розпочинають з елементів, потребуючих мінімального часу (з елемента, що він має найбільшу ймовірність відмови).

Цей метод є придатний для обладнаня будь-якої структури, однак він потребує здійснення більшої кількості перевірок.

*Метод послідовних групових перевірок*: обладнання поділяється на окремі групи елементів і перевіркою виявляється та група, в якій є несправний елемент. У межах групи виявляється підгрупа з несправним елементом – і так до моменту виявлення несправного елемента.

Під *прогнозним контролем* розуміють науково обґрунтоване припущення щодо можливих станів об'єкта експлуатації в майбутньому й термінів їхнього здійснення.

Прогнозний контроль – це більш перспективний метод запобігання відмовам, оскільки знання закономірностей змінювання характеристик об'єктів експлуатації надає таку можливість (запобігання відмовам).

*Методика прогнозування* – сукупність спеціальних правил та прийомів щодо розроблення конкретних прогнозів.

*Період попереджувального прогнозування* – це проміжок часу, на який розроблено прогноз.

Кількісні оцінки прогнозу:

- точність;
- вірогідність;
- ефективність;
- вартість.

*Точність прогнозу* схарактеризовує ступінь відповідності прогнозного й дійсного стану об'єкту). Вимірюється величиною помилок прогнозування:

$$\Delta X = X_{\text{пр}} - X_0,$$

де $X_{\text{пр}}$ – прогнозне значення, $X_0$ – дійсне.

Для ймовірнісного прогнозування (коли $X$ – величина випадкова) помилки прогнозування оцінюються також математичним сподіванням $M_{\Delta X}$ та дисперсією $D_{\Delta X}$.

Точність прогнозування визначається:

- характеристикою об'єкта прогнозування;
- мірою знання об'єкта (точності створеної моделі прогнозування);
- методом прогнозування.

*Вірогідність прогнозування* – це ймовірність того, що результат прогнозування насправді підтвердиться. Взагалі під вірогідністю прогнозування розуміють його надійність.

*Ефективність прогнозу* відбиває міру оптимізування експлуатаційних характеристик об'єкта внаслідок прогнозування. Це узагальнений показник: приміром, якщо метою прогнозування є підвищення надійності об'єкта експлуатації, то показником ефективності прогнозування буде змінювання показника надійності внаслідок прогнозу.

*Вартість прогнозу* вимірюється витратами коштів на його здійснення – витратами на прилади та обслуговування засобів прогнозного контролю.

*Засоби здійснювання прогнозу*. Прогнозування технічного стану виконується на підставі даних контролю кількості прогнозованих параметрів, котрі визначають стан апаратури систем зв'язку. Ці параметри являють їх значення у момент часу $t$ чи яким-небудь статистичним показником.

Залежно від виду контрольованого параметра може бути визначено:

- змінювання його величини в період майбутнього відрізку часу;
- ймовірність того, що значення контрольованого параметра не вийде за припустимі межі;
- до якого типу процесів належить контрольований параметр.

*Метод аналітичного прогнозування* використовується в тому разі, коли контрольований параметр може бути подано у вигляді детермінованої функції $\varphi(\xi, t)$. Контролюючи цю функцію в інтервалі часу $\varphi(t_1)$, $\varphi(t_2)$...$\varphi(t_n)$ у відповідні моменти часу та знаючи закон змінювання функції, визначають за її допомогою можливий момент відмови. Це є зреалізовування контролю "за станом".

*Метод імовірнісного прогнозу* полягає у визначенні ймовірності неперевищення значенням контрольованого параметра в установлених межах*Метод статистичної класифікації* ґрунтується на віднесенні контрольованого процесу до одного з його різновидів (класів).

*Метод статистичного градієнта*. Сутність його полягає в тому, що закономірність зростання чи спадання певної функції $\xi(t)$, яка описує

прогнозований випадковий процес у межах припустимих границь $\xi_{\text{прип}}(t)$, можна оцінити статистично.

*Статистичний контроль*. Це є різновид контролю за станом обладнання, ґрунтованого на підрахунку кількості порушень в роботі систем ПД, які мають нерегулярний характер. Прикладом застосування статистичного контролю є його використовування в системах з вирішуючим зворотним зв'язком (ВЗЗ).

Неодноразово згадувалось, що канал (дискретний) є нестаціонарний. Було наведено цифри: період стаціонарності становить три-чотири години. Але межі цього періоду є випадкові, як і в переважній більшості є випадковим власне й інтервал. Систему адаптування побудовано власне з урахуванням цих чинників: вона повинна реагувати на змінювання стану каналу (дискретного). У варіанті систем з ВЗЗ – це збільшення кількості запитів. Але є й інші варіанти систем адаптування: в системах з виправлянням помилок – змінювання кодової відстані, для того аби зменшити кількість невіднайдених помилок; в системах зі зворотним зв'язком – перехід на резервний канал зв'язку чи дискретний канал (але останній має низьку пропускну здатність).

Вдаються до таких ситуацій шляхом:

перемиканням системи ПД з основного каналу на резервний;

перемиканням (змінювання) параметрів каналу передавання даних – змінювання кодової відстані за рахунок змінювання параметрів надлишкового коду або змінювання довжин блока даних;

адаптації до змінювання ситуації шляхом змінювання розмірів зони контролю (для непрямих методів).

Приміром, у дискретному каналі у випадкові відтинки часу зростає інтенсивність помилок (пакетів помилок), з'являються довгі пакети помилок у системах з ВЗЗ, зростають втрати швидкості передавання і збільшується відносна кількість віднайдених помилок.

Прилад статистичного контролю, за яким обчислюється кількість запитів $N$ за установлений час аналізу $T_{\text{a}}$, визначає такі варіанти рішень:

$N(T_{\text{a}}) < N_{\text{o}}$ – продовження передавання;

$\text{N}_{\text{o}}(T_{\text{a}}) \geq N_{\text{o}}$ – перехід на резервний канал,

де $N_{\text{o}}$ – гранична кількість запитів, яка визначає ефективність захисту системи з ВЗЗ методами статистичного контролю. Якщо $N_{\text{o}}$ обрано малим – значну частину витрат швидкості передавання інформації становитимуть витрати внаслідок перезапитів (за час $\tau_{\text{пер}}$). За більшого значення $N_{\text{o}}$ втрати швидкості визначатимуть часом, який витрачається на виконання запитів. У цьому разі виникає завдання щодо оптимізування значення $N_{\text{o}}$. Існують співвідношення, які визначають оптимальне значення швидкості передавання інформації є за рахунок повторних запитів:

$N_0$–1

$$\varepsilon = \{P_{\text{пер.}}(N_{\text{о}})\,[\,N_{\text{о}}\,(\gamma+1)^{n} - \gamma n + t_{\text{пер.}}]\} + ((\gamma+1)/B)\sum_{N=1} P_n N\}\cdot 100\%,$$

де $(\gamma+1)\,n$ – час блокування системи ВЗЗ;

$P_{\text{пер.}}(N_{\text{о}})$ – ймовірність перемикання системи;

$(\gamma+1)\,n\sum_{N=1}^{N_0-1} P_n\,N$ – втрата швидкості передавання через перезапити за $N < N_{\text{о}}$.

Існує два варіанти організації статистичного контролю:

- з фіксованим початком підрахунку;
- з ковзним початком підрахунку.

У першому варіанті послідовності бітів при передаванні даних розбиваються на ділянки довжиною $T_{\text{а}}$ й облік кількості запитів ведеться в межах цих ділянок. Рішення щодо необхідності заміни каналу ухвалюється за результатами оцінювання стану тракту ПД в кожному з інтервалів без урахування інших інтервалів.

У другому варіанті лічильник кількості запитів запускається при першому запиті й фіксує кількість запитів на інтервалі $T_{\text{а}}$. Рішення про необхідність заміни каналу ухвалюється за результатами аналізу кількості запитів на цьому інтервалі. Однак ефективність статистичного контролю залежить від того, як розподіляються помилки в дискретному каналі, точніше, якою саме моделлю їх подано. В цьому разі існують два варіанти; більш поширений з них – це моделі Б – Ф (Беннета – Фройліха) та П –Т (Попова – Туріна). Вони описують один і той же самий потік помилок, але пропонують різні варіанти його описування (різні математичні моделі). Ці моделі при аналізі ефективності за результатами статичного контролю дають різні результати. У даному разі визначення ймовірності заміни каналу в залежності від величини $N_{\text{о}}$ показано на рис. 7.6.

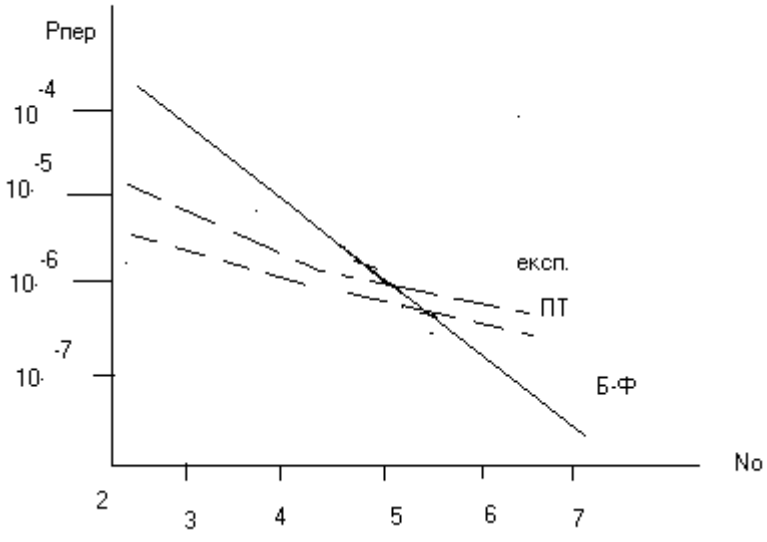



Рисунок 7.6 – Залежність імовірності заміни каналу від $N_{\text{о}}$ моделей П –Т та Б – Ф

Висновок: в умовах групування пакетів помилок в системі доцільно передбачати пристрій попереджувального контролю й перемикання системи ПД на резервний канал, що знижуватиме витрати швидкості ПД у кілька разів і сприятиме підвищенню рівня безпомилковості передавання повідомлень.

## 7.4 Технічна експлуатація каналів тональної частоти, використовуваних у комп'ютерних мережах

В даному разі йтиметься про канали з частотною смугою $\Delta F$ = 0,3...3,4 кГц, утворені апаратурою первинного ущільнення (розподілу) й використовувані в системах передавання даних, а також в комп'ютерних мережах.

Технічна експлуатація каналів зводиться значною мірою до вимірювань різних параметрів каналів, в тому числі спеціальних, про які треба мати уявлення, якщо канал використовується при передаванні даних.

Після монтажу та запуску каналоутвірної апаратури на магістралі здійснюється її налагоджування, за якого виконуються вимірювання класичних характеристик та параметрів каналу, тобто:

- ✓ амплітудної характеристики (АХ);
- ✓ амплітудно-частотної характеристики;
- ✓ коефіцієнта передавання залежно від частоти відносно коефіцієнта передавання на частоті 800 Гц;
- ✓ групового часу проходження сигналу (ГЧП).

Специфічними параметрами каналу, використовуваного для передавання даних є:

- ✓ короткочасні переривання сигналу;
- ✓ імпульсний вплив на сигнал;
- ✓ коефіцієнт помилок при передаванні дискретного сигналу;
- ✓ пакетування (групування) помилок у дискретному каналі.

У перебігу експлуатації провадиться постійний та періодичний контроль відповідності параметрів та характеристик каналів до паспортних даних каналоутвірної апаратури. Постійно контролюється рівень сигналу в каналі, а періодично (за планом профілактичних робіт) контролюються всі характеристики каналу зв'язку (АХ, АЧХ, $К_{пер}$, ГЧП). Мета вимірювань параметрів та характеристик – перевірка їхньої відповідності до нормативних даних. У тих випадках, коли параметри каналів виходять за межі норм і функціонування каналу зв'язку практично стає неможливим, виконується поглиблене вимірювання параметрів та характеристик каналу (порівняно з процесами постійного та профілактичного контролю). Як правило, вимірювання загальних характеристик каналу (АХ, АЧХ, $К_{пер}$, ГЧП) виконує технічний персонал МТС, а специфічних – персонал ЛАЦ-ПД. Мета вимірювань – відшукування місця ушкодження тракту каналу. Після усунення ушкодження виконується повторні вимірювання параметрів та характеристик каналу на відповідність нормам.

Розглянуті види вимірювань можна поділити на дві групи, які схарактеризовуються балансом часу, відведеного для вимірювань, і, як наслідок, точністю або статистичною вірогідністю результатів.

До першої групи з порівняно значним балансом часу (від одиниць до десятків годин) належать вимірювання, виконувані в перебігу налагоджування та паспортизування апаратури, каналів, а також при профілактичних роботах.

До другої групи з невеликим балансом часу (від одиниць до десятків хвилин) належать вимірювання, які провадяться під час роботи у зв'язку з порушенням роботи каналу. Ці вимірювання супроводжуються вимушеною зупинкою каналу й тому мають бути максимально скорочені в часі.

Контроль деяких параметрів під час роботи каналів істотно сприяє скороченню часу зупинок каналу зв'язку й надає потрібну інформацію перед проведенням вимірювань. Результати контролю використовуються безпосередньо одразу після того чи іншого виходу параметра за межі встановлених норм, з тим аби скоротити, а інколи й не припустити зупинки зв'язку.

Вимірювання класичних характеристик каналу (АХ, АЧХ, $К_{пер}$, ГЧП) належить до першої групи. Процеси в каналі, які впливають на ці характеристики, можна віднести до стаціонарних, тому питання щодо обсягу вибірки при проведенні цих вимірювань не є суттєве.

Вимірювання специфічних характеристик каналу передавання даних, пов'язаних за випадковим законом, є дослідження вибирання з генеральної сукупності, й тому визначення необхідного часу вимірювання є вирішальним.

Для сфери технічного обслуговування практичний інтерес являють такі характеристики каналу передавання даних, як коефіцієнт помилки та коефіцієнт групування помилок. Відомо, що до цих каналів пред'являють вельми жорсткі вимоги щодо безпомилковості передавання даних: $Р_{пом.} = 10^{-5}...10^{-6}$ мінімум, тоді як об'єктивно в каналі тональної частоти ймовірність виникнення помилки перебуває в межах $10^{-2}...10^{-3}$. Забезпечується необхідний рівень безпомилковості за рахунок використання надлишкових кодів з різною ефективністю, таких як:

- ✓ коди, які лише відшукують помилки, тобто коди з невеликою надлишковістю (малою кодовою відстанню);
- ✓ коди, які не тільки знаходять, а й виправляють помилки, тобто коди з великою надлишковістю (великою кодовою відстанню).

Використання цих кодів знижує швидкість передавання даних, і тим більше, чим більша їхня надлишковість. Ефективність використання цих кодів також залежить від характеру групування помилок: для віднайдення та виправляння поодиноких помилок потрібні коди з меншою надлишковістю, аніж для помилок, що групуються. Проте використання в системах передавання даних зворотного зв'язку (системи з ВЗЗ) дозволяє змінювати цю залежність. За рахунок повторного передавання уражених помилками блоків даних стало можливим використання кодів з малою надлишковістю

(лише тих, що відшукують помилки) в умовах потужного групування помилок. Але і в таких системах можливі парадокси. Оскільки процеси виникнення помилок в каналі ПД є випадкові, та до того ж ще й нестаціонарні, то закон розподілення помилок може змінюватися в часі. Якщо коефіцієнт групування помилок зменшується, що призводить до скорочення безпомилкових інтервалів, то швидкість передавання даних також зменшується.

Врешті, якщо потік помилок, які групуються, вироджується в потік поодиноких помилок, то в цьому разі ушкоджуються всі блоки даних і швидкість передавання даних стає нульовою. З точки зору технічного персоналу цеху телекомунікаційних мереж канал тональної частоти є справний, оскільки параметри й частотні характеристики його не змінюються. Лише спеціальні служби ПД можуть встановити вузол в тракті ПД, який призводить до зупинки каналу зв’язку.

Дослідження розподілення помилок в каналі ПД можна, приміром, виконувати за алгоритмом, який наведено на рис. 7.4.

# 8 ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОЗВ’ЯЗКУ

## 8.1 Поняття про експертну систему

При експлуатуванні сучасних телекомунікаційних мереж та систем зв'язку, головними елементами (вузлами) яких є ЕОМ, у допомогу технічному персоналові розроблено й широко застосовуються експертні системи, котрі фактично відіграють роль помічників експлуатаційного персоналу.

У широкому розумінні *експертна система* (ЕС) – це програмний засіб, який використовує експертні знання для забезпечення високоефективного розв’язання неформалізованих завдань у вузькій предметній області. Ядро ЕС становить *база знань* (БЗ) про предметну область, накопичуваних в процесі побудови й експлуатування ЕС.

У нашому разі такими предметними областями є сучасні телекомунікаційні мережі й системи зв'язку, котрі являють собою розподілені динамічні структури. Експертні системи для них – це комп'ютерні програми, створювані для здійснювання тих видів діяльності, що вони є під силу людині-експертові. Ці системи працюють в такий спосіб, що імітують дії людини-експерта (інженера, котрий обслуговує систему зв'язку, чи адміністратора мережі). Експертна система називається системою, а не просто програмою, тому що вона містить базу знань, яка є підґрунтям для розв'язування проблем і є *компонентом підтримки* мереж та систем документального електрозв’язку.

Для експертної системи основною і важливою властивістю є накопичення й організація знань (рис. 8.1).

| База знань<br>(накопичування та організація знань) |
|---|

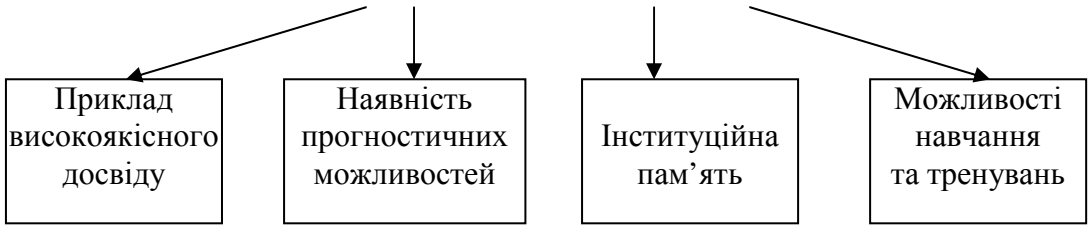



Рисунок 8.1 – Організація бази знань

Знання про предметну область є доступні, явні й визначають такі її основні властивості, як:

- застосування *високоякісного досвіду* для розв’язання проблем, виникаючих у системах зв'язку й телекомунікаційних мережах, і який відбиває рівень мислення висококваліфікованих експертів у даній сфері, що призводить до ухвалення творчих рішень, точних й ефективних;
- наявність *прогнозних можливостей,* за яких ЕС не тільки надає інформацію щодо конкретної ситуації, яка виникла в мережі чи системі зв'язку, але й зазначає, як змінювалася ця інформація за виникнення нових ситуацій, з можливістю докладного пояснення, в який спосіб нова ситуація призвела до змінювання;
- забезпечення *інституційної пам'яті,* за рахунок бази знань, котра входить до ЕС, яку розроблено шляхом взаємодії з висококваліфікованими фахівцями підприємства й яка відбиває поточну політику цієї групи людей. Ці знання стають зібранням кваліфікованих думок та повсякчас оновлюваним довідником найоптимальніших стратегій та методів, використовуваних персоналом за технічного експлуатування обладнання систем та мереж зв'язку;
- можливість використання ЕС для *навчання її тренування* працівників, забезпечуючи нових службовців досвідом висококваліфікованих експертів й знанням стратегій, за якими можна вивчати рекомендовану політику галузі, методи технічного експлуатування обладнання й вимірювання його параметрів.

## 8.2 Особливості побудови експертних систем

Основою будь-якої ЕС є сукупність знань, структурованих з метою ухвалення рішень. Термін *знання* означає інформацію, необхідну програмі, щоби вона поводилася "інтелектуально". Ця інформація набирає форми *фактів* та *правил*. Факти та правила не завжди є вірогідні чи помилкові. Іноді існує деяка міра непевності стосовно вірогідності факту чи точності правила. Якщо сумнів виражений явно, то він називається *коефіцієнтом довіри*.

Коефіцієнт довіри – це число, котре визначає ймовірність чи міру упевненості, за якими можна вважати, що даний факт чи правило є вірогідні чи справедливі.

Знання в ЕС зорганізовуються в такий спосіб, щоби знання про предметну область були відокремлені від решти типів знань про систему зв'язку чи телекомунікаційні мережі. Виокремлені знання про предметну область називаються *базою знань*, тоді як загальні знання щодо знаходження розв’язання завдань називаються *механізмом виведення*.

Програмні засоби, які працюють зі знаннями, називаються системами, що ґрунтуються на знаннях. База знань містить факти (дані) і правила (інші методи представлення знань), й використовує ці факти як підґрунтя щодо ухвалювання рішень. В цьому разі в механізмі виведення розміщено: інтерпретатор й диспетчер. Такі ЕС дістали назву статичних ЕС й мають структуру, подану на рис. 8.2.

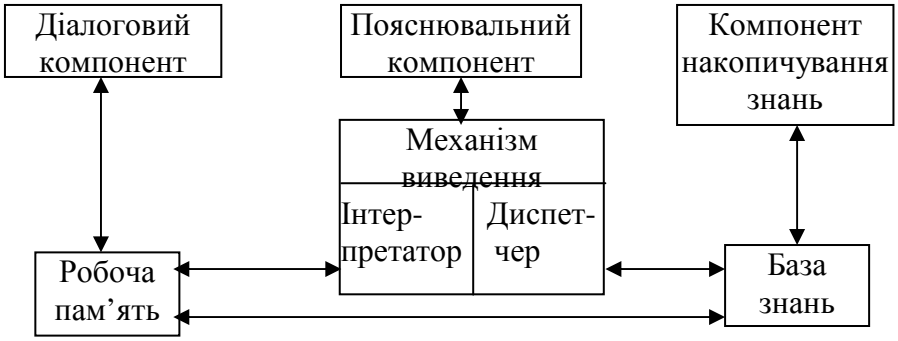



Рисунок 8.2 – Структура статичної експертної системи

Однак існує більш високий клас програмних додатків, де потрібно враховувати динаміку змінювання навколишнього середовища впродовж часу розв’язання завдання. Такі експертні системи дістали назву динамічних ЕС. Їхню узагальнену структуру подано на рис. 8.3.

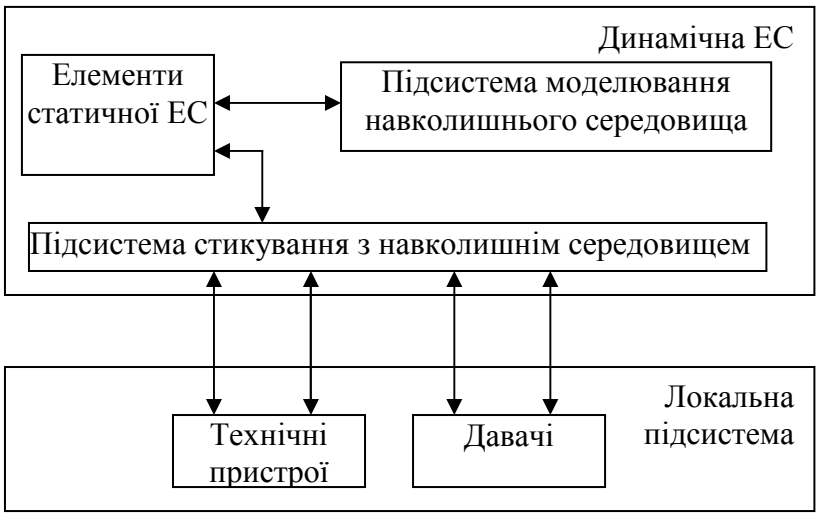



Рисунок 8.3 – Структура динамічної експертної системи

Динамічні ЕС здійснюють зв'язок з навколишнім середовищем через систему контролерів та давачів. Окрім того, компоненти БЗ та механізми виведення істотно змінюються, для того щоб відбити тимчасову логіку

подій, які відбуваються в реальному часі. Для телекомунікаційних мереж та систем зв'язку, як правило, розробляють динамічні експертні системи, оскільки вони працюють у реальному масштабі часу. Вони призначені для моніторингу, діагностування, оптимізування, планування та керування динамічними процесами.

Створення експертної системи для будь-якої предметної області є складна й надто велика за обсягом робота. В ній беруть участь експерти, *інженери знань*, програмісти, засоби побудови ЕС та користувачі. Їхні основні ролі та взаємини учасників побудови й експлуатування експертних систем наведено на рис.8.4.

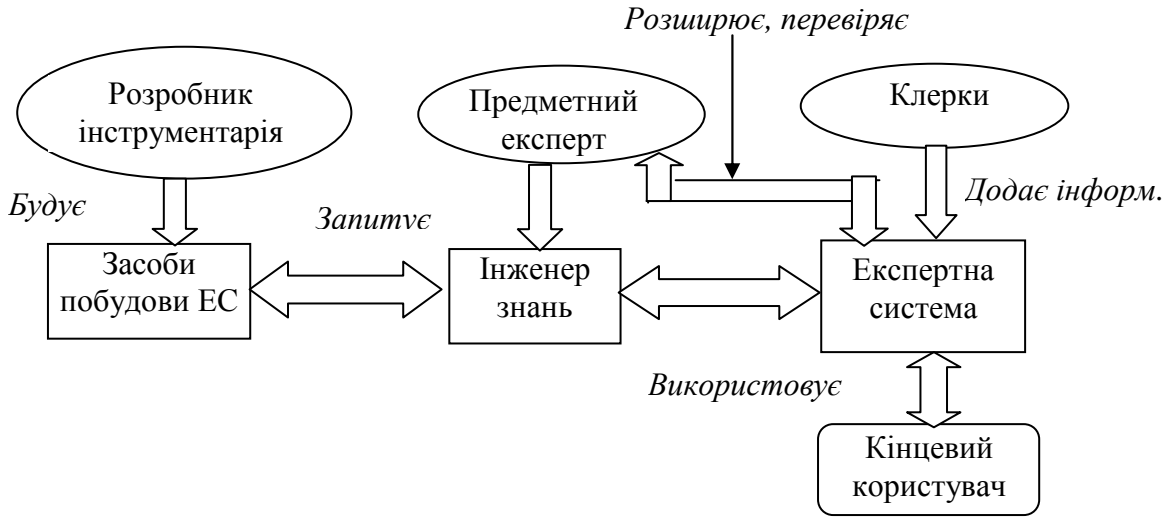



Рисунок 8.4 – Ролі та взаємини учасників побудови й експлуатування ЕС

Окрім експертної системи – програмного засобу, котрий використовує знання експертів для високоефективного розв’язування завдань в цікавлячій користувача предметній області, в цьому ще бере участь: *предметний експерт*. Це є людина, котра користується репутацією спеціаліста, який вміє відшукувати правильні розв’язки проблем у конкретній предметній області, котра здатна чітко висловлювати власні думки. Експерт використовує власні знання та прийоми, щоби зробити пошук розв’язків більш ефективним, а експертна система моделює всі його стратегії.

## 8.3 Сучасні експертні системи для телекомунікаційних мереж та систем документального електрозв’язку

Сучасні телекомунікаційні мережі та системи документального електрозв’язку є складними динамічними, розподіленими в просторі структурами. Більш того, мережа змінюється в часі через нестаціонарність характеристик та параметрів, підмикання нових терміналів, вихід з ладу каналів зв'язку та робочих станцій. Головна проблема щодо керування й експлуатування таких мереж полягає у великій кількості інформаційних параметрів й широкому спектрі функцій керування та впливів на мережу.

Сучасна мережа потребує від адміністратора розв’язання великої кількості завдань у масштабі реального часу. Експертна система частково розвантажує адміністратора мережі й тим самим звільнює його для розв’язання завдань, які потребують втручання людини. Вона також має слугувати за практичний посібник з навчання й практичного тренування адміністраторів мереж. Тренажер здатний імітувати збій у мережі, з’ясовувати перебіг пошуку несправності, логіку ухвалення рішення й контролювати рівень знань того, кого навчають. Така система має працювати з великою швидкістю й мати величезний обсяг пам'яті. Вона має бути здатна полегшити керування великою мережею телекомунікацій і підказувати можливий варіант розв’язання за виникнення збою в роботі мережі й слугувати за своєрідний “механічний” помічник, “розумну енциклопедію” мережного адміністратора.

Сучасну експертну систему керування телекомунікаційними мережами схарактеризовують:

- потужні розміри;
- складність;
- розвинені функціональні можливості;
- захищеність інформації;
- розташування на великій території;
- висока надійність та точність;
- висока чутливість до припущених помилок.

Міжнародною організацією зі стандартизації встановлено п'ять категорій керування, беззастережних для виконання в мережах зв'язку:

- керування обліком;
- керування конфігуруванням;
- опрацьовування несправностей;
- керування продуктивністю;
- керування захистом.

Розглянемо засади побудови експертної системи з виявлення й опрацювання несправностей у телекомунікаційній мережі.

Дану систему призначено для збирання, аналізування технічної й системної інформації про як стан обладнання мережі, так і власне мережі на поточний момент, і надавання системному адміністраторові підказок стосовно можливих причин і місць несправностей. Експертна система дозволяє адміністраторові мережі мати гнучкого й доволі потужного “механічного помічника”, котрий спрощує і підвищує ефективність експлуатації мережі. Експертну систему виявлення несправностей (ЕСВН) може бути створено на підставі вже існуючих програмних продуктів, таких як програми тестування каналів, трактів передавання даних, комп'ютерів. Така система значно полегшує керування мережею, локалізування й усунення виникаючих несправностей.

## 8.4 Експертна система виявлення несправностей. Опис і загальні засади побудови

Експертна система виявлення несправностей, як правило, є додатком до системи штучного інтелекту і призначена для збирання й опрацьовування технічної та службової інформації щодо виникаючих в обладнанні й мережі несправностей.

У підґрунтя роботи ЕСВН закладено поділ телекомунікаційної мережі на підсистеми трьох основних типів:

- вузли;
- блоки вузлів;
- канали.

Під *вузлами* телекомунікаційної мережі розуміють робочі станції цієї мережі (комп'ютери, термінали, телетайпи тощо). При пошуку несправностей кожний вузол розглядається як система, котра складається з окремих *блоків* (мережної карти, клавіатури й ін.). Поділ вузла на блоки й кількість блоків залежать від особливостей мережі, в якій експлуатується ЕСВН. Під *каналами* розуміють канали зв'язку, котрі з'єднують вузли телекомунікаційної мережі.

### 8.4.1 Структура експертної системи виявлення несправностей

Експертна система виявлення несправностей в мережах телекомунікацій (експертна система контролю мережі з інтелектуальним інтерфейсом) будується за модульним принципом. У її підґрунті лежать два великих модулі – модуль блока ухвалення рішень (БУР) та модуль системно орієнтованого інтерфейсу (СОІ). На рис. 8.5 подано взаємодію обох модулів із системним адміністратором та мережею телекомунікацій.

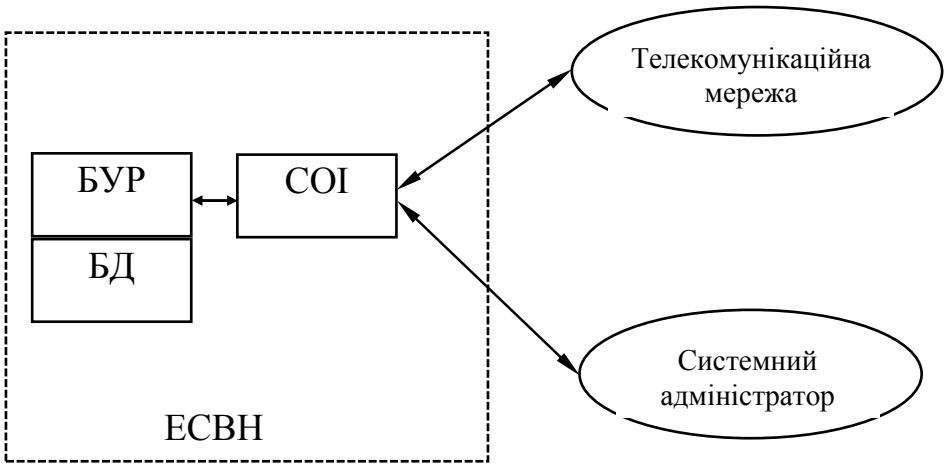



Рисунок 8.5 – Структура експертної системи виявлення несправностей

Модуль блока ухвалення рішень призначено для аналізу інформації, яканадходить із СОІ, щодо стану мережі й побудовано на підставі експертної системи, адаптованої до роботи в мережі телекомунікацій. Для аналізування мережі він використовує математичну модель мережі, яка зберігається в кількох незалежних базах даних.

Модуль СОІ залежить від конкретної конфігурації мережі, в якій експлуатується ЕСВП, і складається зі змінюваного набору стандартних функцій для збирання інформації про стан мережі, виконання тестування об'єктів (блоків, вузлів, каналів) мережі, вимірювання параметрів мережі й діалогу з системним адміністратором.

У перебігу ініціалізування ЕСВП БУР одержує відомості про поточну конфігурацію мережі, в якій він має працювати. Разом з технічними характеристиками вузлів та каналів даної мережі ці відомості становлять базу даних ЕСВП, віртуальну модель даної телекомунікаційної мережі.

*Логіка* віртуальної моделі експертної системи виявлення несправностей визначає рівень інтелектуальності системи. Від вимірювальних систем вузлів, блоків та каналів мережі за допомогою СОІ до експертної системи надходять сигнали про відхилення параметрів об'єктів від норми. Логіка визначає час і місце, з якого надійшли сигнали, поєднує їх у *сценарій* і порівнює зі сценарієм банку даних. Для порівняння використовується принцип *нечіткої логіки.* При виявленні в банку даних придатного сценарію логіка визначає ситуацію, яку покладено в основу, і надсилає повідомлення операторові. Повідомлення містить усі дані про досліджуваний об'єкт мережі на даний момент.

Якщо в банку даних потрібний сценарій відсутній, до оператора надходить запит: чи може логіка ЕСВН самостійно оцінити ситуацію, тобто створити новий сценарій. Якщо відповідь є позитивна, то ця оцінка зберігається в банку даних. При повторенні аналогічної ситуації з системи буде отримано кваліфіковану відповідь. Отже, відбувається невпинне навчання експертної системи.

Можна пояснити роботу експертної системи ще в такий спосіб: у момент виникнення несправності в мережі БУР за допомогою СОІ здійснює серію запитів початкового списку *змінних* і, використовуючи бази даних, робить припущення щодо *результату – гіпотези*. Гіпотеза будується на підставі інформації, яка, з одного боку, зберігається в базах даних, а з іншого, – одержана безпосередньо з мережі. Якщо змінних, одержаних БУР, є недостатньо для побудови гіпотези, БУР визначає перелік відсутніх змінних і за допомогою СОІ знову здійснює серію запитів на їхнє одержання. Така схема роботи називається паралельно-послідовною, оскільки вона оптимально поєднує переваги паралельної (коли відразу запитується повний список змінних) і послідовної (коли змінні запитуються поодинці) моделей запитів змінних.

Коли БУР одержує достатню кількість змінних, підтверджуючих правильність визначення гіпотези, він визначає результат і через СОІ повідомляє про нього користувача. Після цього БУР змодифіковує бази даних з урахуванням виниклої несправності. За будь-яких змін конфігурації мережі відомості про це також заносяться до бази даних ЕСВН. Модифікування баз даних відіграє важливу роль у роботі системи, завдячуючи йому у базах даних накопичується інформація про особливості

конкретної телекомунікаційної мережі. ЕСВН накопичує відомості про вразливі місця мережі й надалі враховує їх при пошуку несправностей.

### 8.4.2 Внутрішня структура й засади будови блока ухвалення рішень

Модуль блока ухвалення рішень призначено для керування збиранням, опрацьовуванням та аналізом технічної інформації щодо стану мережі та формування рекомендацій стосовно пошуку виникаючих несправностей для мережного адміністратора.

БУР своєю чергою складається з кількох компонентів (рис. 8.6). До складу БУР входять такі блоки:

- база даних вузлів телекомунікаційної обслуговуваної мережі;
- база даних каналів телекомунікаційної обслуговуваної мережі;
- адаптивна база знань;
- процесор.

Процесор БУР – це програма, котра опікується координуванням роботи внутрішніх блоків БУР і здійснює обмін інформацією із СОІ.

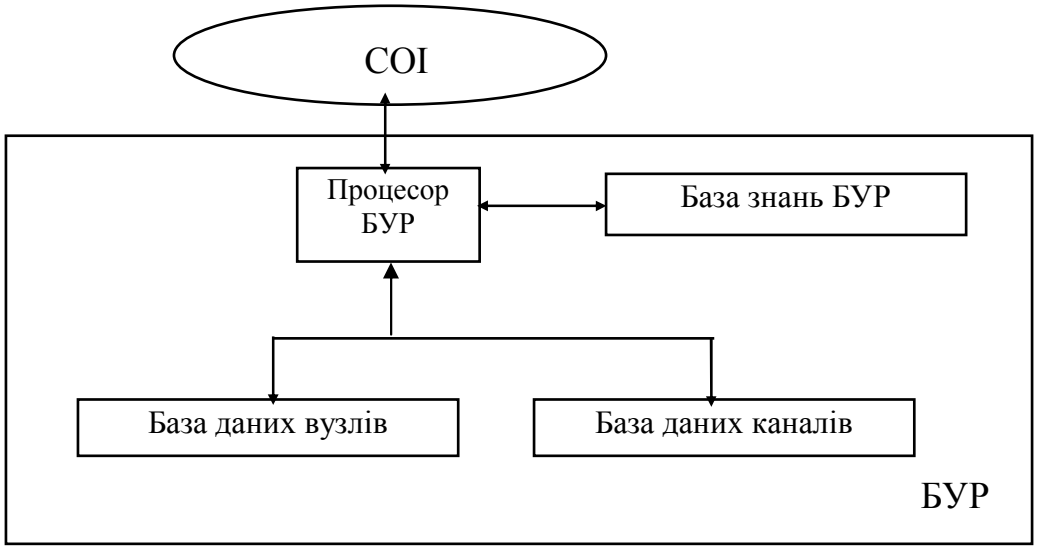
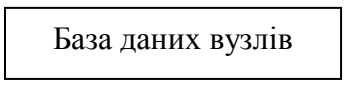



Рисунок 8.6 – Модуль блока ухвалення рішень

*База даних вузлів* мережі зберігає інформацію про всі вузли, що їх має мережа (рис. 8.7). Ця інформація використовується при пошуку несправного вузла і несправного блока всередині його.

Дані про вузли мережі поділяють на дві основні категорії:

- оперативна інформація про стан кожного з вузлів, які складають мережу на поточний момент (віртуальна модель вузлів);
- опис типів вузлів – інформація про характеристики кожного з типів вузлів, використовуваних в мережі;



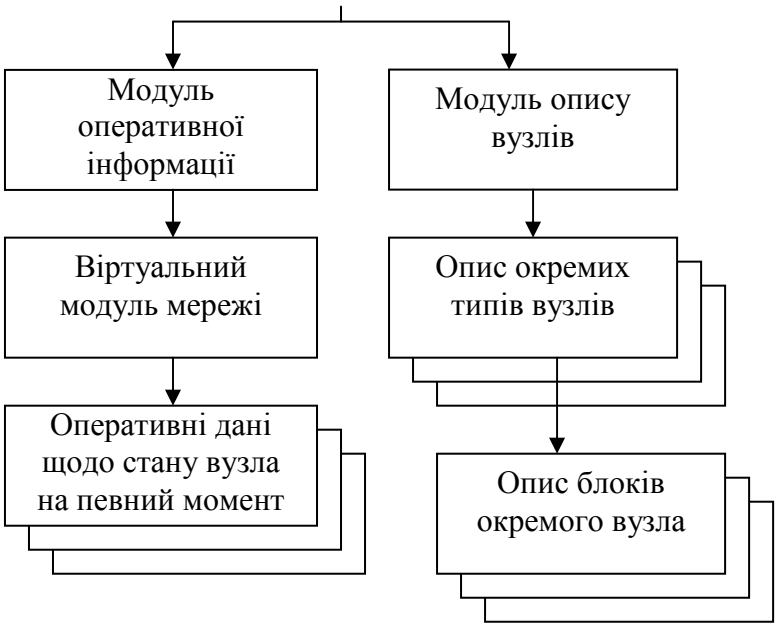



Рисунок 8.7 – База даних вузлів мережі

Своєю чергою, для кожного з вузлів мережі у пам'яті зберігаються дані про його складові блоки та їхній поточний стан. Інформація про блоки вузла також поділяється на оперативну й інформацію про характеристики типів модулів.

*Модуль оперативної інформації* щодо вузлів телекомунікаційної мережі містить інформацію про кожний вузол, який задіяно в телекомунікаційній мережі. Ця інформація відбиває поточний технічний стан вузла на даний момент.

До складу оперативної інформації про вузол мережі обов'язково входять:

- тип вузла (у даних про тип вузла є посилання на модуль описів, у якому наводяться відомості про технічні характеристики вузла);
- поточний склад блоків усередині вузла (ці дані є необхідні, оскільки навіть вузли одного типу можуть мати різні набори складових, приміром підімкнений принтер);
- надійність вузла (даний параметр визначається за допомогою модуля знань та процесора БУР на підставі несправностей, які вже виникли в цьому вузлі, тобто надійність схарактеризовує ймовірність виходу вузла з ладу);
- надійність блоків, які складають вузол (цей параметр є аналогічний до надійності вузла й визначається виходячи з того, які саме блоки в минулому були причиною виходу вузла з ладу і як часто це відбувалося);
- [illegible] характеристики вузла.

Вміст оперативного блока повинен змодифіковуватися доволі часто, оскільки він відбиває реальний стан вузлів мережі. Найпоширенішими причинами змінювання бази даних є:

- будь-яка виникла несправність мережі (оскільки при цьому змінюється надійність вузлів та складових їхніх блоків);
- реконфігурування вузла мережі (змінювання у складових частинах вузлів та змінювання блоків);
- реконфігурування мережі (змінювання в якісному й кількісному складі вузлів мережі, приміром підмикання нових вузлів до мережі).

Оперативний модуль використовується БУР як віртуальна модель вузлів мережі при пошуку несправного вузла. Це є своєрідна "карта" вузлів мережі.

*Модуль описів вузлів телекомунікаційної мережі.* У цьому блоці містяться технічні характеристики типів вузлів, використовуваних в мережі. Це є довідник, до якого БУР звертається кожного разу, коли випадає працювати з вузлом певного типу.

Переважно модуль описів містить посилання на функції модуля СОІ, призначені для роботи з вузлом певного типу (приміром посилання на функції тестування вузла), і стандартні технічні характеристики вузла певного типу.

*Модуль описів бази даних вузлів* телекомунікаційної мережі побудовано у вигляді окремих, незалежних один від одного модулів, кожен з яких містить інформацію про один з типів вузлів, використовуваних в мережі. Така структура забезпечує легкість змодифіковування модуля описів при реконфігуруванні мережі й комплектування модулів описів, призначених для мереж з різнорідним складом вузлів.

Змодифіковування модуля описів відбувається значно рідше, аніж оперативного модуля. Воно виконується при початковому інсталюванні мережі та при її реконфігуруванні (лише в тих випадках, коли до мережі додаються модулі нового типу).

*Модуль описів блоків вузла* побудовано аналогічно до модуля описів вузлів, тобто він містить відомості про всі типи блоків, з яких комплектуються вузли мережі. Ці відомості складаються зі стандартних технічних характеристик блока певного типу й неодмінної вказівки на функції модуля СОІ, які використовуються для роботи з блоками вузлів. Цей модуль також має модульнонезалежну структуру, що полегшує його використання при інсталюванні ЕСВН у мережі та при реконфігуруванні мережі (у тому разі, коли з'являються нові типи блоків)**.**

*База даних каналів мережі* (рис. 8.8) за будовою й використанням в основному є аналогічна до бази даних вузлів мережі. Тобто інформація, яка зберігається в цій базі даних, так само поділяється на дві категорії:

- оперативна частина бази даних, яка містить інформацію про поточний стан каналів мережі й про те, канали якого типу з'єднують конкретні вузли мережі;
- опис типів каналів, який містить інформацію про технічні характеристики каналів, використовуваних у певній телекомунікаційній мережі і посилання на функції модуля СОІ, який використовується для роботи з каналами телекомунікаційної мережі.

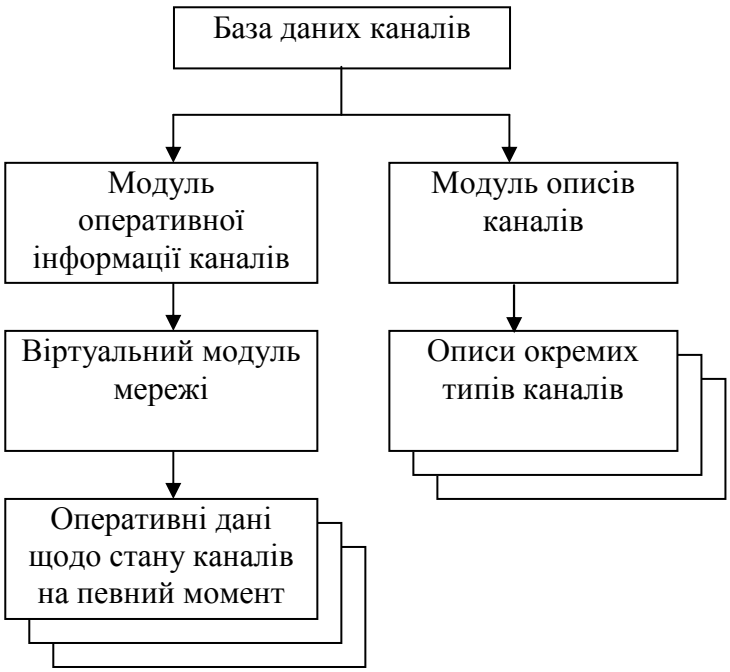



Рисунок 8.8 – База даних каналів мережі

*Модуль оперативної інформації щодо каналів* телекомунікаційної мережі. Призначення цього модуля переважно збігається з призначенням модуля оперативної інформації щодо вузлів телекомунікаційної мережі.

Модуль оперативної інформації щодо каналів мережі містить інформацію про поточний стан кожного з каналів мережі. До складу модуля неодмінно входять:

- загальна матриця графа мережі із зазначенням типів каналів, використовуваних для поєднання конкретних вузлів мережі;
- модуль оперативної пам'яті для кожного із задіяних у мережі каналів зв'язку, в якому неодмінно зберігаються дані, котрі включають тип використовуваного каналу (в тому числі посилання на модуль описів каналів телекомунікацій);
- інформація щодо надійності каналу (цей параметр є аналогічний до надійності блоків і визначається за допомогою модуля знань та процесора БУР виходячи з несправностей, які вже виникли в цьому каналі);
- інші технічні характеристики каналу.

Вміст модуля оперативної інформації каналів, так само як і вміст модуля оперативної інформації вузлів, часто змодифіковується, оскільки цей модуль пам'яті слугує за віртуальну модель каналів мережі, використовувану БУР при пошуку несправного каналу.

Модифікування модуля оперативної інформації бази даних каналів телекомунікаційної мережі відбувається в двох основних випадках:

- за виходу з ладу будь-якого з каналів телекомунікаційної мережі (змінюються надійність та інші технічні характеристики каналу);
- за реконфігурування мережі (змінюється якісний та кількісний склад каналів, використовуваних у мережі).

*Модуль описів каналів* телекомунікаційної мережі**.** Модуль описів бази даних каналів телекомунікаційної мережі містить основні технічні посилання на функції СОІ для роботи з каналом та його технічні характеристики. Цей модуль має модульнонезалежну структуру, що полегшує його створювання при інсталюванні в мережі ЕСВН і модифікування при реконфігуруванні мережі (в тому разі, коли створюються нові типи каналів).

*Модуль бази знань* блока ухвалення рішень. Можливі такі варіанти побудови і модифікування бази знань БУР на підставі:

- породжуваних правил;
- семантичних мереж;
- асоціативних мереж;
- фреймів;
- нейронних мереж;
- зкомбінованого підходу.

Знання про об’єкт в експертній системі, за звичай, відбиваються за допомогою певної спеціальної мови і зберігаються окремо від програмних кодів, які формують висновки та міркування саме цей компонент програми і має назву *база знань*.

Існує велика кількість різних стратегій та способів представлення знань про предметну область, які можна застосовувати при розв’язуванні однієї й тієї самої проблеми, тобто при розробленні експертної системи. Американські вчені Ньюелл та Саймон запропонували схему представлення знань, відому як набір *породжуваних правил*. Сутність цієї методики полягає в тому, що набір породжуваних правил – це формалізм, який до експертних систем використовувався в теорії автоматів та при розробленні мов програмування. В літературі про ЕС ці правила інколи називають правилами “умова-дія” чи “ситуація-дія”. Це пов’язано з тим, що такі правила використовуються для представлення емпіричних асоціативних зв’язків поміж даними, що їх пред’явлено системі, та діями, які система повинна виконати у відповідь. Інколи для розв’язку проблеми великий інтерес становить не відповідь на запитання “що робити, якщо...?”, а властивості та взаємини поміж складними об’єктами в предметній області. Представлення знань про об’єкти, події та їхній взаємозв’язок за допомогою формальних правил не завжди є зручне. Тому побудова бази знань з використанням *семантичних мереж* являє собою формалізовану структуру, яка придатна для

представлення інформації загального вигляду в конкретній предметній області, де вузли мережі відбивають певні поняття (*концепти*) про об'єкт, а зв'язки поміж вузлами – відношення поміж поняттями.

Оскільки знання про об'єкт часто потребують мисленого узагальнення, символьного представлення, тобто узагальненого абстрактного знання для розуміння процесів, які виникають в об'єкті (обладнанні систем та мереж зв'язку), то при побудові бази знань можуть використовуватися *асоціативні мережі*, в яких враховуються ці узагальнені символьні представлення знань.

Більш простим механізмом є представлення знань *системою фреймів*. Цей механізм виник внаслідок спроби поєднати декларативні знання про об'єкти, дії, їхні властивості, процедурні знання, методи вилучання інформації та досягнення мети. Тобто фрейм – це структура даних для представлення стереотипних ситуацій. Кожний фрейм має спеціальний слот, заповнений значенням сутності, яку він представляє. Решта слотів заповненні значеннями окремих атрибутів, які асоціюються з об'єктом.

Всі наведені вище способи представлення знань можуть призвести до того, що експертна система, стикнувшись із ситуацією, непередбаченою її розробником, видаватиме повідомлення щодо помилки або неправильні результати аналізування. Окрім того, ЕС, які мають такі типи баз знань, не можуть самонавчатися. Тому з метою подолання цих недоліків використовують для представлення бази знань у ЕС так звані *нейронні мережі*, котрі являють собою безліч взаємопов'язаних комірок (нейронів) пам'яті, в яких зберігаються малі елементи знань (менші за байт).

Експертна система може мати не одну форму представлення знань. Інформація, специфічна для предметної області, приміром такої як система ПД, може зберігатися у різних формах: у вигляді породжуваних правил таблиць параметрів системи. Такі ЕС можна вважати вже за гібридні, оскільки в них поєднано різні способи представлення знань, а потім ці знання використовуються з різною метою:– для розв'язування проблем чи для формування пояснень.

### 8.4.3 Системноорієнтований інтерфейс

Системноорієнтований інтерфейс призначено для здійснення обміну інформацією поміж модулем БУР та телекомунікаційною мережею й системним адміністратором. Основне призначення СОІ полягає в адаптуванні ЕСВН до телекомунікаційних мереж різних типів. Модуль СОІ будується у вигляді окремих програмно незалежних компонентів. Кожний з них призначено для виконання певної функції: з контролю телекомунікаційної мережі та діалогу з системним адміністратором, із заданими БУР параметрами. Приміром, тестування справності каналу із заданим номером чи виведення на термінал системного адміністратора повідомлення про несправність конкретного вузла.

Побудова СОІ у вигляді окремих, незалежних компонентів забезпечує легкість адаптування СОІ (а отже й ЕСВН) до більшості телекомунікаційних мереж і простоту модифікування ЕСВН за якісного змінювання в структурі мережі та її програмному й апаратному забезпеченні.

Телекомунікаційні мережі різного типу припускають використання СОІ різних типів. Увесь СОІ цілковито чи його окремі компоненти може бути створено програмістом, котрий володіє мовою програмування певної мережі. Створення компонентів СОІ на місці, “у польових умовах”, не має становити особливих труднощів, тому що функції, які зреалізовує СОІ, являють собою набір формалізованих простих програм з чітким описом вимог, що не потребує великих витрат на їхнє створювання (приміром тестування вузла з метою перевірки його справності). Також не є виключено використання окремих однакових компонентів для СО, обслуговуючих мереж різних типів, що дозволяє застосовувати вже готові програми для долучення їх до складу СОІ.

### 8.4.4 Деякі варіанти зреалізовування СОІ в різних телекомунікаційних мережах

Набір компонентів СОІ та їхня структура значною мірою залежать від архітектури телекомунікаційної мережі та особливостей її службової сигналізації. Залежно від системи службової сигналізації мережі, можливі два варіанти зреалізовування СОІ: компактний, з централізованим розміщенням на терміналі системного адміністратора, й розподілений, із застосуванням модулів розподіленого контролю.

*Зреалізовування СОІ в телекомунікаційних мережах з розвинуною мережею службової сигналізації.* Сучасні системи службової сигналізації мережі, як правило, мають достатній набір засобів контролю, необхідних ЕСВН для пошуку несправностей у телекомунікаційній мережі. Одним з найбільш вдалих прикладів такої системи є сигналізація з використанням загального каналу сигналізації № 7 (ЗКС № 7), який надає широкі можливості щодо контролю і збирання інформації про телекомунікаційну мережу.

При експлуатації ЕСВН в такій мережі СОІ зреалізовується у вигляді компактного модуля, розміщеного на терміналі системного адміністратора. У цьому разі СОІ взаємодіє з мережею безпосередньо, через систему службової мережної сигналізації.

*Зреалізовування СОІ в телекомунікаційних мережах з неповною мережною сигналізацією.* Якщо службова сигналізація мережі є недостатньо повна для експлуатації ЕСВН, то рекомендується вдаватися до зреалізовування СОІ в розподіленому варіанті.

У цьому разі СОІ повинен максимально використовувати наявні засоби з контролю мережі, але, окрім цього, він повинен зреалізовувати відсутні функції контролю телекомунікаційної мережі самостійно, використовуючи резервні ресурси мережі. Окрім центрального модуля СОІ, у розподіленому варіанті існують так звані модулі розподіленого контролю (МРК). МРК являють собою програмні модулі, розташовані у вузлах мережі, які

взаємодіють з центральним модулем СОІ через службовий канал зв'язку, якщо він є, й основні канали зв'язку, використовуючи резервні ресурси мережі (приміром, паузи поміж передаванням пакетів у мережі). МРК компенсують відсутні засоби контролю. Наприклад, перевірка справності каналу може здійснюватися шляхом передавання через нього контрольного пакета даних. Методи здійснення таких перевірок і їхнє зреалізовування є надто детерміновані мережею, в якій експлуатується ЕСВН, і не виключають застосовування апаратних засобів контролю поряд з чисто програмними.

Залежно від вимог, запропонованих щодо функціонування ЕСВН у телекомунікаційній мережі, та можливостей власне телекомунікаційної мережі, існує три концепції запуску ЕСВН на функціонування при виникненні несправності:

- тригерна схема;
- схема пасивного спостереження;
- схема глибокого контролю.

*Тригерна схема реагування.* У цьому варіанті ЕСВН під час справної роботи мережі перебуває у стані *пасивного очікування*.

Активне функціонування ЕСВН розпочинається після спрацьовування "тригера" – за надходження сигналу про несправність, яка виникла в телекомунікаційній мережі. Такий "тригер" може бути зреалізовано як програмно, так і апаратно. У найпростішому варіанті спрацьовування "тригера" може ініціюватися самим системним адміністратором. Після надходження цього сигналу розпочинається стандартний пошук помилки.

*Пасивна схема спостереження.* Цей варіант побудови СОІ призначений для телекомунікаційних мереж з невеликою кількістю параметрів системи керування, тобто таких, де спостереження за станом мережі може здійснюватися за допомогою невеликої за обсягом програми.

При використанні пасивної схеми спостереження, до складу СОІ включається спеціальний модуль спостереження, котрий періодично здійснює контроль стану телекомунікаційної мережі й, за необхідності, запускає ЕСВН на пошук ушкоджень у системі. Спостереження за мережею в цьому варіанті виконується за допомогою статичного модуля СОІ.

*Поглиблений контроль стану мережі.* При роботі в даному режимі ЕСВН функціонує в режимі невпинного спостереження за мережею. До складу СОІ так само включається модуль спостереження, але вже з іншим завданням. Через певні інтервали часу (переважно вони визначаються системними ресурсами мережі) модуль спостереження СОІ знімає контрольну "карту" мережі: зчитує інформацію про поточний стан каналів, вузлів, блоків та трафіка мережі. Далі ця карта передається до БУР. У БУР, за допомогою мікропроцесора, "карта" аналізується й порівнюється зі змістом баз даних ЕСВН. На цій підставі робиться висновок щодо справності мережі й прогнозів можливих несправностей.

Цей метод потребує від телекомунікаційної мережі доволі потужних системних ресурсів. Водночас він дозволяє ЕСВН швидко накопичувати якісну інформацію про стан і роботу телекомунікаційної мережі, що сприяє

швидкому навчанню персоналу і, як наслідок, підвищенню швидкості відшукування помилок за допомогою ЕСВН.

*Структура СОІ*. СОІ, як було зазначено вище, складається з набору окремих компонентів, кожний з яких виконує одну з функцій мережного контролю. Ці компоненти може бути поділено на групи за виконуваними функціями, тобто:

- компоненти контролю каналів (призначені для збирання інформації й контролю канального обладнання телекомунікаційних мереж);
- компоненти контролю вузлів (виконують аналогічні функції з контролю вузлів мережі);
- компоненти контролю блоків (призначені для обміну інформацією з системним адміністратором через його робочий термінал);
- модуль спостереження – лише у варіантах з пасивною схемою спостереження та зі схемою глибокого контролю;
- модуль навчання обслуговуючого персоналу – включається до СОІ, якщо ЕСВН передбачається використовувати як навчальну систему.

*Алгоритми функціонування ЕСВН.* Експертна система виявлення несправностей ЕСВН розв’язує такі завдання:

- встановлення та ініціалізування ЕСВН в телекомунікаційній мережі;
- використання ЕСВН для пошуку несправності (розглядається випадок однієї, окремо взятої несправності);
- змодифіковування ЕСВН при реконфігуруванні мережі (без якісного змінювання канального й апаратно-програмного забезпечення);
- змодифіковування ЕСВН при модернізуванні мережі (у зв’язку з впровадженням на мережі канального й апаратно-програмного забезпечення нових типів);
- робота ЕСВН в режимі навчання технічного персоналу.

Дані алгоритми дозволяють подати систему ЕСВН в дії й набути уявлення про взаємодію модулів ЕСВН поміж собою й телекомунікаційною мережею при виконанні тих чи інших практичних завдань. Схему алгоритму встановлення та ініціалізування ЕСВН наведено на рис. 8.9.

Процес встановлення ЕСВН розпочинається з аналізування телекомунікаційної мережі. При аналізуванні з'ясовується таке:

- тип службової сигналізації телекомунікаційної мережі, міру контролю телекомунікаційною мережею, й що цей контроль дозволяє;
- мова, використовувана службовою сигналізацією телекомунікаційної мережі;
- канальне обладнання телекомунікаційної мережі;
- типи вузлів, використовувані на телекомунікаційній мережі;
- блоки, на які можна розбити кожний з вузлів мережі;
- конфігурація і склад обладнання мережі;

можливості взаємодії телекомунікаційної системи та ЕСВН.


Рисунок 8.9 – Схема алгоритму встановлення та ініціалізування ЕСВН

На підставі здобутих даних обираються:

- схема побудови СОІ (централізована чи розподілена);
- схема первинного виявлення пошкоджень (тригерна, пасивного спостереження, глибокого контролю);
- необхідний набір компонентів СОІ.

Далі, на підставі зібраної інформації, складаються програмні компоненти модуля СОІ (частіше просто використовується готовий блок СОІ для однотипної мережі). До СОІ неодмінно включаються такі набори функціональних компонентів:

- компоненти контролю вузлів;
- компоненти контролю блоків;

- компоненти контролю каналів;
- інтерфейс системного адміністратора.

Залежно від завдань, покладених на ЕСВН, до складу ЕСВН можуть включатися такі компоненти:

- модуль спостереження (при роботі ЕСВН в режимі пасивного спостереження чи глибокого контролю);

модуль навчання обслуговуючого персоналу (якщо передбачається використовувати ЕСВН як навчальний посібник).

Залежно від завдань, покладених на ЕСВН, до складу ЕСВН можуть включатися такі компоненти:

- модуль спостереження (при роботі ЕСВН в режимі пасивного спостереження чи глибокого контролю);
- модуль навчання обслуговуючого персоналу (якщо передбачається використовувати ЕСВН як навчальний посібник).

Після утворення СОІ (чи запозичення готового) на підставі зібраної інформації, утворюються бази даних вузлів та каналів. До модулів оперативної інформації бази даних каналів і бази даних вузлів заноситься інформація про поточний стан мережі, причому інформація про надійність тих чи інших складових мережі може бути неточною й неповною. У перебігу роботи сама ЕСВН буде доповнювати, розширювати й уточнювати базу даних. Модулі описів бази даних вузлів і бази даних каналів комплектуються наборами описів типів обладнання, котре застосовується на даній телекомунікаційній мережі, та посиланнями на програмні компоненти СОІ, які обслуговують дане обладнання.

Після цього ЕСВН завантажується до пам'яті термінала системного адміністратора. Якщо СОІ побудовано за розподіленою схемою, то на інші вузли мережі завантажуються модулі розподіленого контролю.

Після перевірки роботи системи на контрольних прикладах ЕСВН запускається на функціонування.

### 8.4.5 Схеми алгоритмів пошуку несправностей

Існує три методи пошуку несправностей при їхньому первинному виявленні. В цьому разі ЕСВН працює відповідно до алгоритму, наведеного на рис. 8.10.

Процес встановлення ЕСВН розпочинається з аналізування телекомунікаційної мережі. При аналізуванні з'ясовується таке:

- тип службової сигналізації телекомунікаційної мережі, міру контролю телекомунікаційною мережею, й що цей контроль дозволяє;
- мова, використовувана службовою сигналізацією телекомунікаційної мережі;
- канальне обладнання телекомунікаційної мережі;
- типи вузлів, використовувані на телекомунікаційній мережі;
- блоки, на які можна розбити кожний з вузлів мережі;
- конфігурація і склад обладнання мережі;

можливості взаємодії телекомунікаційної системи та ЕСВН.

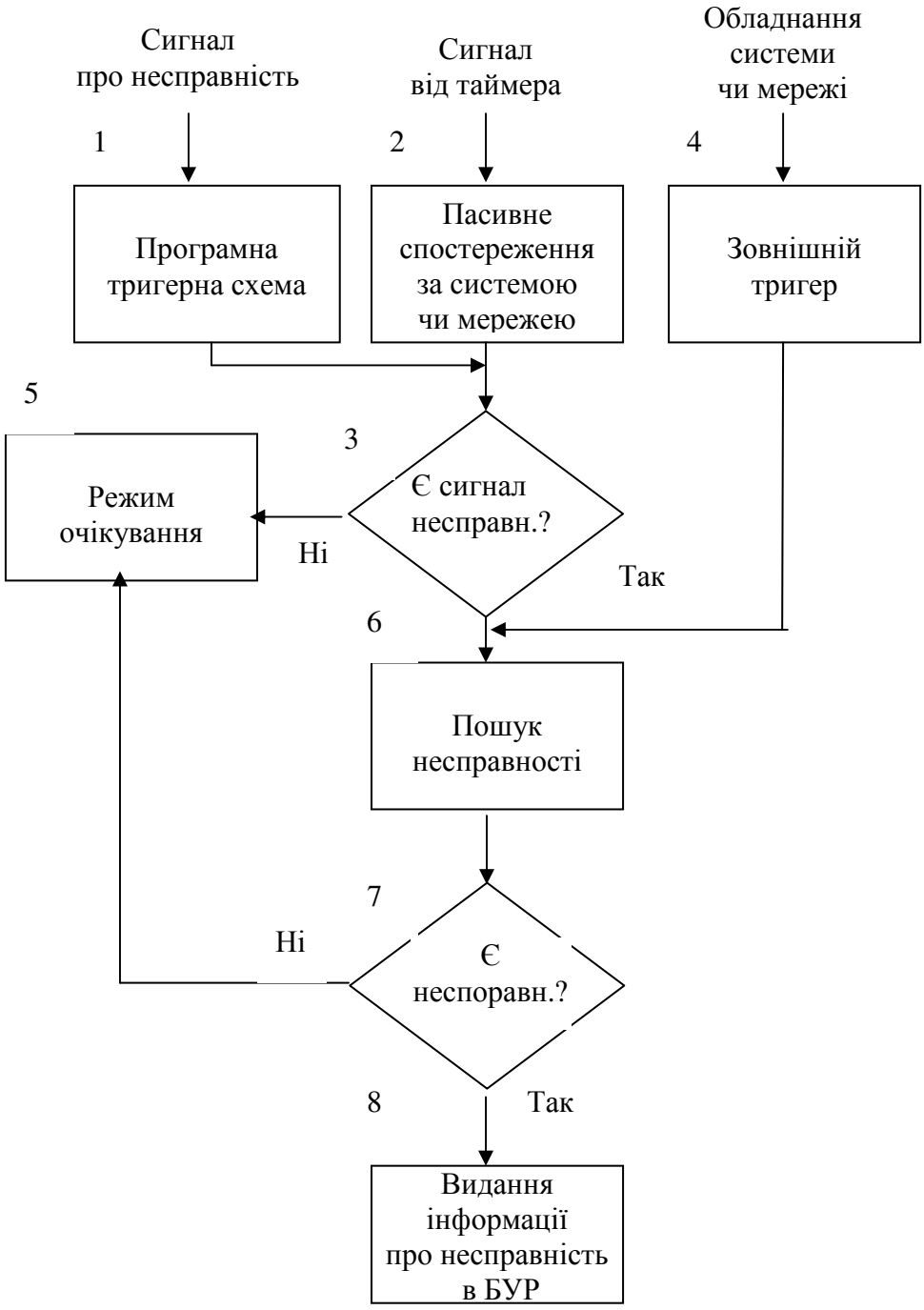



Рисунок 8.10 – Схема алгоритмів пошуку несправностей

*Тригерна схема*. За тригерної схеми ЕСВП через певний час перевіряє спрацьовування тригера (блок 1) і, якщо він спрацював, запускає основну процедуру пошуку несправності (блок 6). До надходження сигналу від тригера ЕСВН перебуває в режимі очікування (блок 5).

*Алгоритм пасивного спостереження*. При роботі в режимі пасивного спостереження модуль пасивного спостереження здійснює початкове тестування мережі (блок 20), далі він перевіряє, чи виникла в телекомунікаційній мережі несправність (блок 3), й, за позитивної відповіді, запускає основну процедуру пошуку несправності (блок 6). Після виконання

процедури пошуку, й так само за негативного результату пошуку, відбувається перехід до наступного блока алгоритму. Потім, якщо схема має можливість запускання процедури пошуку несправності ззовні, перевіряється спрацьовування зовнішнього тригера (блок 4), а після його спрацьовування також запускається основна процедура пошуку несправності (блок 7).

Після цього модуль спостереження переходить до режиму очікування (блок 5) – й після певного відтинку часу (переважно зумовленого можливостями телекомунікаційної мережі) процедура пошуку повторюється.

*Алгоритм глибокого контролю*. При роботі в режимі глибокого контролю модуль спостереження СОІ здійснює читання поточної "карти" стану телекомунікаційної мережі (блок 2). Далі інформація передається до модуля БУР, де відбувається її аналізування й порівняння з інформацією, яка зберігається в базі даних каналів та базі даних вузлів модуля БУР (блок 8).

Якщо БУР дійде висновку про виникнення в мережі несправності (блок 4), то відбувається запускання основної процедури пошуку несправності.

У ЕСВН, яка працює за такою схемою, так само може бути передбачено зовнішній тригер, тому після виконання процедури пошуку несправності за негативного результату, отриманого БУР, відбувається перевірка спрацьовування тригера (блок 5).

Після перевірки тригера цикл повторюється. Поміж окремими циклами перевірок можуть виникати паузи. Переважно, ці паузи зумовлюються системними ресурсами мережі та вимогами до міри й якості контролю мережі.

За звичай в структурі будь-якої експертної системи, й такій, як експертна система виявлення несправностей, можна чітко виокремити базу знань та компонент, який цією базою користується – машину логічного виведення (рис. 8.11).


Рисунок 8.11– Структура експертної системи

Взаємодія поміж ними забезпечується програмою, котру називають *оболонкою* експертної системи. Прикінцевий користувач програмного продукту взаємодіє з ЕС через оболонку, передаючи їй запити. Остання активізує машину логічного виведення, котра звертається до бази знань, вилучає знання, необхідні для відповіді на конкретне запитання й передає

сформовану відповідь користувачу чи як розв’язання проблеми, чи в формі рекомендації або поради.

# Список рекомендованої літератури

1 Арипов М.Н. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений – М. : Радио и связь, 1987.
2 Берганов И.Г., Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи. – М. : Радио и связь, 1989.
3 Шверцман В.О., Зубовский Л.И., Беркман А.Б. Каналы передачи даннях – М. : Радио и связь, 1970.
4 Бразилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982.
5 Байхельт Б., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. – М.: Радио и связь, 1988.
6 Аркадьев И.Д., Зубовский Л.И., Щербаков Б.Ф. Эксплуатация систем передачи данных. – М. : Связь, 1980.
7 Абдуллаев Д.А., Архипов М.Н. Передача дискретных сообщений в задачах и упражнениях. – М. : Радио и связь, 1985.
8 Основні положення оренди цифрової мережі дискретних каналів (ЦМДК). – К. : 1993.
9 Джексон П.. Экспертные системы. – М.: Дом «Вильямс», 2001.

## ЗМІСТ

Навчальне видання

**Захарченко Микола Васильович**
**Кліменко Валентина Андріївна**
**Філатов Георгій Генадійович**
**Кривіленко Віктор Миколайович**

# Системи експлуатації обладнання передавання даних

Навчальний посібник

Редактор І.В. Ращупкіна
Комп’ютерне верстання

Підписано до друку Обсяг: друк .арк. Формат
Тираж Надруковано