ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «**ПОБУДОВА ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ ОПЕРАТОРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Олександр НЕВГАД
(підпис) Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ТСДМ-62
Олександр НЕВГАД
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: к.т.н., доц. Оксана ВАРФОЛОМЕЄВА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Науковий ступень,
вчене звання
Резензент: _____
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Науковий ступень
вчене звання

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Телекомунікацій

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж_____
Ступінь вищої освіти магістр_____
Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка_____
Освітньо-професійна програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТСМ

_____ Віктор ЗАЇКА

«____» _____2025 р.

_

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Невгаду Олександру Юрійовичу

1. Тема роботи: “Побудова центру управління мережами оператора телекомунікацій в умовах надзвичайних ситуацій ”,
керівник роботи Оксана ВАРФОЛОМЕЄВА, к.т.н., доцент
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 30.10.2025 року № 467

2. Строк подання кваліфікаційної роботи:

3.Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
1. Технології створення систем управління телекомунікаційними мережами.
2. Законодавчі та правові акти щодо управління телекомунікаційними мережами України.
3. Стандарти і рекомендації міжнародних організацій з питань управління телекомунікаційними мережами.
4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Про технології створення систем управління телекомунікаційними мережами.

2. Розроблення нормативно - методичних документів, Необхідних для забезпечення функціонування Системи управління телекомунікаційними мережами.
3. Основні принципи функціонування центру управління мережами в умовах надзвичайних ситуацій.
4. Особливості побудови, функціонування й оцінки Ефективності центру управління.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: презентація на ___слайдах.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	03.11.2025	Викон.
2.	Базові технології створення систем управління телекомунікаційними мережами	12.11.2025	Викон.
3.	Розроблення нормативно-методичних документів, необхідних для забезпечення функціонування системи управління телекомунікаційними мережами	18.11.2025	Викон.
4.	Основні принципи функціонування центру управління мережами в умовах надзвичайних ситуацій.	24.11.2025	Викон.
5.	Розрахунок часу затримки транзакції в системі управління із застосуванням апарату теорії масового обслуговування.	08.12.2025	Викон.
6.	Висновки, вступ, реферат	18.12.2025	Викон.
7.	Розробка презентації	22.12.2025	Викон.

Здобувач вищої освіти Олександр НЕВГАД
(підпис) (Ім'я,ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи Оксана ВАРФОЛОМЕЄВА
(підпис) (Ім'я,ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 113 стор., 10 рис., 4 табл., 14 джерел.

Мета роботи – дослідження принципів створення центру управління телекомунікаційними мережами в умовах надзвичайних ситуацій.

Об'єкт дослідження – система управління телекомунікаційними мережами.

Предмет дослідження – телекомунікаційна мережа оператора телекомунікацій в умовах надзвичайних ситуацій.

Короткий зміст роботи: У кваліфікаційній роботі визначено, що телекомунікаційні мережі перебувають зараз у стадії розбудови та оновлення. Проведено аналіз сучасних підходів до створення центру управління, проведено дослідження окремих принципів створення центру управління мережами телекомунікацій, впровадження новітніх технологій в побудову центру управління мережами, вимоги до інформаційного забезпечення центру управління мережами операторів, функції і завдання центру управління оператора телекомунікацій.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ, ПРИНЦИПИ, ОПЕРАТОР ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, ФУНКЦІЇ, ЗАВДАННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ.

ABSTRACT

Text part of the qualification work for the degree of Master: 113 p., 10 fig., 4 tables, 14 sources.

The purpose of the work - is to study the principles of creating a telecommunications network control center in emergency situations.

The object of research the study is the telecommunications network control system.

Subject of research - the study is the telecommunications network of a telecommunications operator in emergency situations.

Summary of the work: The qualification work determines that telecommunications networks are currently in the stage of development and renewal. An analysis of modern approaches to creating a control center was conducted, a study of individual principles for creating a telecommunications network control center was conducted, the introduction of the latest technologies in the construction of a network control center, requirements for information support for the operator's network control center, functions and tasks of the telecommunications operator's control center.

KEYWORDS: TELECOMMUNICATIONS NETWORK, CONTROL SYSTEM, CONTROL CENTER, PRINCIPLES, TELECOMMUNICATIONS OPERATOR, FUNCTIONS, TASKS, CONTROL TECHNOLOGIES.

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП ……... 10

1 БАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ …… 10

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНО - МЕТОДИЧНИХ ДОКУМЕНТІВ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ …… 20

2.1 Аналіз діючих нормативних і технологічних документів оперативно-технічного управління …… 20

2.2 Система нормативних і технологічних документів з питань оперативно-технічного управління …… 23

3 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ ОПЕРАТОРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ …. 37

3.1 Деякі приклади функціонування телекомунікаційної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій …… 37

3.2 Принципи функціонування центрів управління …… 50

3.3 Функції центру управління телекомунікаційними мережами …… 51

3.4 Інформаційна безпека у центрі управління …….. 54

3.5 Принципи створення та функціонування центру управління …… 56

4 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ, ФУНКЦІОНУВАННЯ Й ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ …….. 61

4.1 Особливості побудови центру управління …….. 61

4.2 Вимоги до технічних засобів центру управління ……. 66

4.3 Основні вимоги до ефективності функціонування центру управління …… 73

4.4 Структура центру управління мережами оператора телекомунікацій …… 77

4.5 Основні вимоги до інформаційного і програмного забезпечення 83

5 ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ…… 86
ВИСНОВКИ …… 110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ …… 112
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ…….. 114

ВСТУП

Створення системи управління телекомунікаційною мережею, у тому числі і створення центру управління телекомунікаційною мережею - одна з найбільш складних і актуальних на сьогодні проблем мережної системної інтеграції. Її зараз характеризують дві особливості. З одного боку, зрозуміло, що телекомунікаційною мережею потрібно управляти і без працездатної системи управління нормальне ефективне функціонування телекомунікаційної мережі неможливо. З іншого боку, перше знайомство зі станом справ в галузі технологій управління викликає багато питань, які необхідно вирішувати. По-перше, часом видно недосконаліть наявних рішень, невідповідність обіцянок фірм виробників реальним можливостям розробленого обладнання. Іноді здається, що це не відповідає можливому ефекту використання, саме ж використання і впровадження вимагає глибокої перебудови діючої налагодженої системи експлуатації, нового рівня осмислення мережних технологій, кваліфікованого персоналу тощо.

З цих причин увага до проблеми створення систем управління різко зросло. Публікації і доповіді на цю тему викликають великий інтерес, починаючі з 1998р. На жаль, виробництвом продуктів в сфері мережного управління, як і багатьма іншими мережними технологіями, займаються закордонні фірми, що ретельно ховають ідеологію власних розробок і напрямки перспективного розвитку. Тому інформації для аналізу існуючих технологій вкрай не достачає. Вимагаються великі зусилля і тісне співробітництво багатьох учасників для налагодження аналітичної роботи в цій сфері та в останній час намітилися позитивні зміни з цього питання.

Щоб прояснити деякі найбільш важливі аспекти проблематики створення системи управління, у тому числі створення центру управління телекомунікаційними мережами, доцільно розглянути деякі приклади, світовий досвід, рекомендації міжнародних організацій зі стандартизації питань управління.

1 БАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

За наявною інформацією можна уявити собі лише загальні контури нових, технологій та технологій, що зовсім недавно з'явилися на ринку телекомунікацій. Розглянемо деякі важливі тенденції розвитку технологій в сфері мережного управління.

У 1998 році виповнилося 10 років із публікації ITU (International Telecommunication Union) набору стандартів TMN (Telecommunication Management Network). Існують різні точки зору на цю абстракцію. Одна з них, що реалізує ієрархію спільності завдань управління, відома як піраміда TMN. Відповідно до функціональної ієрархічної структури TMN (Рекомендація M.3010) система управління мережі оператора телекомунікацій повинна виконувати такі завдання на відповідних функціональних рівнях:

- управління бізнесом - перший функціональний рівень;
- управління послугами - другий функціональний рівень;
- управління мережею - третій функціональний рівень;
- управління елементами мережі - четвертий функціональний рівень.

Існуючі технології управління на базі самих «просунутих» платформ не торкаються вищих двох рівнів. Цим, зокрема, викликана відсутність уніфікованої системи розрахунків для операторів телекомунікацій. Така система з'явилася (і не одна), як тільки в межах деякої технології стало можливим рішення проблем другого і частково третього рівнів. Ілюстрацією цьому може послужити схема досягнень Hewlett Packard у технологіях управління на базі TMN на прикладі технології управління елементами телекомунікаційної мережі (OEMF - OpenView Elements Management Frameworks).

Повне рішення функціональності здійснено лише в мережному рівні. Аналогічна ситуація спостерігалася в усіх найбільших виробників телекомунікаційного устаткування.

Багато хто з них, звичайно, декларували рішення проблем рівня управління послугами і навіть рівня управління бізнес-процесами, але в мережі з устаткуванням різних виробників ці декларації поширювалися лише умовно, та й на однорідних мережах. У кожному конкретному випадку завдання створення системи управління вирішувалося з великою часткою специфічних завдань. Операторам телекомунікацій досить часто не під силу фінансувати повномасштабну побудову TMN навіть за умови обладнання одного виробника.

Тут є не тільки фінансові й інженерні проблеми. Відома міжнародна організація, що займається стандартизацією TeleManagement Forum (TM Forum), раніше відома як NetworkManagement Forum опублікувала документи, що стосуються нової технології SMART TMN ("SMART TMN. Technology Integration Map", "Technology Direction Statement"). Причини необхідності використання цієї технології замість TMN визначено проблемами створення систем управління з врахуванням таких технологій, як наприклад CORBA, Java тощо.

TM Forum вніс великий вклад у розробку TMN. Визнається, що використання моделі TMN для рішення завдань управління послугами і бізнес-процесами є ефективним з врахуванням нових підходів, що пропонує система бізнес-процесів. Аналізуючи складність і вартість впровадження, TM Forum визнає наступне. "Модель TMN має простий і дуже загальний зміст, але її конкретна практична реалізація - справа складна. Безліч розроблених у даний час стандартів, що стосуються TMN розроблені ITU-T в основному для рівнів елементного і мережного управління. Вони і розроблялися поступово в напрямку від елементного управління, що робить украй важким їхнє застосування як стандарти для побудови системи управління бізнес-процесами".

Концепція SMART TMN – це великий крок розвитку систем управління. Дослідження показали, що існують три основні причини, що викликали до життя необхідність розробки SMART TMN.

1) Автоматизація повномасштабного управління процесом з моменту його ініціалізації початку до моменту завершення (наприклад, процесом надання послуги);

2) Організація обміну інформацією між підпроцесами для забезпечення прозорості управління;

3) Розроблювальні технології повинні ефективно забезпечувати побудову спеціалізованих систем (систем розрахунку споживачів, систем фінансового і бухгалтерського розрахунку тощо) так, щоб програмні додатки різних виробників легко і надійно (за методом "plug and play") сполучалися в єдиній системі управління. З погляду управління бізнес-процесами ці додатки повинні сприйматися як органічні частини єдиного цілого та їхня робота повинні виглядати "прозорої".

Робота ведеться в чотирьох напрямках:

- опис структури і способів здійснення процесів;
- забезпечення ефективної інтеграції процесів;
- розробка моделей об'єктів, структури даних;
- розробка демонстраційних версій.

Дуже характерним є четвертий напрямок. Адже в його межах фактично надані рекомендації, якими програмними і технічними засобами та яких фірм можна і потрібно користатися для створення систем управління.

Загальна ідеологія концепції SMART TMN уже давно зробила свій вплив на появу в 1998 році нових продуктів найбільш просунутих у цьому напрямку виробників. Три з них будуть нижче приведені як приклади. Почнемо з рішень, пропонованих фірмою Hewlett Packard. Особливості технологій цієї фірми в сфері управління мережами в даний час використовується на ринку телекомунікацій і пропонується декілька підходів.

Сукупність програмних продуктів під загальною назвою HPOpenView Element Management Framework (OEMF) надає можливість створення системи управління телекомунікаційними мережами (у межах забезпечення функціональності управління, представлених у рекомендації ITU-T M3400). Вона охоплює рівні елементного і мережного управління. Має розподілену архітектуру.

Як складену частину містить платформу управління пошкодженнями і неполадками в мережі (HPOpenView Fault Management Platform - FMP) ,

інтегровану із широко відомими продуктами фірм Remedy (Trouble Ticketing System) і Metrica (Performance Management System). Формуються повідомлення про аварії в мережах і передаються до центру управління мережами.

Тут мова йде вже не стільки про готову платформу управління, скільки про програмний продукт, що надає інструментарій виготовлення системи управління. Програмні компоненти HP OpenView Telecom TMN складають засноване на міжнародних стандартах середовище розробки мереж TMN і систем оперативної підтримки. Вони широко використовуються для управління на елементному і мережному рівні, мають графічний та інтерфейс користувача і забезпечують необхідні протоколи і послуги управління. Сюди включені засоби моделювання процесів і набори стандартних засобів для спрощення розробки необхідних додатків. Базовою комунікаційною інфраструктурою є протокол CMIP.

Восени 1997 року оголошено було про нову групу продуктів, що у даний час перетворилася в інструментарій з розробки засобів управління телекомунікаційними мережами на основі технології CORBA (Common Object Request Broker Architecture). Зараз ця група продуктів називається HPOpenView Telecom CORBA Products. Використання CORBA як транспортної складової при розробці додатків управління стає усе більш популярним підходом. Відзначено кілька властивостей, якими володіють отримані в результаті використання HPOpenView Telecom CORBA Products додатки управління. Основним є ефективність розробки управління спеціалізованими послугами оператора телекомунікацій. Хоча це і не TMN, але за рахунок використання CORBA-TMN шлюзу розроблені за допомогою даного інструментарію продукти можуть бути інкорпоровані до складу платформи управління HPOpenView Telecom TMN.

Нова версія також використовує технологію CORBA як транспорт. Це, очевидно, розширить сферу дії технології на верхні рівні ієрархії TMN. Хоча розробка цих рівнів компанією ведеться з різних сторін.

Підходи до розробки технологій управління бізнес-процесами мають у Hewlett Packard давню історію. Аналізуючи проекти, зв'язані з впровадженням подібних рішень, можна зробити висновки, що система управління не інсталяції

деякого готового продукту, а робота, яка порівнянна за масштабами зі створенням автоматизованої системи управління підприємства. Запропоновані технології й інструментарії призначені для різкого підвищення ефективності мереж оператора телекомунікацій.

Декілька років тому з'явилася технологія HP AdminFlow для розробки системи управління бізнес-процесами, зв'язаними з експлуатацією телекомунікаційних мереж і послугами операторів телекомунікацій. В даний час прийнято єдине найменування всього напрямку: HP ChangeEngine AdminEdition. Тут використовуються і web-технології, і HPOpenView Telecom CORBA Products. Ця технологія лежить в основі AccessOSS, спеціального рішення для вирішення проблем взаємодії оператора телекомунікацій.

Зараз відсутні приклади використання вищезгаданих технологій. Більш того, із самого змісту подібних рішень випливає, що питання доцільності й ефективності їхнього використання в кожному конкретному випадку вимагають ретельного вивчення, як специфіки оператора телекомунікацій, так і особливостей обладнання і програмного забезпечення, що пропонується

Донедавна ядром системи управління мережею, створеної на обладнанні іншої фірми, а саме мережею, що використовує змішану технологію передачі даних, включаючи TDM, ATM, Frame Relay, X.25, була система MainStreet (менеджер мережі). З погляду моделі TMN вона покриває рівні елементного і мережного управління, забезпечує наскрізне управління, маршрутизацію, відновлення мережі при збоях, здійснює збір статистики. Додаткові програмні модулі дозволяють нарощувати можливості управління MainStreet. Наприклад, за допомогою модуля MainStreet OpenSNMP система сполучається з платформою управління локальними мережами HP OpenView, що дозволяє через єдиний інтерфейс управляти локальними і глобальними мережами. Модуль MainStreet Connect Exec забезпечує інтерфейс CMIP для доступу до додаткової інформації про мережу й інтеграцію з іншими системами, що працюють в оператора телекомунікацій. Фірма CrossKeys розробила ряд модулів, що забезпечують

управління обладнанням третіх виробників у системі управління на основі MainStreet.

Це система з погляду моделі TMN призначена для виконання функцій управління рівня послуг і бізнес-процесів. Однак у даний час реалізація цієї системи лише "торкається" цих рівнів і призначена для інтеграції й організації розподіленого управління.

Деякі системи управління на базі MainStreet з необхідним набором додатків дозволяє здійснювати управління мережею, наприклад, регіонального оператора, також існують системи управління на базі MainStreet з необхідним набором додатків, що дозволяє здійснювати інтеграцію вищезгаданих систем управління регіональних операторів і організувати управління мережею, умовно говорячи, національного оператора.

Система звільнена від рішення більшості проблем елементного і мережного управління, якими займаються системи управління "регіональних" операторів на базі MainStreet. Нова система MainStreet, бере на себе функції організації міжмережевої взаємодії. Це дозволяє масштабувати процес управління і підвищити ефективність управління. На прикладному рівні, очевидні такі можливості:

- єдиний моніторинг критичних мережних ресурсів всіх мереж;

- організація єдиної для всієї мережі системи розрахунків споживачів шляхом інтеграції систем розрахунків мереж (це найбільш цікава властивість, тому що дозволяє розраховувати послугу, у наданні якої брало участь декілька постачальників);

- якщо в деяких мережах є організовані комерційні мережі деякого підприємства (VPN - Virtual Private Network), то тепер їх можна об'єднати в єдину VPN.

Однак складність (а часто і неможливість) інтеграції в систему управління обладнання третіх виробників, трудомісткість написання і впровадження Q-інтерфейсів і всі вищезгадані проблеми з TMN залишаються поки поза межами прогресу і технологій MainStreet.

Розробки в цьому напрямку активно ведуться фірмою 4 CrossKeys.

Одна з недавніх розробок CrossKeys - новий продукт Resolve (Service Level Management Application), призначений саме для управління послугами в телекомунікаційних мережах, він базується на тих же технологіях, що рекомендовані в рамках досліджень TM Forum. Тут, зокрема, варто згадати CORBA, HTML, Java.

Система управління має складну архітектуру. Продукт має клієнт-серверну архітектуру. Сервер одержує й обробляє інформацію про мережні послуги від систем мережного управління і додатків, призначених для рішення тих чи інших задач управління. В архітектурі сервера використовується деяка загальна ідеологія моделювання послуг, а також функцій їхнього спостереження, конфігурації, контролю. Ця ідеологія заснована на типізації об'єктів управління і відносин між ними.

Дані організовані за системою сховища даних у чотирьох базах, що представляють поточний стан процесів, історію, агрегацію необхідних типів інформації й архів.

Найбільш критичним аспектом є збір інформації, тобто інтеграція із системами мережного управління.

Однім з завдань є інтерфейс із системою оповіщення і діагностики збоїв та аварій. Розробка його базується на стандарті ITU. Клієнтська частина складає звіти і конфігурує (набудовує) організацію управління послугою.

Розглянемо ще один приклад технології, що використовується для управління додатками в корпоративних мережах. Помітимо, що це напрямок, який зараз бурхливо розвивається, вкрай корисний для організації ефективного управління інформаційними і мережними ресурсами.

У випадку централізованого управління інформаційними потоками в масштабах оператора телекомунікацій вся система перебуває під контролем не мережного адміністратора чи адміністратора баз даних, а керівника, наприклад, відділу інформаційних технологій. Тому її ефективність оцінюється в першу

чергу з погляду управління прикладними програмами, що забезпечують інформаційну підтримку діяльності підприємства.

У такій ситуації велике значення мають верхні рівні управління. Розглянемо важливий компонент системи управління - PATROL Application Management фірми BMC Software. Сфера її дії (бази даних, операційні системи, прикладні програми тощо) найбільш близька до тих реальних інформаційних потоків, на яких базується діяльність підприємства і для яких побудована його програмно-апаратна інфраструктура.

PATROL має розподілену архітектуру, основу якої складають автономні інтелектуальні агенти, що запускаються на всіх серверах і робочих станціях, що складають сферу управління. Модуль управління – це свого роду «інструкція», відповідно до якої агент управляє визначеним об'єктом. Бібліотека таких інструкцій завантажується разом з агентом, а склад цієї бібліотеки для того чи іншого агента визначається безліччю об'єктів управління, що попадають у зону дії агента.

API (Application Program Interface) вбудований усередину агента, що дозволяє гнучко й ефективно взаємодіяти агентам між собою, а також з іншими компонентами PATROL і додатками третіх фірм. Це дає можливість налаштувати систему управління на відстеження складних подій, їхню фільтрацію й оповіщення.

Інтеграційні можливості системи досить широкі. Вона інтегрується з багатьма відомими мережними платформами. Однак ступінь інтеграції й одержувані при цьому вигоди різні.

Розглянемо роботу на прикладі управління при відмовах і пошкодженнях (alarm management). Інформація про події і збої, що відбулися, надаються до системи управління.

Агент, що спостерігає за параметрами об’єктів, в деякий момент бачить, що сукупність значень параметрів свідчить про виникнення події. Він посилає інформацію про це в спеціальну програму. Ця програма певним чином перетворить отриману інформацію та у виді SNMP повідомлення посилає її до

бази даних. У базі даних сервера є тип моделі, що описує вищезгадану подію. Після одержання SNMP повідомлення спеціальна програмам (додаток) змінює колір іконки на екрані.

Робота з настроювання агентів, важливих для оператора телекомунікацій, і подій тощо проводиться при інсталяції і настроюванні системи управління на конкретну сферу управління в залежності від вимог до системи, яка задовольняє оператора телекомунікацій, визначається типом мереж, видом послуг, що надаються, технологій та типом обладнання.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНО - МЕТОДИЧНИХ ДОКУМЕНТІВ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

2.1 Аналіз діючих нормативних і технологічних документів оперативно-технічного управління

Системою документації є сукупність взаємозв’язаних документів, використовуваних у певній сфері діяльності. Відповідно до чинних стандартів деякі оператори телекомунікацій мають низку власних корпоративних стандартів, які містять практичні правила чи процедури оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами, але не повною мірою являють собою систему нормативних і технологічних документів оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами, тому що не відслідковується ієрархічний взаємозв’язок і підпорядкованість документів.

Необхідність впровадження та удосконалення системи нормативних і технологічних документів з оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами зумовлюється також структурними змінами у галузі та економіці, новими тенденціями та пріоритетами в мережних технологіях, інформаційній діяльності, появою нових послуг телекомунікацій, зростанням впливу цифрових телекомунікаційних технологій на діяльність у цілому та системи управління, у тому числі, як необхідністю взаємодії операторів телекомунікацій з національною системою управління, так і взаємодії операторів один з одним. Велике значення мають також документи стосовно алгоритмів надання будь яких послуг управління іншим операторам, типові договори, форми, а також документи стосовно взаємодії з іншими операторами в умовах надзвичайних ситуацій.

Деякі існуючі корпоративні стандарти з оперативно-технічного управління (далі – ОТУ) були розраховані на управління мережами, побудованими на

обладнанні старих типів, яке принципово не підлягало автоматизованому управлінню.

Зараз в мережах використовуються напівавтоматизовані процеси управління та окремі автоматизовані системи управління, що вирішують деякі завдання управління на рівнях управління елементами мережі і, частково, на рівні управління мережею.

Діюча система функціонує із значним числом функцій, що виконуються вручну. В багатьох мережах відсутні стандартні інтерфейси, які б забезпечували взаємодію обладнання з системою управління в автоматизованому режимі. Для одержання інформації, необхідної для виконання функцій управління, часто потрібні перегляд та попередня обробка великого обсягу експлуатаційної інформації у вигляді документів на паперових носіях.

Існуючий стан мереж, побудованих на сучасному обладнанні, характеризується наявністю централізованої системи технічної експлуатації і управління з різними ступенями автоматизації на первинних (цифрових) мережах та наявністю у операторів телекомунікацій окремих АСУ, що потребує опису технологічних процесів.

Перелік служб (підсистем) управління у операторів телекомунікацій не повний з погляду концепції TMN (ITU-T) і Smart TMN (TM Forum), що не дозволяє оптимізувати вирішення завдань з управління конфігурацією мережі, управління при відмовах і управління робочими характеристиками, при цьому існуючий пакет документів неповною мірою відповідає завданням, що вирішуються цими службами. Не всі типи сучасного цифрового обладнання, охоплені автоматизованою системою управління мережами і технічної експлуатації.

Існуючі нормативно-технологічні документи, їх назва і зміст не завжди відповідають сучасної термінології та вимогам законодавчих актів, прийнятих останнім часом. В першу чергу, це Закон України “Про телекомунікації” та Порядок оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами в умовах

надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану, що затверджений Кабінетом Міністрів України №812 від 29.06.2004.

Захист інформації і забезпечення безпеки оперативно-технічного управління потребує комплексної системи з відповідними документами щодо стандартизації дій персоналу і процесу запобігання будь якого втручання в роботу з управління і збереження документованої інформації.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 29.06.2004р. №812 “Деякі питання оперативно–технічного управління телекомунікаційними мережами в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану” виникає необхідність у формуванні пакету документів з питань, які пов’язані з рішенням завдань, що виникають під час централізованого управління телекомунікаційними мережами України в звичайних умовах і в умовах надзвичайних ситуацій. Документи з цієї сфері діяльності на цей час відсутні.

В існуючі нормативні і технологічні документи ОТУ необхідно ввести зміни, які базуються, у першу чергу, на принципі інформаційної сумісності, реалізованому за рахунок застосування єдиного підходу при розробці і впровадженні уніфікованого стандарту обміну документами системи оперативно-технічного управління (далі – СОТУ).

Такий підхід дозволить:

- зберігати інформацію в базах даних автоматизованих систем, що функціонують у відповідних мережах;

- враховувати різний ступінь програмно-технічної оснащеності кожного підрозділу системи управління;

- уніфікувати обмін технологічною інформацією незалежно від внутрішньої структури даних, що зберігаються в підрозділах, і технології їхньої обробки;

- підготувати документи, що визначають вимоги до типових схем і правил обміну даними в СОТУ;

- передбачити забезпечення обміну електронними повідомленнями, сформованими відповідно до єдиних правил;

- створити документи, що визначають вимоги до процесів розвитку і функціонування СОТУ;

- розробити пропозиції з уніфікації нормативно-довідкової інформації, складу показників, періодичності обміну інформацією, ступеня конфіденційності даних.

2.2 Система нормативних і технологічних документів з питань оперативно-технічного управління

2.2.1 Загальні положення

Будь-яке управління потребує використання єдиних методів і підходів під час рішення технологічно різнорідних завдань управління. Подібна єдність досяжна через регламентацію і стандартизацію управлінських і технологічних процесів.

Стандартизація і регламентування систем управління телекомунікаційними мережами полягає в створенні системи нормативних документів, у тому числі:

- створення необхідних актуалізованих основних базових стандартів та інших нормативних документів (шляхом прямого застосування міжнародних, регіональних і закордонних документів зі стандартизації або розробки нових), що визначають фундаментальні загальні процедури, положення і вимоги, ричому в кожному з них можуть використовуватися власні вимоги і вимоги з базових стандартів.

- розробка технологічних алгоритмів, які використовуються для забезпечення реалізації конкретних процесів, функцій і завдань ОТУ, застосування конкретних параметрів з базових стандартів, що є основою для розробки правил, норм та інших документів СОТУ.

Мета стандартизації полягає в створенні і розвитку нормативних і технологічних документів, що визначають вимоги до засобів і послуг телекомунікацій, дій персоналу і виконання процесів.

До найбільш важливих завдань створення нормативних і технологічних документів для системи управління відносяться:

-забезпечення взаєморозуміння між розробниками, постачальниками і споживачами засобів і послуг телекомунікацій;

-встановлення раціональних вимог до номенклатури та якості засобів і послуг телекомунікацій в інтересах споживача;

-встановлення вимог щодо сумісності засобів телекомунікацій та систем управління;

-нормативне забезпечення контролю й оцінки якості засобів і послуг телекомунікацій;

-гармонізація нормативних документів СОТУ з вимогами інших нормативних документів різного рівня.

Особливого значення набувають питання розробки нормативних і технологічних документів ОТУ телекомунікаційними мережами з урахуванням рекомендацій і стандартів міжнародних організацій.

При розробці нормативних і технологічних документів СОТУ повинні враховуватися такі принципи:

- орієнтація на конкретні існуючі організаційну і функціональну структури;

- збалансованість дій ОТУ (ресурсне забезпечення процесів реалізації: інформаційне, матеріально-технічне, кадрове тощо);

- типізація змісту і процедур щодо попередження і ліквідації різних аварійних ситуацій у мережах;

- безперервність і можливість модифікації;

- адаптивність, тобто можливість оперативної зміни дій з управління;

- навчання, тренування і підготовка персоналу щодо оперативно-технічного управління в умовах надзвичайних ситуацій.

Розробка системи нормативних і технологічних документів функціонування системи управління спрямована на забезпечення найбільш ефективного використання телекомунікаційних мереж і безперебійного надання послуг споживачам у сучасних умовах. У зв’язку з цим нормативні і технологічні документи повинні:

- враховувати вимоги стандартів і рекомендацій міжнародних організацій, особливості сучасних технологій у мережах телекомунікацій, розмаїтість платформ управління й апаратно-програмних засобів;

- визначати основні питання взаємодії підрозділів у тому числі в умовах надзвичайних ситуацій;

- визначати технічні й організаційні аспекти рішення проблем управління мережами телекомунікацій.

Вихідними даними для створення системи нормативних і технологічних документів СОТУ є:

- Закон України "Про телекомунікації";

- Постанова Кабінету Міністрів України "Деякі питання оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного і військового стану" від 29.06.04. №812;

- державні і міждержавні стандарти;

- галузеві нормативні і керівні документи;

- рекомендації і стандарти міжнародних організацій з питань побудови системи управління мережами телекомунікацій;

- чинна нормативно-технологічна документація оперативно-технічного управління оператора телекомунікацій.

2.2.2 Вимоги до системи нормативних і технологічних документів оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами

Система нормативних і технологічних документів системи управління повинна відповідати таким вимогам:

- задовольняти потребам системи управління телекомунікаційними мережами операторів телекомунікацій;

- повинна бути основою для забезпечення комплексної інформаційно-технологічної, організаційної, методичної підтримки;

- повинна дозволити на сучасному рівні вирішувати основні завдання управління телекомунікаційними мережами.

- бути узгодженою з іншими сферами діяльності підприємств, системою нормативних документів з безпеки та охорони праці;

- допускати розширення, удосконалення та коригування окремих документів;

- повинна базуватись на довгострокових (15 років), середньострокових (10 років), короткострокових (5 років) і тимчасових нормативних документах;

- повинна базуватися на прийнятих і встановлених поняттях, визначеннях, термінах;

- необхідність уточнення існуючої та введення нової термінології повинна доводитись до відома відповідних служб для внесення змін щодо термінів, які вживаються.

Нормативні і технологічні документи системи управління повинні:

- містити набір дій і ресурсів для досягнення бажаних результатів;

- дозволяти запобігти помилкових дії персоналу;

- забезпечувати конкретність і несуперечність викладених дій;

- містити вказівки персоналу, що беруть участь у роботі системи управління;

- передбачати дії, який треба розпочати у відповідь на будь-яку ситуацію;

- чітко і детально визначати завдання, що виконуються в суворо визначених місцях і в суворо визначений час;

- дозволяти вносити зміни до складу і структури робіт, способи дій підрозділів, їхнє забезпечення;

- враховувати прогнози розвитку обстановки в мережах і реальну оцінку технічних можливостей;

- доповнюватися інструкціями і додатками, що містять технічну інформацію, деталі і методи ефективного використання обладнання.

Особливі вимоги пред'являються до форми викладення нормативних і технологічних документів системи управління:

- документи повинні бути лаконічними, зрозумілими і чіткими, простими в оформленні, зручними для подальшого використання (стислість, ясність і чіткість

у викладі документів повинні досягатися за рахунок включення тільки необхідної інформації, вживання коротких формулювань);

- стисліcть документів не повинна впливати на зрозумілість викладу;

- зміст документа не повинний допускати його різного розуміння і тлумачення, викликати питання і додаткові роз'яснення;

- документи повинні бути зрозумілі однозначно.

2.2.3 Загальна номенклатура документів системи управління

Загальна номенклатура нормативних і технологічних документів, правила побудови тощо визначається стандартами, що діють в Україні.

Відповідно до чинних стандартів до системи нормативного забезпечення входять такі нормативні і технологічні документи: міждержавні стандарти (ГОСТ), державні стандарти України (ДСТУ), керівні нормативні документи (КНД), галузеві стандарти (ГСТУ), рекомендації галузі, комплексні програми, стандарти підприємств, технічні умови (ТУ), норми, правила, положення, програми й інструкції.

Міждержавні стандарти в галузі телекомунікацій встановлюють правила, загальні принципи, характеристики, вимоги чи методи, що стосуються визначених об'єктів телекомунікацій міждержавного застосування.

Державні стандарти в галузі телекомунікацій встановлюють правила, загальні принципи, характеристики, вимоги чи методи, що стосуються визначених об'єктів телекомунікацій вітчизняного застосування.

Керівні нормативні документи - основні документи, що характеризують сучасний стан і перспективи розвитку телекомунікацій у цілому чи їхніх компонентів.

Галузеві стандарти - стандарти, що затверджені Міністерством транспорту і телекомунікацій або Департаментом з питань телекомунікацій та інформатизації, встановлюють правила, загальні принципи, характеристики, вимоги чи методи, що стосуються визначених питань.

Під рекомендаціями розуміють нормативні документи, що містять положення, норми і правила більш конкретні, чим встановлені в державних і галузевих стандартах.

Серед нормативних і технологічних документів, що регламентують діяльність операторів телекомунікацій, особливу значимість мають стандарти підприємств, технічні умови, норми, правила, положення, інструкції тощо. При цьому обов'язковою є умова не протиріччя вимог цих нормативних документів діючим державним або галузевим документам, вони можуть доповнювати і посилювати встановлені в них вимоги.

Стандарти підприємств розробляються на послуги і процеси, що створюються і застосовуються тільки на даному підприємстві.

Технічні умови - нормативні документи на конкретну послугу, що встановлюють вимоги до конкретного обладнання, послуги, процесу.

Норми - нормативні документи, що характеризують обов'язковий порядок, кількісні величини якого-небудь процесу, параметрів тощо.

Правила - нормативні документи, що встановлюють порядок, дотримання якого необхідно для виконання яких-небудь дій.

Положення - нормативні документи, що сполучать правила, норми тощо.

Інструкції - нормативні документи, що визначають послідовність і технологію виконання яких-небудь робіт.

Загальна номенклатура нормативних і технологічних документів, що входять до системи нормативних і технологічних документів системи управління і можуть розроблятися, представлена на рис. 2.1

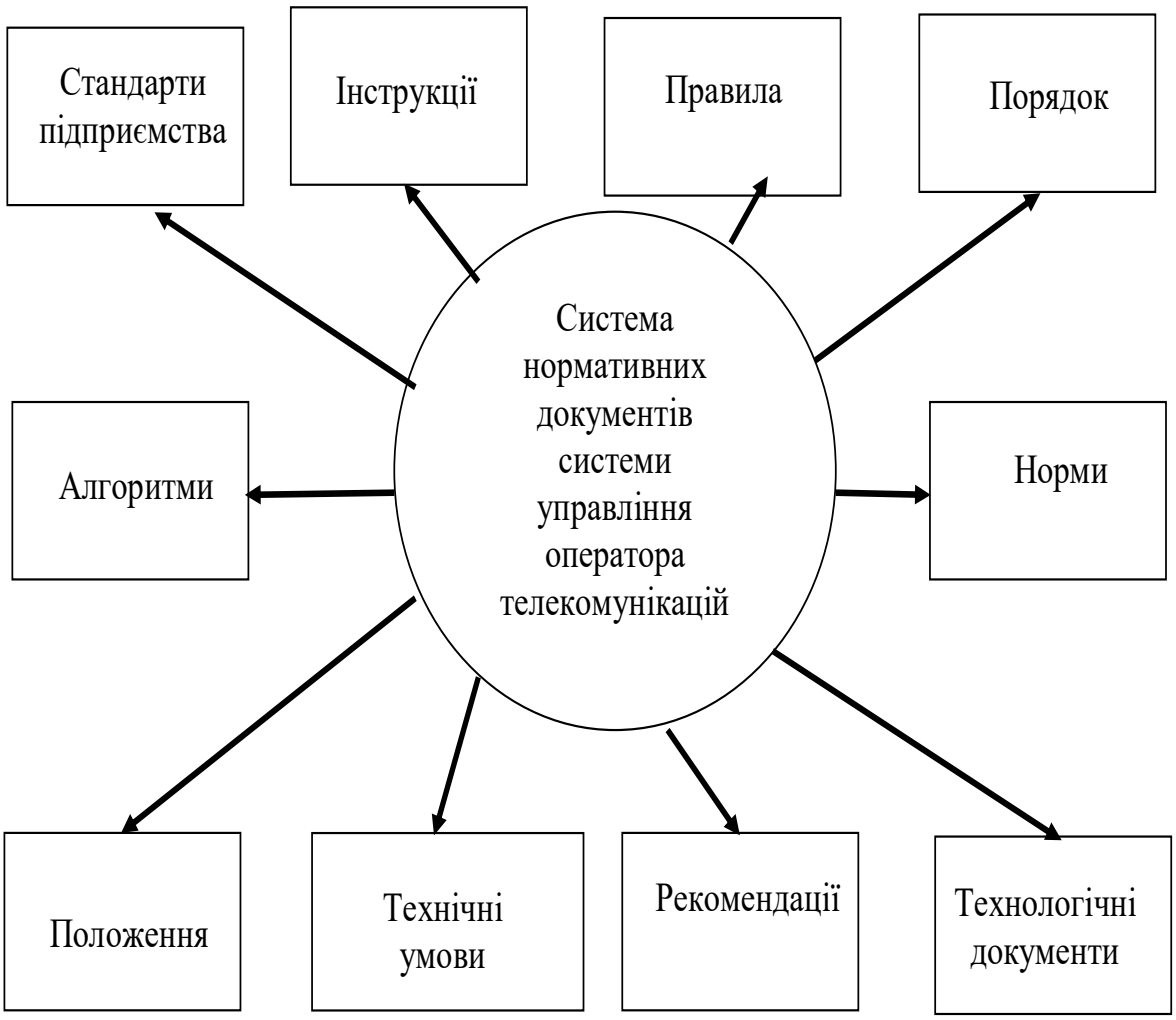


Рис. 2.1 Номенклатура нормативних документів оператора телекомунікацій

2.2.4 Схема ієрархічних зв’язків документів з питань управління

Система нормативних документів з питань управління містить у собі нормативні документи загального і спеціального характеру. Система нормативних і технологічних документів має враховувати всі діючи правові і законодавчі акти та нормативні документи різного рівня, які в сукупності регулюють процеси формування і розвитку ринку телекомунікаційних послуг, діяльність різних операторів телекомунікацій, незалежно від форм власності, а також установлюють повноваження держави у відношенні регулювання ринку телекомунікаційних послуг і розвитку телекомунікацій країни.

До складу актів загального характеру (актів, що є загальними для всіх галузей економіки і що регулюють питання, які стосуються широкого кола суб'єктів) відносяться:

- Конституція України;

- Цивільний кодекс, Кодекс України про адміністративні правопорушення;

- закони “Про природні монополії”, “Про іноземні інвестиції”, “Про інвестиційну діяльність”, “Про конкуренцію й обмеження монополістичної діяльності на товарних ринках”, “Про обмеження монополізму та недопущення недобросовісної конкуренції у підприємницькій діяльності” тощо;

- укази Президента України, постанови Уряду України й акти органів виконавчої влади.

До складу актів спеціального характеру, зв'язаних з регулюванням ринку телекомунікаційних послуг і розвитку телекомунікацій, входять нормативні правові акти, що охоплюють, зокрема, такі питання: власність на мережі і засоби телекомунікацій, конкуренцію, антимонопольне регулювання, ліцензування, сертифікацію, приєднання мереж, тарифне регулювання, діяльність органів регулювання галузі «Зв'язок та інформатизація», розподіл обмежених ресурсів, національну безпеку в галузі телекомунікацій. До них відносяться: Закон України "Про телекомунікації", "Про ратифікацію Статуту і конвенції Міжнародного союзу електрозв’язку" тощо.

Загальний вид ієрархічних зв'язків нормативних і технологічних документів з питань управління представлений на рис. 2.2.

Таким чином, нормативне забезпечення представляється у вигляді таких складових (рівнів):

1) Міжнародні угоди в сфері телекомунікацій (Устав і Конвенція Міжнародного союзу електрозв’язку, Конвенція "Про злочини в комп'ютерній сфері", ст. 27 Декларації ООН Про права людини тощо);

2) Правові акти і закони України загального і спеціального характеру;

3) Укази Президента України і постанови уряду;

4) Основні міжнародні стандарти і рекомендації в сфері управління телекомунікаційними мережами;

5) Міждержавні стандарти, державні стандарти України і рекомендації;

6) Галузеві стандарти і керівні документи;

7) Система корпоративних нормативних і технологічних документів операторів телекомунікацій (ці документи мають значення для окремо обраного оператора телекомунікацій).

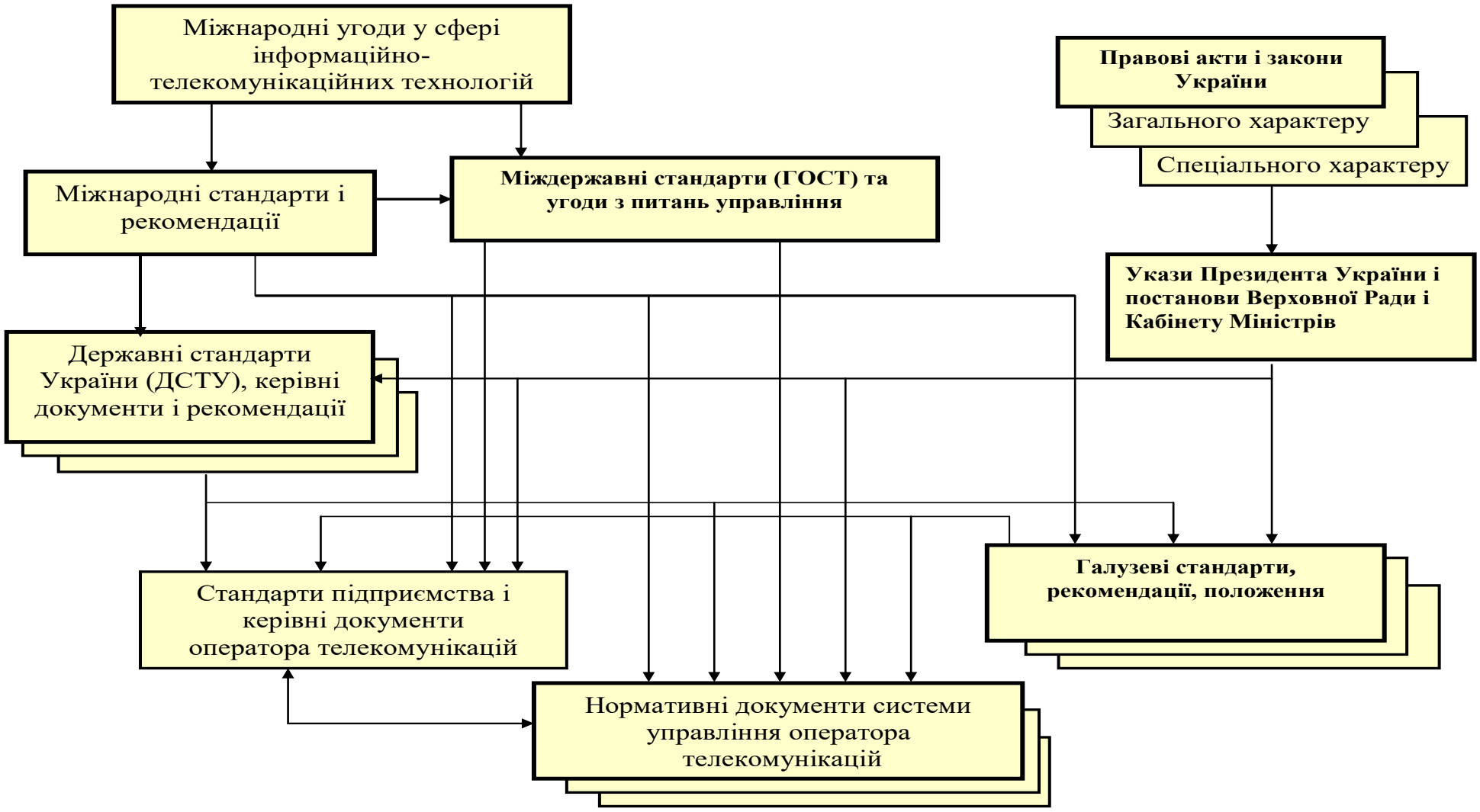


Рис. 2.2 Загальна схема ієрархічних зв'язків системи нормативних і технологічних документів

Нормативні і технологічні документи системи управління доцільно розглядати за такими групами:

- нормативно-технологічні документи, що визначають технологічні процеси управління, алгоритми і порядок роботи різних підрозділів системи управління, у тому числі центру управління;

- документи, регламентуючі порядок організації і проведення ремонтних робіт в мережах, документи щодо порядку оформлення та організації робіт в мережах;

- документи щодо позначення різних елементів мережі (порядок, інструкції щодо позначення і нумерації вузлів, трактів і каналів телекомунікацій в мережах);

- документи, що визначають функціонування системи управління при аваріях і надзвичайних ситуаціях, зміні стану мереж, інструкції та порядок складання і доведення графіків обходів і замін до підрозділів системи управління;

- нормативні документи щодо взаємодії з споживачами (порядок дії при наданні в оренду зв'язків);

- документи, що регламентують взаємодію підрозділів з різними мережами й операторами, у тому числі документи, які визначають порядок взаємодії з центром управління;

- технологічна документація системи управління.

2.2.5 Принципи концепції "Адміністратор - Агент" в системі управління телекомунікаційними мережами

Управління телекомунікаціями являє собою прикладний інформаційний процес. Оскільки середовище, яким управляють, є розподіленим, то управління телекомунікаціями також є розподіленим процесом. Це призводить до необхідності організації обміну інформацією між процесами управління з метою

контролю і управління фізичними та логічними ресурсами, що створюють мережу.

Для організації такого обміну розроблена концепція “Адміністратор - Агент”. Згідно цій концепції частини розподіленого процесу управління виконують одну з двох ролей - Адміністратора або Агента. Роль Адміністратора полягає в направленні команд на управління до Агента і отриманні від нього сповіщення, а роль Агента - у виконанні команд Адміністратора, тобто в управлінні зв'язаними з ним об'єктами і в передаванні Адміністратору необхідної інформації про поведінку об'єктів, якими управляють.

Реалізація цієї концепції здійснюється програмними засобами, тобто Адміністратор та Агент є програмами, що управляються відповідним застосуванням (об’єктом, мережним елементом) і отримують/передають застосуванню команди управління розподіленими об’єктами мережі, а також формують вихід в мережу через ієрархічний набір протоколів (стек). Таким чином, Адміністратор та Агент є програмами-посередниками, які перетворюють структурні запити застосування мовою високого рівня у потік даних, які передаються по мережі, та виконують зворотне перетворення [9].

Взаємодія між Адміністратором, Агентом, об'єктами і ресурсами, що управляються, показана на рис. 2.3. Тут інформація, що може бути переданою або запитаною за допомогою протоколів управління взаємодії відкритих систем OSI, являє собою набір об'єктів управління, ідентифікованих як інформаційна база управління MIB [7]. В цьому сенсі до MIB входять усі дані як про систему управління, так і про мережу телекомунікацій та її елементи, зокрема про результати вимірювань, повідомлення про вимірювання, описи структури мережі і елементів, таблиці маршрутизації, порогові значення, розклад передачі інформації тощо. Структуру інформаційної бази управління звичайно подають у вигляді ієрархічно організованого дерева - дерева інформації управління MIT (Management Information Tree), на верхніх рівнях якого розміщені найбільш важливі атрибути, які характеризуються атрибутами нижніх рівнів ієрархічного дерева.

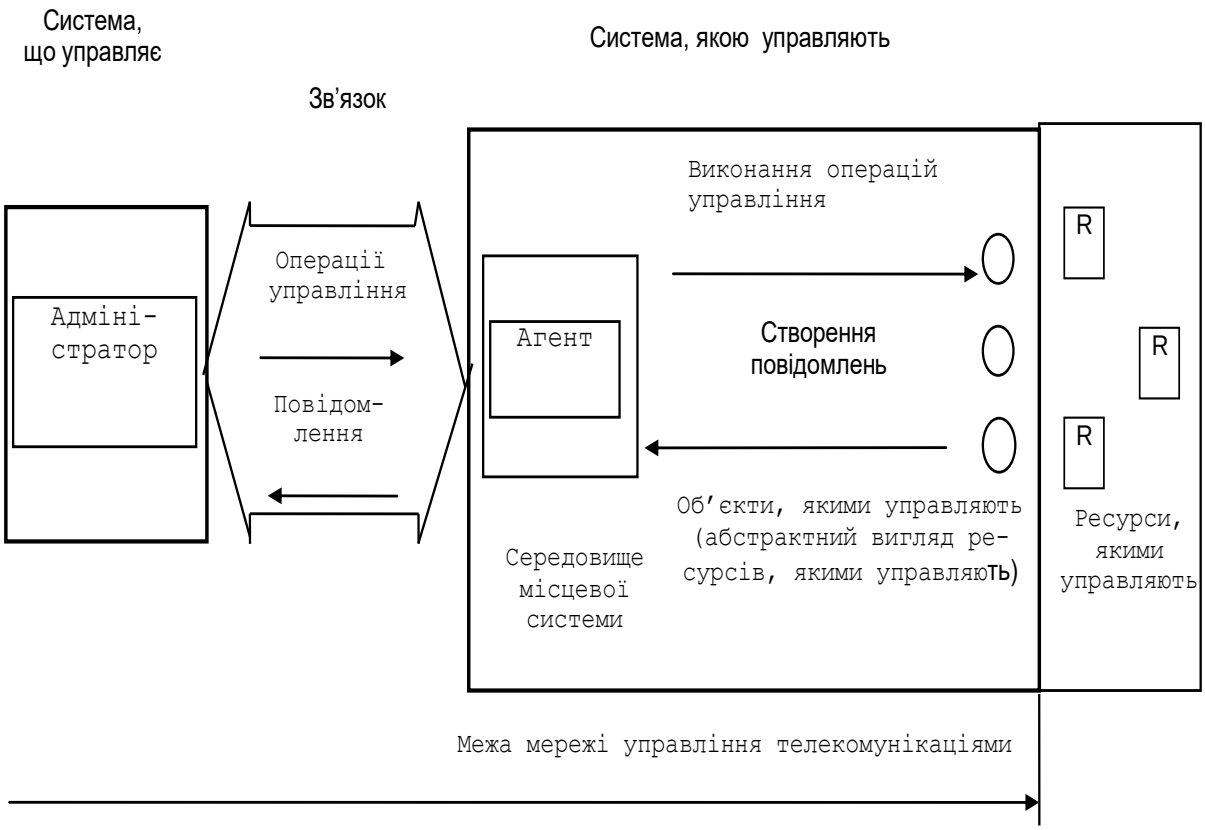


Рис. 2.3 Взаємодія між Адміністратором, Агентом та об'єктами управління

Увесь обмін інформацією управління між Адміністратором і Агентом подається у вигляді погодженого набору операцій управління, що викликаються за допомогою Адміністратора, і сповіщень, які відбираються та спрямовуються за допомогою Агента. Всі ці операції реалізуються за допомогою служби спільної інформації управління CMIS із застосуванням протоколу спільної інформації управління CMIP.

Між Адміністратором і Агентом існують багатосторонні відносини, при яких:

-Адміністратор може обмінюватися інформацією з декількома Агентами, виконуючи при цьому декілька ролей Адміністратора, що взаємодіють з відповідними ролями Агента. В цьому випадку для здійснення дієвого управління необхідна синхронізація директив, що видаються Адміністратором Агентам;

- Агент може обмінюватися інформацією з декількома Адміністраторами, виконуючи при цьому декілька ролей Агента, що взаємодіють з відповідними ролями Адміністратора. В цьому випадку від Адміністраторів можуть надходити суперечливі директиви, що робить неможливим ефективне управління.

Слід відзначити, що Агент може відмовитися виконувати директиву Адміністратора з багатьох причин, наприклад, виходячи із необхідності забезпечення безпеки інформації. Тому Адміністратор повинен бути готовим до відмов з боку Агента.

Для того, щоб здійснювати управління центр управління повинний однозначно сприймати інформацію про:

- можливості протоколів, що використовуються;
- функції управління, що застосовуються;
- класи об'єктів, якими управляють;
- необхідність в об'єкті, яким управляють;
- можливості, дозволені об'єкту, яким управляють;
- зміст відношень між об'єктами управління (зв'язок імен).

3 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

3.1 Деякі приклади функціонування телекомунікаційної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій

3.1.1 Вплив катастроф, пожеж, вибухів

Катастрофи, як правило, наносять серйозну втрату телекомунікаційній інфраструктурі загального користування і провокують різке зростання навантаження на канали зв'язку. Зовнішні фактори, що виникають при цьому, значно ускладнюють управління роботами з відновлення функціонування телекомунікаційних мереж та координацію дій персоналу. Пошкодження телекомунікаційної інфраструктури приводить до перевантаження телекомунікаційних мереж загального користування та мереж операторів телекомунікацій. Отже встановлювати та підтримувати ефективний зв'язок і надання телекомунікаційних послуг споживачам стає складніше. Наведемо декілька прикладів і міжнародного досвіду впливу надзвичайних ситуацій на функціонування телекомунікаційних мереж.

1) Атака на Всесвітній торговий центр. Нью-Йорк, 11 вересня 2001 р.

Атака терористів на Всесвітній торговий центр 11 вересня 2001 року спричинила за собою численні людські жертви і нанесла значний матеріальний збиток.

Літаки, що влучили в будинки, завдали шкоди загальнодоступним наземним і мобільним телекомунікаційним мережам і призвели до значного перевантаження тих з них, що зберегли працездатність.

Фірма Verizon, найбільший оператор телекомунікацій в Манхеттені, де відбулися теракти, після того, як обрушилися будинки, утратила безліч комутаційних станцій. Була пошкоджена, знищена чи затоплена значна кількість мідних і волоконно-оптичних кабелів поблизу комплексу Всесвітній торговий центр, поруч з яким був корпоративний центр фірми з численними кабельними

колодязями і цілим поверхом комутаційного обладнання. Цей будинок було сильно пошкоджено уламками веж.

За лічені хвилини Verizon втратила 200 тис. телефонних ліній, 150 тис. магістралей приватних АТС, 3,7 млн. каналів передачі даних та 10 ретрансляційних стільникових сайтів. У результаті був порушений зв'язок у 14 тис. приватних та 20 тис. корпоративних споживачів.

Положення погіршилось тим, що в перші 24 години після терактів виявилися сильно перевантажені мобільні комутаційні центри іншого оператора телекомунікацій – компанії Sprint. Цей провайдер спробував замінити втрачене обладнання мобільними установками COW (Cellular on Wheels), що одночасно повинно було збільшити пропускну здатність телекомунікаційної мережі. Однак у міських умовах Нижнього Манхеттену зробити це виявилося не просто.

Перевантаження стільникових мереж створило серйозні проблеми не тільки для приватних споживачів, але і для підрозділів відновлення у надзвичайних ситуаціях. У жовтні 2001 р. NCS (National Communication System – національна комунікаційна система) – організація, що консультує уряд США з питань зв'язку – запропонувала створити систему пріоритетних викликів, яка б гарантувала мобільний зв'язок аварійно-відновлювальним підрозділам, рятувальним службам та урядовим чиновникам у надзвичайних ситуаціях.

Стало зовсім зрозуміло, що комерційні телекомунікаційні мережі загального користування не володіють ні відмовостійкістю, ні ємністю каналів зв'язку, що необхідні в подібних ситуаціях. Виявилися слабкі місця й аналогової радіосистеми, що використовувалась рятувальними службами та аварійно-відновлювальними підрозділами. Низка серйозних недоліків подібних засобів було відзначено у доповіді, що була підготовлена за замовленням служби пожежної охорони Нью-Йорку. Окремі його висновки наводяться нижче:

- портативні радіостанції пожежних виявилися дуже ненадійними у висотних будинках, де не було можливості підсилити сигнал і передати його на систему ретрансляторів;

- виявився цілком забитий ефір, тому що на одній частоті почали працювати відразу два канали екстреного зв'язку, один із яких призначався для вищого керівництва пожежної служби, а інший – для підтримки контакту з машинами швидкої медичної допомоги в масштабах усього міста;

- на диспетчерів пожежної служби обрушилася величезна кількість викликів, що надходили по самих різних каналах – телефону, радіо, електронній пошті.

На підставі проведеного аналізу зробили такі рекомендації:

- розширити спектр для радіоканалів;

- збільшити можливості використання системи управління і поліпшити підготовку диспетчерів;

- провести оцінку будинків та інфраструктури міського радіозв'язку щодо їхньої відповідності вимогам служб, що діють у надзвичайних ситуаціях.

2) Атака на Пентагон. Вашингтон, вересень 2001 р.

У той же день, 11 вересня 2001 р., пілотований терористами літак урізався в будинок Міністерства оборони США у Вашингтоні.

Відразу після катастрофи стільниковий зв'язок у цьому районі став не можливий – у відповідь на виклики лунали лише короткі гудки. Трафік у мережах Verizon зріс у порівнянні зі звичайним для США рівнем у півтора-два рази, а компанія Cingular Wireless – другий за величиною оператор телекомунікацій бездротового зв'язку – зареєструвала у власній вашингтонській мережі навіть чотириразове збільшення викликів. Крім того, неймовірно підвищилася кількість розмов у звичайній телефонній мережі, в якої частково проходить мобільний трафік. Стрибок попиту на телефонні послуги привів до того, що споживачам, включаючи персонал служб, що діють у надзвичайних ситуаціях, приходилось чимало чекати з'єднання, а вже встановлений зв'язок раптово переривався.

Для того щоб виправити положення і забезпечити мобільним зв'язком для управління рятувальними діями, Verizon розгорнула поблизу Пентагону мобільні центри стільникового зв'язку COW і забезпечила персонал мобільними телефонами.

У телекомунікаційних мережах фірми Nextel у перші години після теракту відмовив лише стільниковий зв'язок, але послуга прямого підключення Direct Connect, що дозволяє встановлювати двосторонній зв'язок між власниками телефонів, і двосторонній обмін текстовими повідомленнями залишилися доступними. Обидві ці послуги не залежать від звичайної телефонної мережі загального користування, що в чималому ступені сприяє їх надійності і доступності.

Єдине, що забезпечило надійний та стійкий зв'язок підрозділів і служб надзвичайних ситуацій, були їх власні системи професіонального мобільного радіозв’язку. Отже, значні інциденти, де б вони ні відбувалися, наочно демонструють, що комерційні мережі не розраховані на те колосальне збільшення викликів, що відбувається в місці дії та поблизу надзвичайної ситуації. Результати опитування, яке було проведено, визначило, що надійний зв'язок у таких умовах змогли забезпечити лише наземні радіосистеми мобільного зв'язку Land Mobile Radio Systems.

Аналіз цих подій дав змогу зробити деякі висновки і рекомендації:

- потрібен план пріоритетного доступу до стільникового зв'язку урядових чиновників і співробітників рятувальних служб і підрозділів в надзвичайних умовах;

- потрібно розробляти нові регіональні/загальнонаціональні системи для спільного рішення проблем;

- усі перспективні комунікаційні системи варто проектувати, створювати і розгортати на основі загальних технічних стандартів.

3) Вибух у фінському торговому центрі Хельсінкі, жовтень 2002 р.

В торговому центрі, розташованому в пригороді Вантаа міста Міірмяки поблизу столиці Фінляндії Хельсінкі, відбувся вибух бомби, що призвела до людських втрат.

Коли тисячі людей спробували одночасно додзвонитися до служб безпеки за номером 112, до своїх друзів та родичів, робота мереж GSM, що обслуговували цей район, була цілком блокована. Це серйозно перешкодило проведенню

рятувальних операцій, тому що організувати розміщення поранених у лікарнях можна було тільки за допомогою стільникового зв'язку. Складності виникли й у пожежників, котрі для зв'язку з іншими підрозділами і службами відомства з надзвичайних ситуацій користалися каналами GSM.

4) Пожежа в Стокгольмі, березень 2001р.

Велика пожежа в стокгольмському тунелі, що відбулася в березні 2001р., призвела до порушень енергопостачання і зв'язку. Пожежа позбавила електропостачання 50 тис. міських жителів, серйозно вплинула на бізнес телекомунікаційної інфраструктури. Перебої в електроживленні удалося усунути лише за добу.

У столиці Швеції було значно порушено стаціонарний та мобільний зв'язок, відновлення якого було проведено більше ніж за 2 доби.

5) Дії терористів-смертників у Шрі-Ланці.

У столиці Шрі-Ланки місті Коломбо терористами-смертниками було проведено декілька терактів, що показали нездатність стільникових мереж забезпечити в цих умовах терміновий зв'язок.

Кожна атака приводила до серйозних перебоїв у роботі мобільних мереж через величезну кількість викликів. Оператори телекомунікацій, навантаження на яких щорічно зростає приблизно в півтора рази, були змушені задіяти свої резервні ресурси. Коли після перших відомостей про теракти почали телефонувати, система виявлялася заблокованою. Цього, можливо, не трапилось, якби в телекомунікаційних мережах були передбачені механізми розподілу навантаження. Уникнути подібного розвитку подій можна за допомогою використання системи пріоритетів, яка здатна блокувати роботу всіх абонентів телекомунікаційної мережі, крім персоналу відповідних служб і підрозділів. Однак така система була не передбачена, відсутня пріоритетність надання телекомунікаційних послуг споживачам.

Завдали значних проблем канали зв'язку між мобільними мережами загального доступу та звичайними АТС. Споживачі, які користалися послугами

декількох операторів телекомунікацій, виявляли, що можуть зв'язатися з абонентами тільки в межах однієї мережі.

6) Пожежа у Волендамі, Нідерланди, січень 2001 р.

У першу годину 2001 року спалахнула пожежа на заповненої сотнями підлітків дискотеці голландського міста Волендам. Причиною пожежі стали бенгальські вогні, полум'я з яких перекинулося на гірлянди, які не були оброблені вогнетривкою речовиною. Загинули 10 підлітків, більш ніж 150 одержали серйозні травми.

На повідомлення про пожежу служби з надзвичайних ситуацій відреагували миттєво: вже через 6 хвилин пожежна команда і поліція були на місці події. Однак серйозні проблеми зі зв'язком чинили перешкоди їхній ефективній роботі. Представники різних структур залишилися без загального оперативного керівництва, діяли розрізнено, на мали повного уявлення про ситуацію, яка склалася.

7) Вибух на складі феєрверків, Нідерланди, травень 2000 року.

На складі феєрверків у голландському місті Еншеде відбувся вибух, наслідки якого позначилися в зоні діаметром більш ніж кілометр. Усі служби і підрозділи з надзвичайних ситуацій, що включають пожежні команди, поліцію та швидку медичну допомогу, виїхали негайно, однак не змогли ефективно діяти через телекомунікаційні проблеми. Зв'язок між окремими структурами виявився недостатнім, а пожежна команда через відсутність зв’язку не змогла здійснювати загальне оперативне керівництво та забезпечити чітку координацію дій.

Серйозні труднощі були відзначені в центрах управління телекомунікаційними мережами операторів телекомунікацій, функціями яких було виділення та розподілення ресурсів. Оператори телекомунікацій були не в змозі обробляти величезний трафік, тому що значно зросла кількість викликів споживачів, які повідомляли про надзвичайну ситуацію та хотіли отримати будь-яку інформацію. У центрах управління операторів телекомунікацій не виявилося потрібного обладнання, не було підготовлених фахівців, які необхідні для роботи в умовах катастроф такого масштабу. Багато керівників зовсім не отримали з

центрів управління повідомлення про вибух, а сигнали тривоги надавалися без системи і без особливого контролю.

8) Залізнична катастрофа, Аста, Норвегія, січень 2000 р.

Аварія потягів у норвезькому місті Аста 4 січня 2000 року і пожежа, що виникла після цього, викликала значних втрат серед пасажирів.

Проведенню рятувальних операцій заважали проблеми зі зв'язком. Служби надзвичайних ситуацій були не в змозі передавати конфіденційну інформацію з причини перевантаження телекомунікаційних мереж. Ситуація ускладнювалася через дзвінка пасажирів, а з часом через дзвінки кореспондентів, що були у зоні надзвичайної ситуації.

Не вдалося організувати чітку взаємодію між різними службами, які приймали участь у ліквідації наслідків катастрофи, тому що їхні телекомунікаційні системи виявилися несумісними. Навіть керівнику операції це перешкодило спілкуватися з керівництвом інших відомств, щоб координувати роботу всіх служб. Отже управління діями з усунення наслідків надзвичайної ситуації здійснювалося не зовсім ефективно за відсутності сталого зв’язку між підрозділами.

Аналіз визначив недоліки системи радіозв'язку: радіостанції, що розташовані на потягах не змогли працювати в одному з каналів зв’язку, контакт між персоналом потягів був відсутній. В висновках комісії було надано пропозиції щодо удосконалення радіомережі залізниці.

3.1.2 Вплив природних явищ

Природні катаклізми, як правило, охоплюють великі території і впливають на життя багатьох людей протягом тривалого часу. Серйозно впливаючи на комунальну інфраструктуру, вони здатні вивести з ладу її ключові елементи, які включають системи електропостачання і зв'язку. Для підтримки правопорядку за умови стихійного лиха, захисту людського життя та допомоги під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій відповідним рятувальним службам і підрозділам необхідний надійний зв'язок. Як свідчить досвід мережі загального користування

найчастіше стають жертвами стихії. Далі наведено декілька прикладів впливу природних явищ на телекомунікаційні системи.

1) Бурі у Франції, зима 1999 р.

Останніми днями 1999 року по Франції пронеслися дві сніжні бурі. Швидкість вітру в деяких районах досягала 200 км/год, що викликало порушення руху на залізницях та постачання води в будинки, а також серйозні пошкодження мереж електропостачання і телекомунікацій.

Перебої в електропостачанні були викликані падінням щогл та стовпів на лініях електропередач, обривами проводів під дією вітру. Серйозні пошкодження одержала звичайна телефонна мережа загального користування. Буря вивела з ладу безліч телефонних ліній.

Були сильно пошкоджені три мережі GSM, які функціонують на території Франції (одна працює в діапазоні 1800 Мгц, а дві інші – у діапазоні 900 Мгц). Головною причиною припинення мобільного зв'язку стала відсутність електропостачання, через що відключилися ретрансляційні станції. Отже, відмовостійкість мереж GSM забезпечується лише при короткочасному зникненні електропостачання.

Звичайно, за цих обставин наслідки сніжних бурь виявилися специфічними для умов Франції, де для зв'язку використовується комбінація підземних, повітряних та радіоліній; міські райони чергуються із сільською місцевістю, а проектування телекомунікаційних систем здійснюється за загальноприйнятими правилами. Проте, досвід Electricite de France показав, що надійність мереж GSM набагато нижче ніж створена цією компанією спеціалізована система професіональних пересувних радіостанцій.

3) Землетрус в Афінах, вересень 1999 р.

У столиці Греції 7 вересня 1999 року відбувся сильний землетрус силою 5,9 балів за шкалою Ріхтера, який тривав 10 секунд. За цей короткий час загинули і були поранені люди (близько 7 тис.), 65 будинків було зруйновано. Були мобілізовані всі служби з надзвичайних ситуацій, до операції підключився Національний центр щодо дій у надзвичайних ситуаціях при Генеральному

секретаріаті громадського захисту та оперативні центри інших відомств (поліції, пожежної охорони, швидкої медичної допомоги, організації з планування та захисту від землетрусів).

За цих умов, насамперед, було важливо відновити лінії зв'язку і налагодити оповіщення населення. У перші години після землетрусу було просто неможливо використовувати для управління фіксовані та мобільні телекомунікаційні мережі. Уся інформація передавалася по радіоканалах поліції та пожежної охорони, а телефонні мережі, у тому числі і стільникові, виявилися цілком блокованими. Підрозділи, які було терміново організовано для оцінки обставин в районах лиха, забезпечувались професіональними мобільними радіостанціями, а для спостереження з повітря використовувалися гелікоптери.

4) Землетрус на Тайвані, Вересень 1999 р.

Руйнівний землетрус на північному заході Тайваню 20 вересня 1999 р. призвів до серйозних руйнувань і жертв.

Значні пошкодження отримали кабельні колодязі, однак кабелі, що прокладені в них не постраждали. Проте, і стільниковий, і звичайний телефонний зв'язок перервався, що було викликано частковим пошкодженням будинків базових станцій, їхнього обладнання та стільникових сайтів, а частково - припиненням подачі електроенергії.

5) Крижаний шторм у Нью-Йорку, січень 1998 р.

Безпрецедентний за своїми масштабами крижаний шторм на північному сході США в січні 1998р., завдав величезної шкоди лісопаркам у містах та сільській місцевості на площі 18 млн. акрів. Особливо постраждали компанії, будинки і комунальна інфраструктура Нью-Йорка, що залишалися без електропостачання протягом 23 днів. Деякі штати були оголошено зоною стихійного лиха.

Вхідний та вихідний зв'язок у цих районах був неможливий: лінії зв'язку, локальні телефонні станції і стільникові ретранслятори через відсутність електроживлення були непрацездатними. З цих самих причині не могли користуватися зв'язком компанії через пошкодження офісних АТС.

Коли оператори телекомунікацій мали резервні електрогенератори, то телекомунікаційні системи функціонували деякий час, після вичерпання запасів вони позбавилися електроживлення. Ще швидше розрядилися запасні акумулятори, спеціально встановлені на випадок перебоїв у подачі електроенергії. У результаті деякі райони протягом довгого часу залишалися без зв'язку, якщо не вважати любительських радіостанцій. А без цього було дуже важко вживати необхідних заходів.

На досвіді шторму Федеральне агентство США по діях у надзвичайних ситуаціях розробило рекомендації. Було запропоновано, зокрема, розгорнути в стільникових мережах систему пріоритетів, що забезпечує управління службами і підрозділами з надзвичайних ситуацій навіть у разі перевантаження загальнодоступних каналів.

3.1.3 Відмова загальнодоступних телекомунікаційних мереж

Стільникові системи мають ієрархічну структуру мережних елементів, що має недостатню стійкість до відмов і вимагає резервування. Нижче наводяться декілька прикладів, з яких видно, наскільки серйозно вихід з ладу окремих компонентів позначається на роботі загальнодоступної телекомунікаційної мережі та як довго тривають такі перебої. Усі наведені факти мали місце за останні декілька років. Отже, вони дають уявлення про надзвичайні ситуації в телекомунікаційних мережах і про серйозні перебої, що трапляються.

1) Знеструмлення комутатора в Гемпширі, Великобританія.

Серйозна аварія, що відбулася в Саутхемптоне на телефонному комутаторі компанії British Telecom 25 квітня 2002 р., мала катастрофічні наслідки. Без телефонного зв'язку залишилися весь південний захід графства Гемпшир і південь графства Уилтшир. Мешканці обох графств позбавилися можливості дзвонити в службу порятунку. Протягом вечора без телефонного зв'язку залишалося понад 400 тис. мешканців на більшій частині Гемпшира.

Через утрату комутатора в районі зберегла працездатність тільки одна стільникова мережа Orange, що не залежала від інфраструктури British Telecom. У

результаті поліція графства залишилася без наземного зв'язку, електронної пошти, факсу, мобільних телефонів і більшості УКХ-радіостанцій. Відновити нормальний зв'язок вдалося лише після ремонту комутатора, який тривав 5 годин. Увесь цей час поліцейські змогли підтримувати зв'язок лише за допомогою УКХ-радіостанцій, що не залежали від телекомунікаційної інфраструктури.

2) Пожежа на телефонному комутаторі в Ройтлинген, Німеччина.

Пожежа в передавальному залі комутатора Deutsche Telecom вивела з ладу дві третини міських телефонних ліній, позбавивши зв'язку 54 тис. абонентів. При цьому було порушено не тільки звичайний телефонний зв'язок, але і мобільний, який частково проходив по загальнодоступній телефонній мережі. Телефони аварійних служб були недоступними протягом 6 годин.

Щоб виправити положення, Deutsche Telekom роздала частині абонентів, яким був необхідний постійний зв'язок, мобільні телефони. Крім цього в центрі була встановлена вежа з мобільним передавачем для мережі, що дозволило подвоїти загальну кількість радіоканалів. Однак цілком компенсувати втрату комутатора не вдалося, тому що обмежена смуга дозволених частот не дозволяла організувати необхідну кількість каналів.

Телефонне обслуговування повернулося до норми лише через 2 тижні після пожежі.

3) Пожежа на телефонному комутаторі в Хинсдейлі, США, 1988 р.

9 травня 1988 року на центральному комутаторі компанії Illinois Bell Telephone через коротке замикання виникла пожежа. Відбулося це в невеликому американському містечку Хінсдейл, що розташовано в 32 км до південно-заходу від Чикаго. Телефонний зв'язок перервався відразу після загоряння, що перешкодило оперативно повідомити аварійні служби про надзвичайні події. У результаті пожежна команда прибула тільки за 45 хвилин. Працювати їй довелося в особливо складних умовах, оскільки на комутаторі не виявилося системи аварійного відключення електропостачання.

Пожежа не тільки завдала фізичної шкоди будинку й устаткуванню комутатора, але і надовго порушила телефонний зв'язок. Більше тижня 38 тис.

абонентів не могли подзвонити не тільки до інших міст, але й до сусідніх офісів, що, звичайно, серйозно зашкодило місцевому бізнесу.

Сильно постраждав і зв'язок з аварійними службами, який було відновлено тільки за добу після пожежі. Цілком же відновити телефонне обслуговування вдалося лише за 2 тижня.

4) Перевантаження мережі, Великобританія, січень 2000 р.

Зустріч нового тисячоліття ознаменувалася у Великобританії тим, що мережі всіх чотирьох операторів мобільного зв'язку виявилися перевантаженими - багато хто хотів поздоровити своїх родичів і знайомих. Особливо гостро цю проблему відчули абоненти мережі Vodafone у Шотландії і Північній Ірландії.

5) Відмовлення мережі оператора Vodafone, Великобританія, 2002 р.

Повний вихід з ладу АТС мобільного зв'язку, що відбулося в січні 2002 року, викликав перевантаження і навіть тимчасове відключення стільникової мережі оператора телекомунікацій Vodafone у Великобританії.

Це сталося через апаратну несправність комутатора, що призвела до передачі всього вхідного і вихідного трафіку північно-західних областей Англії через загальнонаціональну мережу оператора телекомунікацій. У результаті протягом 11 годин телефонні послуги були або зовсім недоступні, або надавалися з великою затримкою.

6) Відмовлення мережі мобільного зв’язку, Шотландія, листопад 2002 р.

29 листопада 2002 року мобільні телефони тисяч абонентів мережі мобільного зв’язку у Шотландії та Північній Ірландії замовчали. Як виявилося, при проведенні технічного обслуговування комутатора поблизу шотландського міста Глазго раптово припинилася подача електропостачання, і мережа цілком вийшла з ладу. Частково поновити зв'язок вдалося за годину, а відновлення функціонування мережі та телефонного обслуговування у повному обсязі проводилося протягом більш ніж 5 годин.

7) Відмовлення мобільної мережі Orange, Великобританія, серпень 2001р.

У серпні 2001 року виникли серйозні перебої в функціонуванні мобільної мережі Orange, у результаті чого залишилися без стільникового зв'язку значна

кількість абонентів в графствах Ридинг і Беркшир. Пошкодження мобільної мережі виникло під час проведення технічного обслуговування на комутаційному центрі через дефектну плату.

8) Відмовлення мобільної мережі, м. Йейті, Великобританія, серпень 2001 р.

Ще один серйозний збій у роботі мобільної мережі відбувся 26 серпня 2001 року через відключення електроживлення регіонального комутаційного центра в м. Йейті, що знаходиться біля Брістоля. Мобільного телефонного зв'язку тоді позбавилися багато абонентів , що знаходяться на південному заході Англії та деяких районів Уельсу.

Хоча електропостачання вдалося відновити вже за 3 години, але у повному обсязі послуги мобільного зв'язку стали доступними лише за 6 годин, тому що потрібен був час на перевірку бази даних мобільної мережі. Але і після цього протягом деякого часу телекомунікаційна мережа залишалася перевантаженою через безліч коротких повідомлень SMS і повідомлень голосової пошти.

9) Надзвичайна ситуація в телекомунікаційній мережі оператора мобільного зв’язку Vodafone. Іспанія, лютий 2003 р.

20 лютого 2003 року протягом 7 годин без зв'язку залишалося 8,7 млн. абонентів мобільної мережі оператора мобільного зв’язку Vodafone в Іспанії.

Це було пов'язано з неполадками у центральному комутаційному центрі, однак ніякого зовнішнього впливу, що могло б привести до значної відмови, виявлено не було. Відразу ж після усунення пошкодження в службу технічної підтримки оператора Vodafone стали дзвонити споживачі. Значна кількість дзвінків споживачів цілком блокувала телекомунікаційну мережу, отже призвело до її перевантаження.

Отже, проведений аналіз показав, що проблеми зв'язку під час багатьох надзвичайних ситуацій (катаклізмах, аваріях в телекомунікаційних мережах, природних явищах, тощо) збільшуються несумісністю телекомунікаційних систем різних операторів та підприємств телекомунікацій. В умовах надзвичайних ситуацій в телекомунікаційних мережах ефективність дії рятувальних команд найчастіше знижується через відсутність співробітництва між службами і

підрозділами з надзвичайних ситуацій і нездатністю деяких з них здійснювати чітке оперативне управління. Представники різних структур залишаються без загального оперативного керівництва, діють розрізнено, не мають повної інформації про ситуацію, яка склалася у зоні надзвичайних ситуацій через відмову роботи телекомунікаційних мереж.

Небезпека відмов телекомунікаційних інфраструктур загального користування з технічних причин є зовсім очевидною. Це робить недоступним надання телекомунікаційних послуг споживачам, державним органам, а також є малопридатним для служб і підрозділів з надзвичайних ситуацій, де необхідна дуже висока відмовостійкість, надійність і сталість зв'язку, тобто здатність телекомунікаційної мережі працювати в будь яких умовах.

3.2 Принципи функціонування центрів управління

Для управління телекомунікаційною мережею оператора телекомунікацій повинний бути організований центр управління (ЦУ), що відповідає за управління телекомунікаційною мережею в будь-яких умовах.

Відповідно до розв'язуваних завдань у центрі управління мережами оператора телекомунікацій повинні бути організовані такі робочі місця:

- управління робочими характеристиками ;
- управління при відмовах (чи технічним обслуговуванням);
- управління конфігурацією ;
- управління розрахунками ;
- управління захистом .

Організаційне виділення цих робочих місць не є обов'язковим і в кожному окремому випадку визначається адміністрацією оператора телекомунікацій. При необхідності, робочі місця можуть поєднуватися.

Центр управління мережею оператора телекомунікацій організовується на верхньому рівні і здійснює управління всією телекомунікаційною мережею.

Для підвищення надійності управління особливо в умовах надзвичайних ситуацій в телекомунікаційній мережі необхідно передбачати резервні центри управління. Для підтримки високого ступеня готовності резервних центрів управління їм може надаватися статус регіональних центрів управління.

Регіональні центри управління, як другий рівень управління (РЦУ), вирішують завдання управління телекомунікаційними мережами на визначеній для них території. Кількість і території дії РЦУ визначаються оператором телекомунікацій.

Конкретна кількість РЦУ визначається оператором телекомунікацій з урахуванням наявної кількості об'єктів управління, їхнього територіального розташування, розвиненості інформаційної мережі тощо.

Розпорядження центрів управління у частині розподілу ресурсів мереж, схем напрямку потоків навантаження, визначення алгоритмів і обсягів навантаження, обробки і передачі необхідних для системи управління статистичних даних про роботу мережі обов'язкові для виконання технічним персоналом мереж у зоні відповідальності відповідних центрів управління.

Центри управління кожного рівня повинні мати право самостійне вирішувати питання управління мережею на своїй території, якщо при цьому не зачіпаються інтереси інших територій. У противному випадку рішення повинне прийматися в центрах більш високого рівня. При цьому розпорядження вищестоящих центрів управління обов'язкові для виконання нижчестоящими.

Необхідна інформація про всі зміни в мережах повинна передаватися в центри управління більш високого рівня і, при необхідності, у суміжні центри управління.

У частині управління робочими характеристиками, пошкодженнями і конфігурацією центр управління реалізує такі функції:

- збір, обробка, збереження і відображення інформації про стан мережі;

- одержання інформації про місце ушкодження обладнання, локалізації пошкодження, якщо це не могло бути виконане нижчестоящими центрами управління, і передачі інформації зацікавленим підрозділам;

- контроль трафіка та якості обслуговування споживачів;

- аналіз сформованої оперативної і довгострокової обстановки в мережах, прийняття необхідних рішень з управління мережами, контроль за їх виконанням;

- управління схемами напрямку потоків навантаження в мережах і видачі рекомендацій з обмеження навантаження на вузлах мереж і обмеженню виходу споживачів на мережі;

- управління функціонуванням найбільш важливих об'єктів мереж і корекція структури мереж;

- перерозподілу технічних засобів і потоків навантаження (де це можливо) у відповідності з оперативною ситуацією, що складається;

- планування і координації термінів проведення ремонтних робіт, контроль їхнього виконання і корекції термінів проведення у відповідності із ситуацією, що складається в мережах;

- керівництво проведенням відновлювальних робіт при великих аваріях в мережах;

- планування і координації заходів щодо забезпечення введення в експлуатацію обладнання телекомунікаційних мереж, включаючи організацію проведення необхідних переключень і змін структури мереж;

- документування (збереження) усіх переданих і прийнятих розпоряджень;

- надання інформації з запитів;

- створення і ведення баз даних для рішення задач управління телекомунікаційною мережею;

- підготовки пропозицій з розвитку і перспективному плануванні мереж;

- розробки алгоритмів управління мережею;

- розробки документації для системи управління;

- контролю виконання розпоряджень по системі управління;

- удосконалювання методів управління мережами;

- збору й аналізу статистичних даних про роботу мереж, системи управління мережами і технічної експлуатації з метою поліпшення експлуатаційних

характеристик мереж і їхніх елементів і удосконалювання методів управління ними і їхньої технічної експлуатації;

У частині задач управління розрахунками у функції центру управління входить: збір і передача інформації, що відноситься до управління і контролю оплати за користування ресурсами телекомунікацій;

- надання інформації з тарифів на використання ресурсів телекомунікацій.

У частині задач управління захистом повинні бути забезпечені: аутентифікація об'єктів, що забезпечує підтвердження дійсності одного чи декількох взаємодіючих об'єктів при встановленні чи з'єднання періодично протягом фази передачі даних;

- контроль доступу, як захист від несанкціонованого використання ресурсів;

- таємність, що захищає дані від несанкціонованого розкриття;

- цілісність з'єднання з відновленням, що забезпечує цілісність даних;

- захист від відмовлень з підтвердженням джерела, що забезпечує одержувача необхідними доказами походження даних, що захищають проти спроб відправника помилково відмовитися від факту посилки даних чи від їхнього вмісту, а також захист від відмовлень з підтвердженням доставки, що забезпечує відправника необхідними доказами доставки даних, що захищають від спроб одержувача відмовитися від факту прийому даних чи від їхнього вмісту.

3.3 Функції центру управління телекомунікаційними мережами

Перелік функцій у кожній із п'ятьох сфер управління відповідно до концепції TMN, що повинний виконувати центр управління наведено у таблиці 3.1.

У центрі управління мережами при виконанні функцій з управління конфігурацією використовуються такі дані:

заходи щодо реорганізації мережі; критерії пошуку замін; передбачувані терміни відключень (переключень); критерії упорядкування рекомендацій з розвитку мережі; відомості про споживачів і їх партнерів, які замовляють канали зв’язку; відомості про терміни відновлення каналів або надання замін для пошкоджених каналів зв’язку.

Таблиця 3.1

Концепція TMN

Сфера управління	Функції центру управління
Управління при відмовах	- контроль за загальним станом мереж та їх перебудову в залежності від обставин; - збір оперативних даних про функціонування мережі, а також про поточний стан; - координація взаємодії з телекомунікаційними мережами інших операторів телекомунікацій при організації нових зв'язків, виникненні перевантажень в мережах, проведенні профілактичних робіт; - організація термінових зв'язків в умовах надзвичайних ситуацій; - управління перебудуванням і відновленням мережі в аварійних ситуаціях, зв'язаних із порушенням обладнання телекомунікацій; - введення системи обмежень і пріоритетів обслуговування абонентів оператора телекомунікацій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій; - оперативна взаємодія з центрами управління телекомунікаційних мереж інших операторів телекомунікацій.
Управління конфігурацією	- облік обладнання в телекомунікаційних мережах; - планування розвитку телекомунікаційних мереж; - координація формування і розвитку телекомунікаційних мереж - підготовка й організація виконання заходів в умовах надзвичайних ситуацій щодо усунення виявлених відхилень від встановлених режимів функціонування; - планування й узгодження проведення ремонтно - налагоджувальних робіт і контрольних вимірювань в мережах при зацікавленості декількох операторів; - планування, відпрацювання і координація виконання заходів, зв'язаних із підготуванням мереж телекомунікацій, відповідних вузлів телекомунікацій та інших об'єктів телекомунікацій до функціонування в надзвичайних ситуаціях; - розробка заходів і проведення тренувань відповідно до мобілізаційних і інших планів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій; - розробка нормативних документів, за якими здійснюється управління із центру управління.

Продовження таблиці 3.1

Управління робочими характеристиками (якістю)	- збір і обробка статистичних даних, а також аналіз якості роботи мереж телекомунікацій і систем управління операторів для визначення рішень з їх удосконалення; - регулювання трафіку; - розробка єдиних вимог щодо технічної експлуатації усіх видів мереж; - контроль за дотриманням правил технічної експлуатації засобів телекомунікацій та відповідністю обладнання телекомунікацій і управління, що впроваджується в мережах, до міжнародних, національних і галузевих стандартів.
Управління розрахунками	- розробка й узгодження документів, що визначають правила і порядок обліку надання/оренди засобів телекомунікацій і послуг; - узгодження питань, зв'язаних із взаєморозрахунками операторів мереж телекомунікацій в звичайних умовах і в умовах надзвичайних ситуацій.
Управління безпекою	- визначення заходів для забезпечення конфіденційності інформації в системі управління телекомунікаційними мережами; - забезпечення захисту інформації в системі управління - контроль за їх дотриманням.

Під час управління при відмовах використовуються: дані про зміну стану мережі; відомості про з'єднання або канал телекомунікацій, у яких відбулася зміна; інформація про види, причини, місце і час зміни стану з'єднання або каналу телекомунікацій.

При управлінні робочими характеристиками (якістю) використовуються такі дані: якість з'єднання або каналу телекомунікацій в мережі; початок, кінець, тривалість подій, що відбуваються на мережі; кількість, причини і місцезнаходження пошкоджень; тривалість спостереження за робочими характеристиками; параметри, що досліджуються, та їх опорні значення; тривалість, кількість і причини відключень; середнє напрацювання на відмову; якість роботи.

При управлінні розрахунками використовуються дані: для ведення розрахунків між мережами; про надання каналів; про клієнтів, що замовляють канали зв’язку; про мережі, яка веде розрахунок із клієнтами.

При управління безпекою використовуються: відомості про права доступу; інформація про коди споживачів ; перелік паролів і кодів; дані про критерії дублювання бази даних; відомості про спроби несанкціонованого доступу до бази даних; відомості про відмови під час введення інформації у базу даних.

Різні форми статистики з відповідних питань ведуться в службах і підрозділах центру управління.

Для оперативного вирішення питань, пов'язаних з організацією системи управління телекомунікаційною мережею має бути створена мережа службового зв’язку між підрозділами і центрами управління оператора телекомунікацій. У системі управління повинно бути забезпечено рівень захисту інформації, що відповідає її статусу та який визначений вимогами нормативних документів.

3.4 Інформаційна безпека у центрі управління

Питання безпеки передачі інформації є важливим при створенні і розвитку систем управління телекомунікаційними мережами, у тому числі при створенні центру управління цими мережами.

Останнім часом цьому питанню стали приділяти ще більше уваги, тому що почався бурхливий розвиток інформаційних технологій, телекомунікаційних мереж і систем управління ними. Підвищенню інтересу до захисту систем управління сприяло широке використання в системах управління телекомунікаційними мережами електронно-обчислювальної техніки, що містить програмувальні пристрої та програмне забезпечення.

Поряд з погрозами несанкціонованого доступу до інформації та повідомлень управління, з'явилися нові, а саме небезпека перекручування переданої інформації, припинення нормального функціонування систем управління, до яких відносяться комп'ютерні віруси та спам.

З їхньою появою виникла принципово нова проблема - забезпечення інформаційної безпеки систем управління.

Крім того, серйозною погрозою безпеки систем управління є широке використання в них техніки, електронних компонентів і програмного забезпечення іноземного виробництва. Необхідно проводити перевірку обладнання та програмного забезпечення, що поставляється з-за кордону з метою виявлення фактів наявності в них пристроїв і програм, що реалізують функції, які не декларуються.

Питання безпеки систем управління дуже актуальні, тому що в них обробляються і передаються великі обсяги різноманітної інформації щодо стану мереж оператора телекомунікацій.

Різноманітні погрози інформації, що передається в системах управління, приводять до перекручування її змісту, втратам, що може викликати некоректну роботу телекомунікаційного обладнання і перевантаження телекомунікаційних мереж.

У системі забезпечення інформаційної безпеки систем управління існує багато невирішених питань, одним з них є відсутність критерію, що характеризує характер і рівень безпеки, не говорячи вже про відсутність загальноприйнятих визначень найважливіших термінів.

Основою політики забезпечення безпеки системи управління телекомунікаційними мережами є законодавчі акти і нормативно-технічні документи галузі, рекомендації як вітчизняних, так і міжнародних органів стандартизації тощо.

Важливим завданням забезпечення безпеки є:

- забезпечення технологічної незалежності в частині систем управління та обладнання телекомунікацій;

- створення систем і засобів запобігання несанкціонованого доступу до інформації, а також, що заважають чи руйнують вплив втручання;

- виявлення програм, що викликають порушення передачі інформації;

- застосування криптографії, контроль виконання спеціальних вимог щодо захисту інформації;

- сертифікація систем управління.

З врахуванням того, що рівень інформаційної безпеки та захисту інформації в центрі управління має повною мірою відповідати вимогам стандартів, можна сформулювати завдання, що вимагають рішення з боку оператора телекомунікацій:

- розробка основних напрямків (концепції) забезпечення інформаційної безпеки систем управління;
- розробка критеріїв і методів оцінки ефективності систем і засобів забезпечення інформаційної безпеки;
- розробка сучасних методів і засобів захисту інформації систем управління;
- створення і розвиток сучасної захищеної технологічної основи систем управління телекомунікаційними мережами.

3.5 Принципи створення та функціонування центру управління

Загальні положення щодо принципів створення, призначення та функціонування центру управління телекомунікаційними мережами, а також обов'язків операторів телекомунікацій щодо готовності виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану визначено у Порядку оперативно-технічне управління телекомунікаційними мережами в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 29.06.2004 р. № 812.

При створенні центру управління телекомунікаційними мережами доцільно створювати резервний центр (пункт) управління мережами оператора телекомунікацій, особливо це стосується операторів телекомунікацій з розгалуженими мережами. Резервний центр управління має виконувати такі ж завдання та функції, які виконує основний центр управління, та бути готовим у відповідній ситуації виконувати функції основного центру управління для оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами.

Центр управління, зокрема, має забезпечувати:

- оперативно-технічне управління телекомунікаційними мережами у реальному часі в межах наданих йому повноважень;

- створення та ведення бази даних;

- вирішення питань автоматизації функцій та завдань з оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами;

- збирання та узагальнення інформації про стан телекомунікаційних мереж і засобів телекомунікацій;

- контроль проведення відновлювальних робіт в телекомунікаційних мережах, а також управління засобами щодо відновлення телекомунікаційних мереж і ліквідації аварійних ситуацій, пов'язаних із порушенням функціонування телекомунікаційних мереж..

Центр управління забезпечує безпосередню взаємодію з іншими операторами телекомунікацій і управління ресурсами власних телекомунікаційних мереж. Центр управління має створюватися з максимальним врахуванням завдань, призначення, умов використання та його функцій.

В центрі управління повинні застосовуватися організаційні та технічні заходи і методи щодо забезпечення безпеки інформації. Загальним принципом, що має застосовуватися для безпеки, є комплексність (багатоплановість) заходів захисту, оскільки навмисні загрози можуть виникати в різні моменти функціонування центу управління та в різних його складових (апаратурі, програмному забезпеченні, персоналі). З погляду на це треба розглядати аспекти проблеми захисту в комплексі: технічний, організаційний та правовий.

Під час створення центру управління повинні використовуватись рекомендації та стандарти міжнародних організацій, новітні технології, концепції та протоколи, а саме:

- концепція мережі управління телекомунікаціями (TMN) MCE-T;

- концепція Smart TMN TM Forum;

- простий протокол мережного управління (SNMP);

- спільний протокол інформації управління (CMIP);

- технологія Internet;

- технологія розподіленої обробки та зберігання інформації в ієрархічних інформаційних телекомунікаційних мережах з наданням конференц-телекомунікацій, електронної пошти;

- технологія забезпечення безпеки зберігання, передавання та оброблення масивів даних.

База даних центру управління повинна містити необхідну для роботи базову інформацію про телекомунікаційні мережі операторів телекомунікацій, яка достатньо описує стан цих телекомунікаційних мереж, конфігурацію та схему організації телекомунікаційних мереж.

База даних центру управління має забезпечувати:

- збереження всієї інформації, необхідної для рішення завдань оперативно-технічного управління;

- внесення змін до бази даних;

- підтримку несуперечності збереженої інформації;

- надання даних для вирішення завдань, пов'язаних з оперативно-технічним управлінням телекомунікаційними мережами;

- захист збереженої інформації від несанкціонованого доступу і руйнації.

Системи управління телекомунікаційними мережами, що створює оператор телекомунікацій, постійно взаємодіє відповідно до технологічного алгоритму функціонування з системами управління інших операторів телекомунікацій. Взаємодія постійно здійснюється також з підрозділами оператора телекомунікацій.

У процесі управління між центром управління мережами і підрозділами управління оператора телекомунікацій постійно здійснюється взаємодія стосовно таких питань:

- виявлення та локалізація пошкоджень;

- стан телекомунікаційної мережі та опрацювання даних про динамічні зміни в ній;

- надання і зняття каналів телекомунікацій;

- пошук та надання замін і запровадження резерву;

- координація термінів переключень або відновлень телекомунікацій;

- узгодження та координація спільних дій у різних ситуаціях в телекомунікаційній мережі (перевантаження мережі, пошкодження тощо);

- обмін інформацією про терміни проведення ремонтно - налагоджувальних робіт і відновлювальних робіт в телекомунікаційних мережах;

- надання даних для проведення розрахунків.

На рис. 3.1 схематично зображено процес обробки повідомлень в центрі управління мережами оператора телекомунікацій.

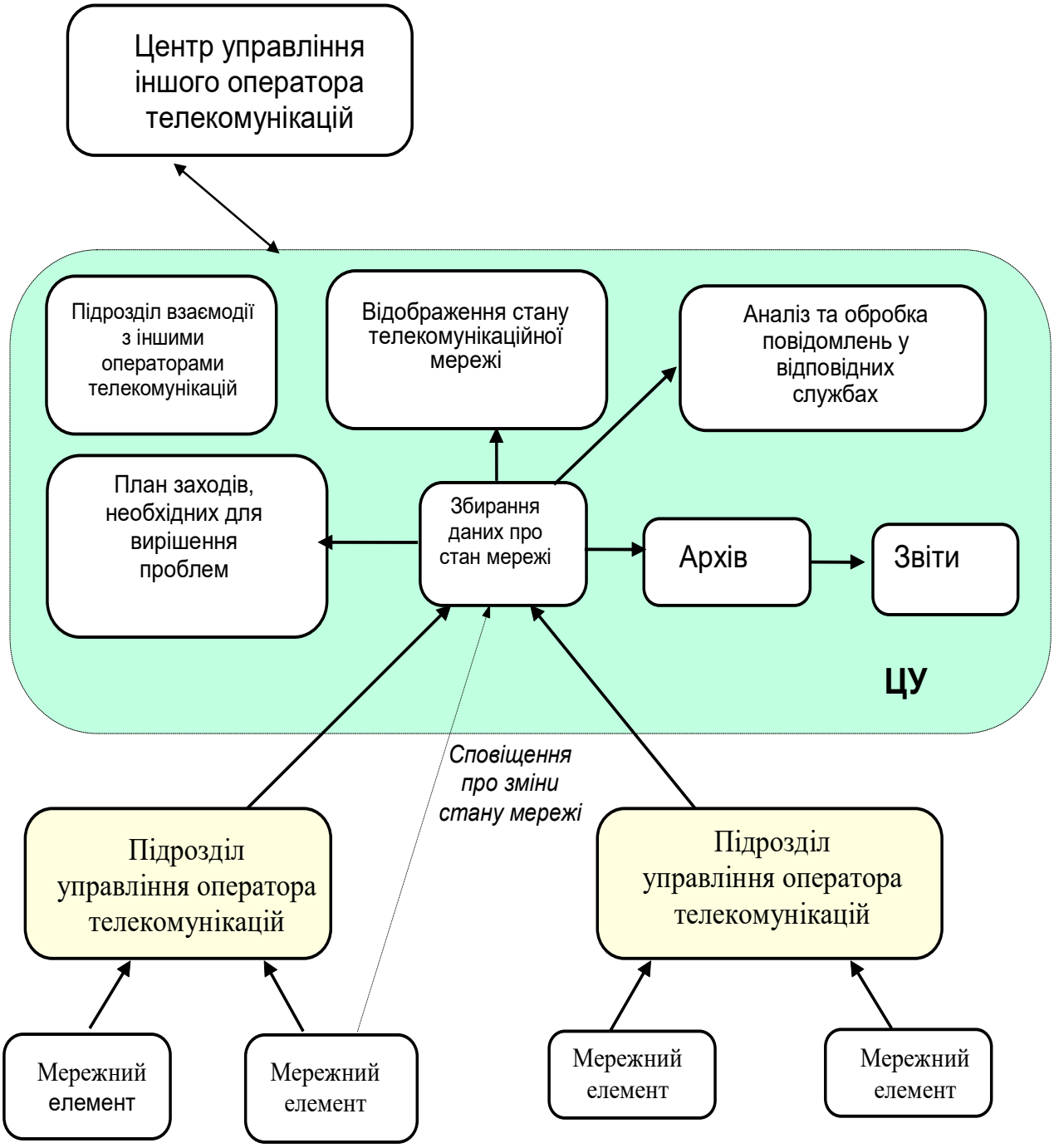


Рис. 3.1 Узагальнена схема процесу обробки повідомлень у центрі управління мережами оператора телекомунікацій.

4 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ, ФУНКЦІОНУВАННЯ Й ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ

4.1 Особливості побудови центру управління

Центр управління телекомунікаційними мережами повинний будуватися з максимальним врахуванням характеристик, завдань, цільового призначення й умов використання системи управління телекомунікаційними мережами операторів телекомунікацій.

Питання функціонування центру управління слід розглядати за умови, що система управління є автоматизованою. Автоматизована система управління телекомунікаційними мережами окремого оператора телекомунікацій може бути розділена на рівні управління, а саме: комутації, каналів телекомунікацій, об'єктів інфраструктури й абонентів (рис.4.1).

Основою рівня управління телекомунікаційними мережами є центр управління, до якого надходить інформація про обладнання і засоби, а також про об'єкти контролю та управління оператора телекомунікацій.

Рівень комутації управляє каналами телекомунікацій і забезпечує оперативну і безперебійну комутацію абонентів з метою рішення завдань оператора телекомунікацій.

Рівень каналів телекомунікацій здійснює передачу інформації в різних фізичних середовищах.

Рівень об'єктів інфраструктури поєднує засоби збору, первинної обробки інформації та передачі даних до центру управління оператора телекомунікацій. На цьому рівні розташовуються різні датчики, відеокамери, засоби телекомунікацій, віддалені робочі місця центру управління оператора телекомунікацій тощо.

Рівень абонентів включає три основних типи абонентських пристроїв: пристрій голосового зв’язку, пристрій збору інформації та обладнання телекомунікаційних мереж.

В самому загальному вигляді центр управління повинний реалізовувати такі функції:

- прийом інформації з різних каналів телекомунікацій;

- первинна обробка інформації для забезпечення своєчасності і достовірності підготовки даних;

- класифікація та розподіл інформації за заданими ознаками;

- підготовка аудіо - і відеоінформації до відображення на великому екрані;

- забезпечення індивідуального і колективного аналізу інформації, подальшої її обробки за тематичними напрямками;

- надання інформації особам, що приймають рішення відповідно до завдань центру управління ;

- підготовка оперативної та довідкової інформації для доповіді вищестоящому керівництву.

До створення центрів управління оператора телекомунікацій має бути проаналізована інформація про параметри обладнання, визначені характеристики завдань, що мають розв'язуватися системою управління, перелік основних функцій, склад технічних засобів системи управління у цілому, у тому числі центру управління оператора телекомунікацій.

Функції центру управління пов'язані з рішенням завдань управління в умовах надзвичайних ситуацій всіма телекомунікаційними мережами, що є у операторів телекомунікацій в експлуатації.

Технологія, яка використовується, типи телекомунікаційного обладнання, вид телекомунікаційних послуг, що надаються оператором телекомунікацій, тощо накладають жорсткі обмеження на процеси реалізації набору завдань управління. Крім того, ці особливості звичайно визначають вимоги, які пов'язані з обмеженням часу на рішення завдань управління, наприклад, час відповіді на події. Тобто вимагають організації режиму реального часу при вирішенні завдань управління телекомунікаційними мережами. При цьому моменти часу надходження повідомлень і запитів є непередбаченими; втрата інформації неприпустима. Дії з обробці запитів неможливо організувати заздалегідь, тому що це є непередбаченими подіями.

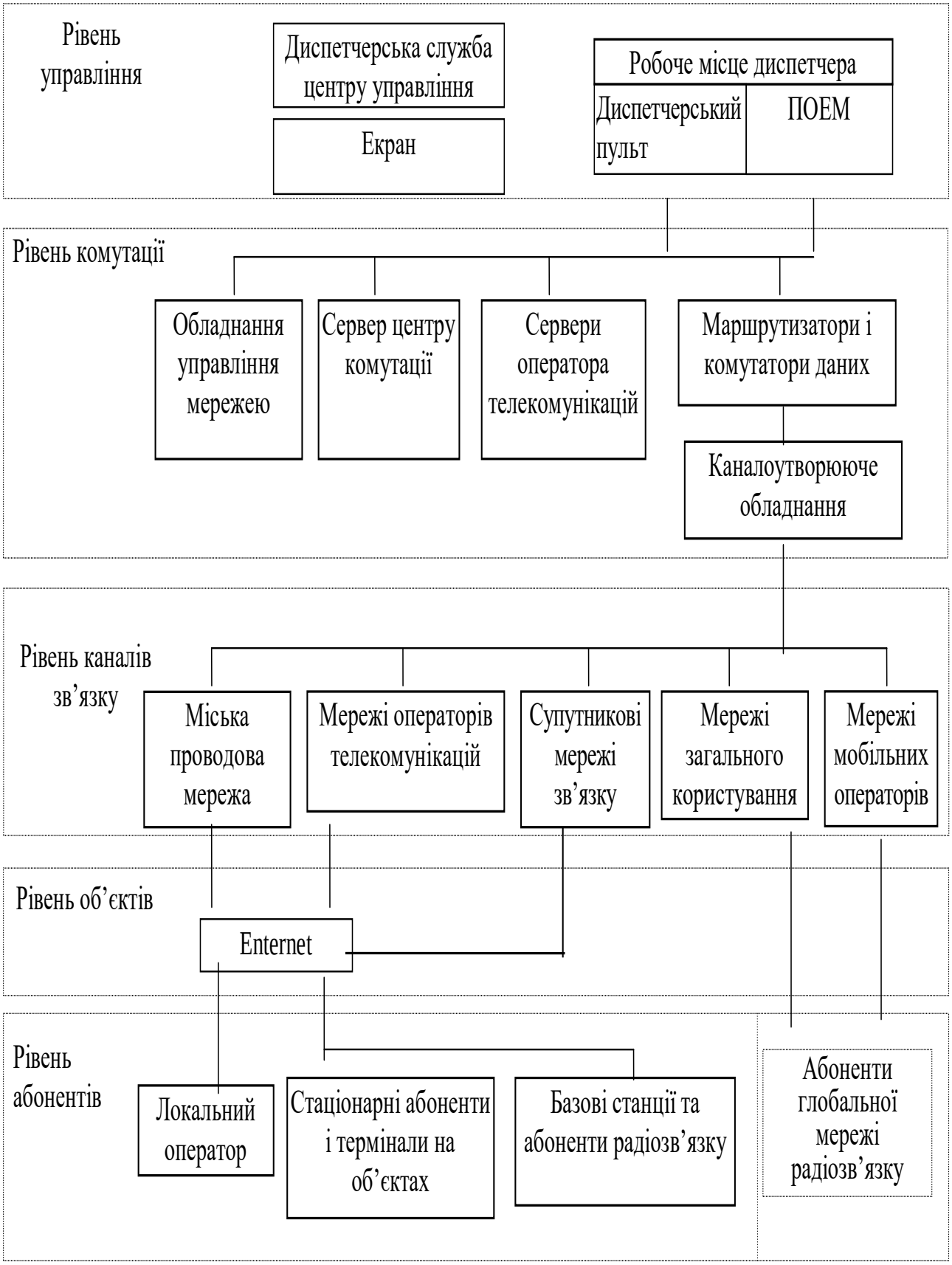


Рис. 4.1 Уявлення рівнів управління у центрі управління

Функціонування центру управління також пов'язано з діяльністю осіб, що використовують результати роботи для рішення завдань оперативного управління телекомунікаційними мережами. Наслідки, до яких може привести невідповідна робота центру управління, у ряді випадків настільки важливі, що можуть бути причиною надзвичайних подій для операторів телекомунікацій.

Інформаційно-логічний характер завдань, вимога постійного відновлення великого обсягу інформації, що відображає стан об'єктів управління (телекомунікаційних систем та обладнання), приводять до необхідності створення баз даних, де зберігається вся інформація з управління.

Наявність баз даних у складі центру управління вимагає ефективних засобів управління даними. Для цього повинні бути розроблені відповідні механізми доступу до даних, захисту даних тощо.

Для оцінювання витрат, потрібних для створення та функціонування центру управління, необхідно враховувати всі аспекти його побудови (рис 4.2).

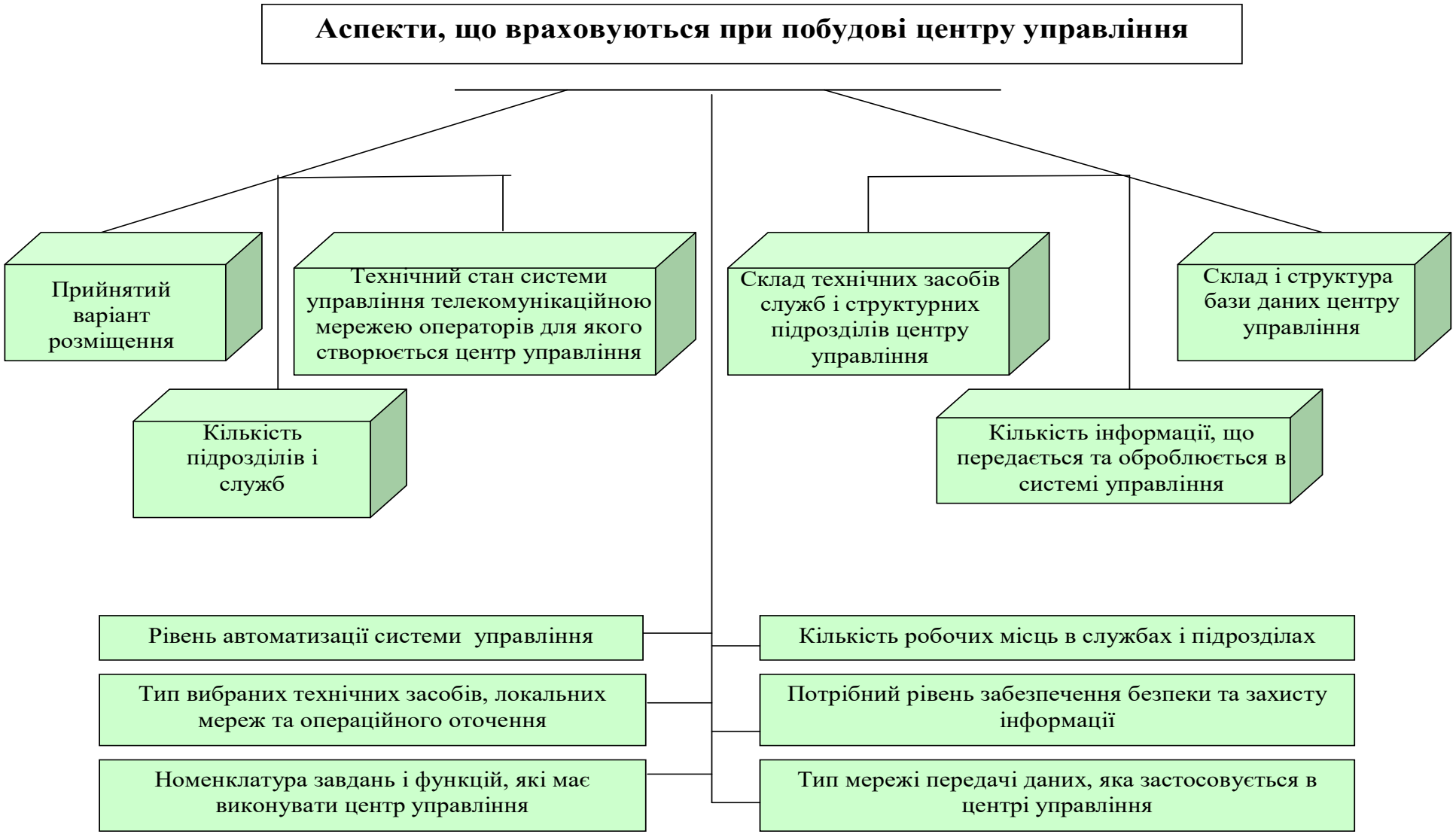


Рис. 4.2 Аспекти, що враховуються при побудові центру управління

4.2 Вимоги до технічних засобів центру управління

4.2.1 Вимоги до технічних засобів

При побудові центру управління повинні використовуватися стандартні обчислювальні засоби: сервер, робочі станції, пристрої резервного копіювання і документування, поєднувані локальною обчислювальною мережею (ЛОМ). Швидкість передачі даних у ЛОМ, середовище передачі, конкретна конфігурація технічних засобів і стекли транспортних протоколів визначається на етапі ескізного проектування.

Взаємодія між робочими станціями і сервером може здійснюватися за допомогою концентратора (hub), у випадку невеликої кількості клієнтських робочих станцій, як це показано на рис. 4.3.

При необхідності організації ЛОМ, що складає більш ніж з 10 робочих станцій, створюються підмережі, поєднувані через комутатор, що у свою чергу підключається до сервера (рис. 4.4).

Для сервера можуть використовуватися сервери і робочі станції виробництва Sun Microsystems і Hewlett Packard (наприклад, сервер сімейства серверів Sun на базі процесорів UltraSPARC IV чи сімейства HP 9000, що використовуються для управління малими і великими мережами).

Для сервера можуть використовуватися сервери і робочі станції виробництва Sun Microsystems і Hewlett Packard (наприклад, сервер сімейства серверів Sun на базі процесорів UltraSPARC IV чи сімейства HP 9000, що використовуються для управління малими і великими мережами).

Робоча станція, яка являє собою комп'ютерну систему, що повинна мати у своєму розпорядженні засоби для інтерпретації інформації управління в людино-машинній мові користувачу і навпаки. Робоча станція повинна надавати користувачу можливість маніпулювати об'єктами в інформаційній базі центру управління.

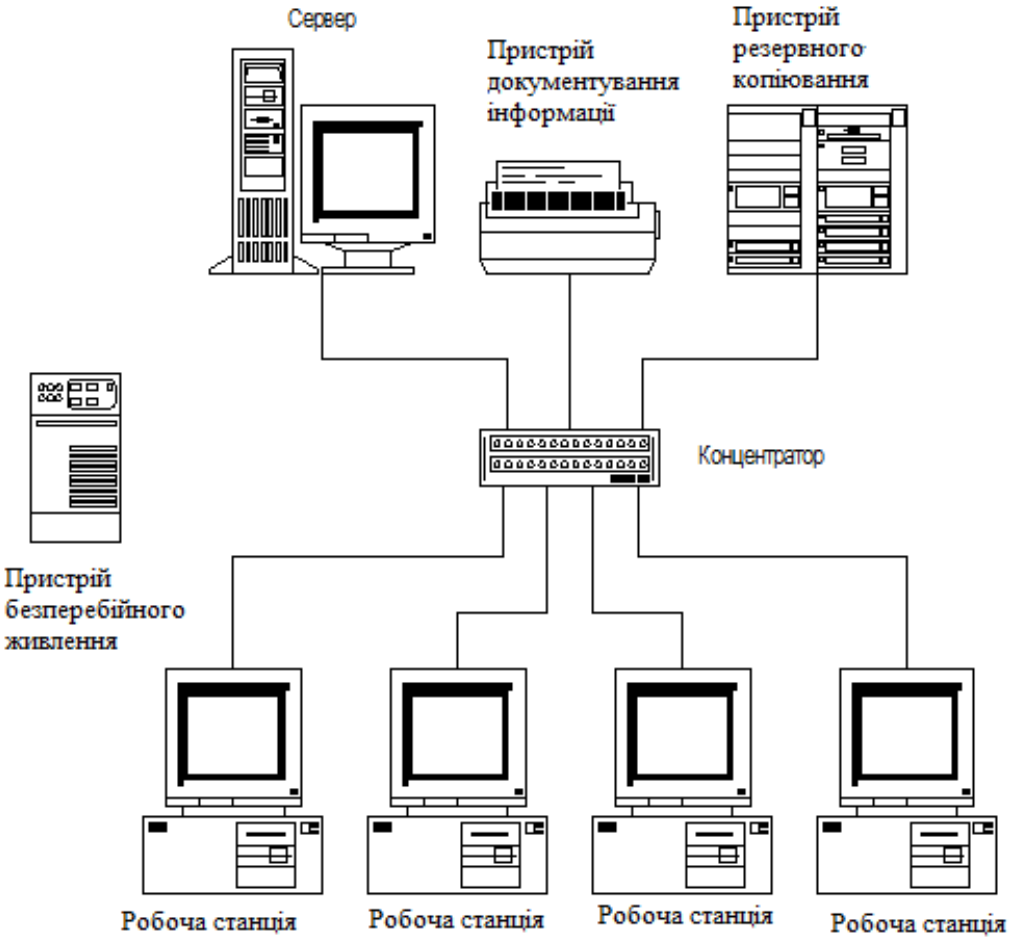


Рис. 4.3 Приклад можливої конфігурації технічних засобів центру управління при невеликій кількості клієнтських робочих станцій

Конфігурація технічних засобів центру управління повинна передбачати засоби безпеки сервера і локальної мережі центру управління Вибір цих засобів визначається оператором телекомунікацій.

Пристрій резервного копіювання здійснює періодичне збереження даних із сервера і робочих станцій для оперативного відновлення функціонування обчислювального комплексу після серйозного збою чи аварії. Ємність сховища даних і періодичність створення резервних копій визначаються індивідуально для кожного центру управління.

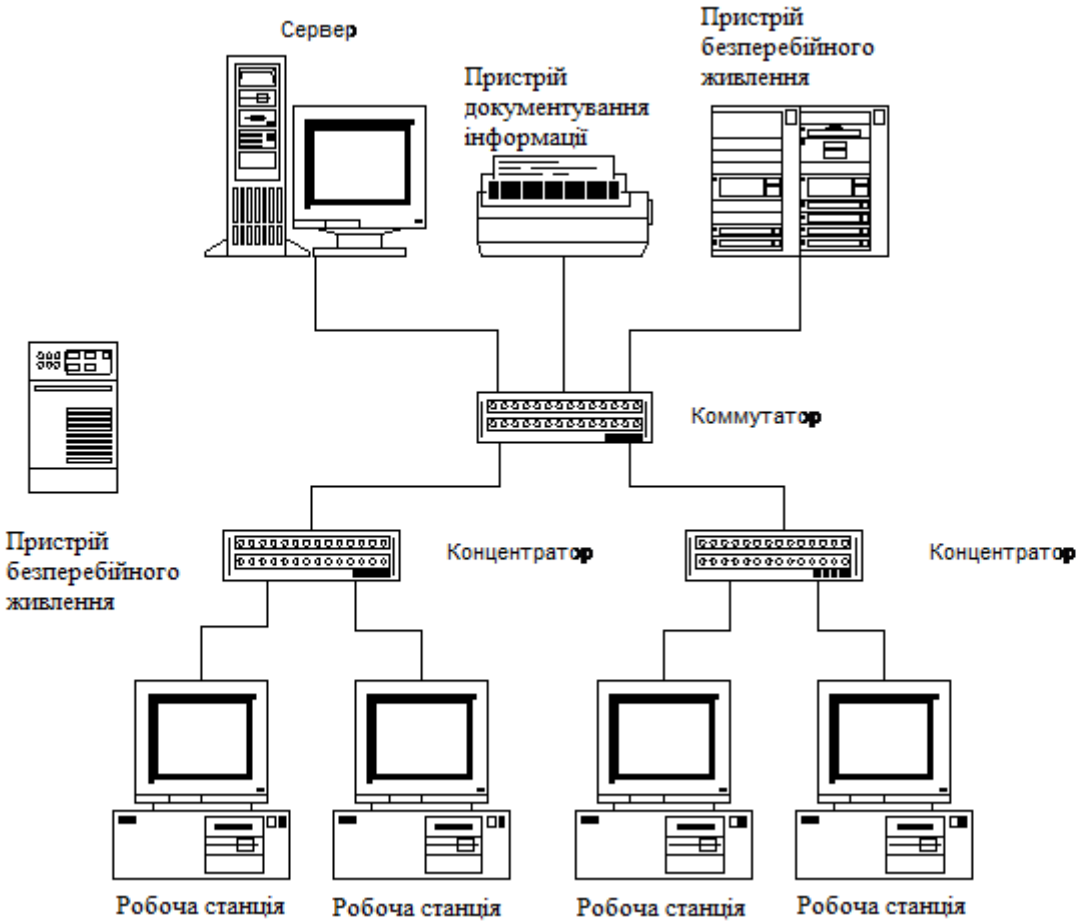


Рис. 4.4 Приклад можливої конфігурації технічних засобів центра управління при великій кількості клієнтських робочих станцій

Усі пристрої центру управління забезпечуються електроживленням від джерела безперебійного живлення для запобігання порушень у роботі при збоях і проваллі напруги. Потужність і час автономної роботи джерела безперебійного живлення визначаються номенклатурою обладнання і складністю завдання управління.

4.2.2 Принципи організації інформаційного процесу.

До Центру управління інформація може надходити по супутникових (телебачення, Інтернет, супутникові мережі обміну даними), ефірних (телебачення, радіомовлення, радіомережі обміну даними) і проводових (Інтернет, телеграф, телетайп, телефакс, провідне віщання, проводові мережі

обміну даними) каналах телекомунікацій, а також від служб персональної доставки (на машинних носіях, на відео - та аудіокасетах, на паперових носіях).

Відео- і аудіоінформація, що надходить до центру управління із супутників через супутникові антени і систему прийому, а також по ефірних і проводових каналах прийому інформації, подається для первинної обробки на мультимедійну систему. Тут здійснюється первинна обробка з метою виділення корисної інформації з загального потоку, первинний монтаж відібраних фрагментів, угруповання за напрямками пошуку й оперативне (на один-два днів) збереження (рис. 4.5).

Потім інформація передається на робочі місця аналітичної (експертної) групи, на які надходить також інформація по каналах телекомунікацій, а також по службах персональної доставки інформації на твердих копіях. На робочих місцях аналітичної групи здійснюється наступний рівень обробки з метою об'єднання інформації, отриманої в різних формах, в єдині файли, зручні для візуалізації й аудіопідтримки. Інформація (тексти, таблиці) забезпечується, при необхідності, відповідними коментарями.

Підготовлена в такий спосіб інформація може оброблятися різними методами, застосовуватися для прийняття рішення тощо. У разі необхідності інформація передається далі для аналізу, а може надаватися для відображення в центрі управління, на робочі місця групи для візуалізації інформації на великому екрані системи відображення. Алгоритм подальшої обробки інформації визначається оператором телекомунікацій. Може бути запропоновано алгоритм, коли керівник групи визначає роботу аналітиків, дає вказівки групі підтримки щодо розподілу інформації на великому екрані і за допомогою аналітиків, взаємодії з операторами робочих місць аналітичної групи, готує доповіді керівництву.

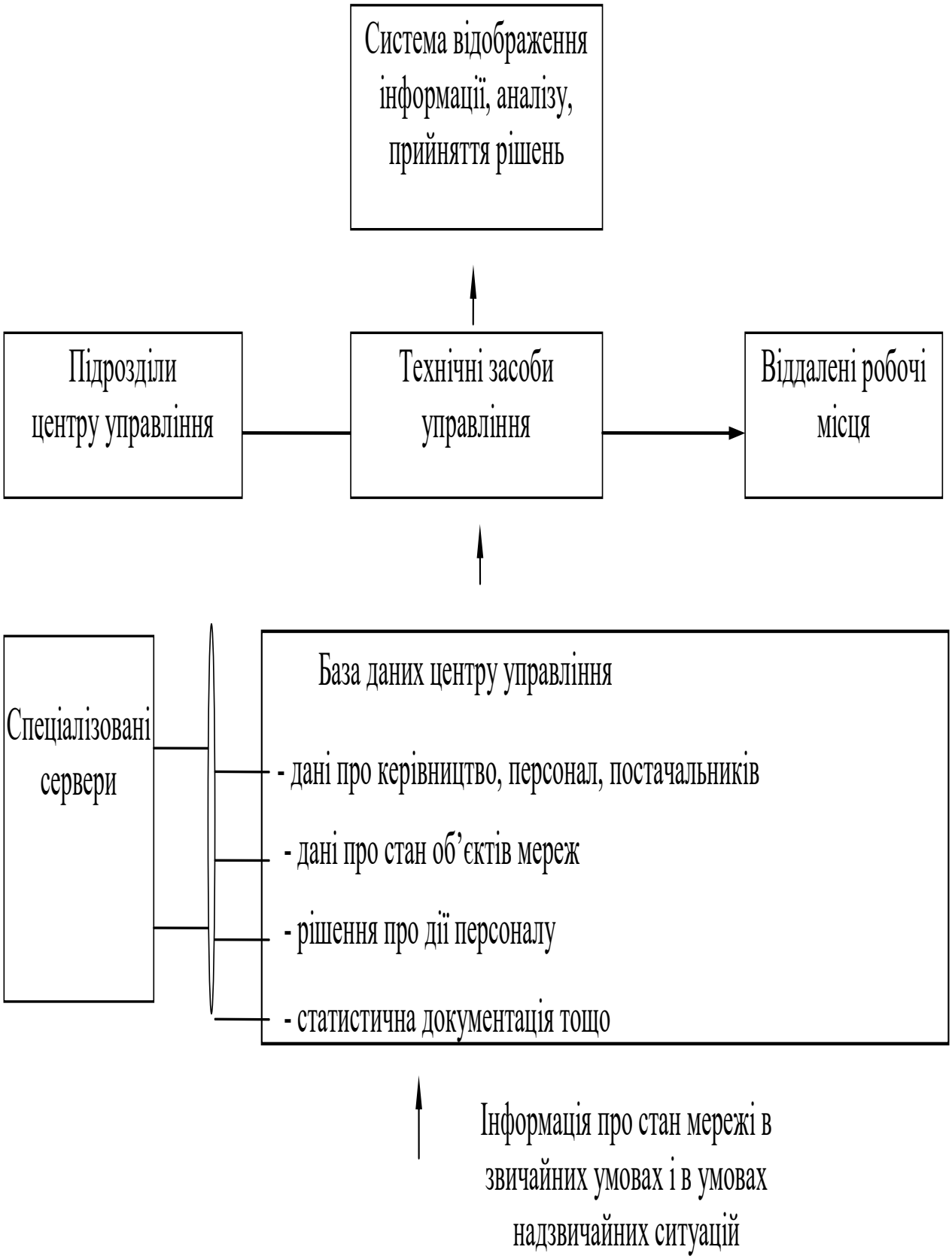


Рис. 4.5 Інформаційна модель центру управління мережами оператора

Персонал управління, який одержує інформацію (при необхідності додаткову інформацію) з робочих місць підготовки інформації може використовувати необхідну інформацію за призначенням. Система відображення забезпечує для всього оперативного персоналу можливість спостереження на великому екрані повного обсягу актуальної інформації поряд з інформацією з індивідуального сектора кожного аналітика. Колективне розуміння повної ситуаційної картини керівником та аналітиками дозволяє поглибити аналіз щодо кожної телекомунікаційної мережі (або фрагмента телекомунікаційної мережі), уникнути помилок, які виникають на стиках завдань управління телекомунікаційними мережами, що прискорює процес, ефективність і повноту інформаційної підтримки прийняття рішень.

Підготовлена в такий спосіб інформація передається керівникам постійно з визначеним періодом або за запитом.

Для довгострокового збереження інформація направляється до архівної бази даних, у разі необхідності вона може бути отримана за запитом персоналу відповідно до розподілу повноважень щодо доступу.

Наявність бази даних та архіву з великим обсягом збереження дозволяє під час аналізу та оброблення інформації враховувати історію та динаміку розвитку ситуацій у телекомунікаційних мережах оператора телекомунікацій. У складі центру управління можуть бути передбачені також окремі робочі місця архіву (де зберігається довгострокова інформація), поточна база даних, групи документування інформації тощо, які можуть бути підключені до локальної мережі.

Повідомлення, що надходить до центру управління, має автоматично викликати виконання послідовності програм, необхідних для його обробки. Це характерно для систем реального часу, коли програмні засоби ініціюються подіями. При цьому забезпечується багатопотоковий режим роботи центру управління, спільне використання комунікаційної системи, технічних і програмних засобів.

Забезпечення причинно-наслідкових зв'язків, реалізація графічних моделей із прив'язкою за часом вимагають розробки програмних засобів синхронізації паралельних (рівнозначних) інформаційних процесів.

Організація інформаційних процесів в центрі управління ускладнюється низкою факторів, пов'язаних з особливостями його функціонування. Організація інформаційних процесів в центрі управління повинна будуватися з урахуванням того, що:

- виконується значний діапазон завдань з різним пріоритетом;
- передається та обробляється значний обсяг повідомлень;
- велика кількість споживачів ;
- необхідність підтримки баз даних в актуальному стані;
- обслуговування споживачів у реальному часі;
- забезпечення розмежування доступу до баз даних відповідно до повноважень споживачів тощо.

Реальні рішення проблеми цілісності центру управління зв'язані зі створенням толерантних систем з такими властивостями:

- переконфігурації структури апаратно-програмних засобів;
- реконфігурації інформаційного процесу у відповідності зі сформованої на сучасний момент часу комутаційним і абонентським середовищем;
- самоадаптації на основі принципів структурної і функціональної адаптації.

Вимоги побудови адаптивних центрів управління зв'язані також з можливістю еволюції його структури, зміною технології обробки інформації, рішенням нових завдань тощо.

Особливістю побудови центру управління є робота в територіально розподіленій мережі управління. Тому структурна організація центру управління повинна задовольняти таким вимогам:

- ефективний обмін даними в умовах гетерогенних мереж;
- адаптація до умов роботи, що змінюються, (навантаження, склад апаратних і програмних засобів тощо);

- організація баз даних і забезпечення доступу до них великої кількості споживачів з дотриманням мір захисту інформації і розмежування доступу;

- моніторинг інформаційного процесу, вироблення рекомендацій з удосконалювання роботи системи управління.

4.3 Основні вимоги до ефективності функціонування центру управління

Як всякий об'єкт дослідження, центр управління повинний мати деякі властивості, що визначають якість його функціонування. Останнє являє собою сукупність властивостей, що характеризують придатність центру управління для використання за призначенням. Тому найбільш об'єктивної є оцінка якості центру управління за ефективністю його функціонування.

Сукупність умов, що визначають вимоги за можливим значенням показників ефективності функціонування центру управління, назвемо критеріями оцінки ефективності центру управління. Отже, критерій оцінки ефективності центру управління загалом належить одному з трьох класів критеріїв: придатності, переваги й оптимальності.

Аналіз змісту процесів функціонування центрів управління такого рангу приводить до висновку про доцільність оцінки ефективності центру управління двома групами показників ефективності: цільового використання і техніко-економічної доцільності. При дослідженні центру управління із безлічі можливих показників ефективності необхідно вибрати показники, що найбільше повно характеризує основні властивості центру управління з урахуванням вимог до системи управління телекомунікаційними мережами. При цьому бажано прагнути до виконання умови.

За допомогою показників першої групи оцінюється ефективність центру управління за ступенем його відповідності цільовому призначенню - організації функціонування телекомунікаційних мереж в умовах надзвичайних ситуацій.

Показники другої групи повинні відповідати цілям відшукання таких варіантів побудови центру управління, що дозволяють створювати його з мінімальними витратами на проектування, розробку й експлуатацію.

Для центру управління можна вибрати такі основні узагальнені показники ефективності.

1) повнота інформації - визначається технічними характеристиками об'єктів управління, які контролюються, обсягом інформації, що надається до центру управління. Збільшення інформації, що надається, може призвести до перевантаження мережі передачі системи управління, якості прийняття рішень. Ефективність показника досягається оптимізацією системи управління, її конфігурацією, що проводиться на етапі побудови і створення центру управління та у цілому системи управління.

2) якість сприйняття інформації - найбільш складний узагальнений показник, обумовлений зручністю сприйняття інформації, що надходить до системи управління, форматом її надання, правилами оброблення тощо. Очевидно, що інформації з віддалених об'єктів, обмежується часом надходження, а отже часом реакції на події, що відбуваються у телекомунікаційній мережі.

3) пропускна спроможність центру управління , що визначається кількістю інформації, яка обробляється за одиницю часу. Цей показник може визначатися за видами інформації, кількістю робочих місць (підрозділів), складом технічних засобів тощо.

Відносна пропускна здатність - відношення обсягу інформації, що обробляється в центрі управління за деякий інтервал часу, до обсягу інформації, яка поступила до системи за той же інтервал часу.

Основні узагальнені показники ефективності центру управління представлені на рис. 4.6.



Рис. 4.6 Основні узагальнені показники ефективності центру управління

Для ефективного функціонування центру управління мережами має бути своєчасно розроблений пакет документів, а саме:

1) Типовий договір про взаємодію операторів телекомунікацій з Національним центром оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами

2) Типовий план відновлення функціонування телекомунікаційних мереж у надзвичайних ситуаціях

3) Рекомендації щодо створення відомчого матеріального резерву для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

4) Інструкція про порядок взаємодії підрозділів системи оперативно-технічного управління між собою

6) Інструкція про порядок оповіщення споживачів про можливе зниження якості телекомунікаційних послуг та обмеження щодо їх надання на період дії надзвичайних ситуацій

7) Порядок технічної взаємодії основного та резервного центру управління мережами операторів телекомунікацій

8) Перелік резерву технічних засобів, необхідного для виконання завдань оперативно-технічного управління

9) План та схеми резервування і оперативної заміни пошкоджених ресурсів телекомунікаційних мереж

11) Інструкції про порядок проведення профілактичних, ремонтних, налагоджувальних та інших робіт у телекомунікаційних мережах оператора телекомунікацій

12) Програма та план проведення навчання і тренувань персоналу діям в звичайних умовах і в умовах надзвичайних ситуацій

13) Порядок створення і ведення інформаційних баз даних із застосуванням єдиної системи класифікації та ідентифікації об’єктів операторів телекомунікацій

14) Інструкція щодо захисту інформації в центрі управління мережами операторів телекомунікацій.

Важливо визначити витрати на створення центру управління телекомунікаційними мережами, що також обумовлює ефективність створення центру управління оператора телекомунікацій.

Витрати на розробку і створення центру управління (основного і резервного) складаються з витрат:

- на розробку відповідних положень і нормативних документів щодо функціонування центру управління;

- власне на розробку центру управління (структура, база даних, ліцензійне програмне забезпечення тощо);

- на придбання програмно-технічних засобів центру управління, комп'ютерного обладнання і сервісного обладнання;

- на побудову мережі передачі даних та організацію локальних мереж в центрі управління;

- на придбання канального і телекомунікаційного обладнання доступу до Інтернет;

- на навчання фахівців, які працюють на програмно-технічних засобах;

- на створення центру генерації та підтримки програмного забезпечення.

Крім цього необхідно враховувати вартість побудови будівлі або оренди відповідної площі, вартість оргтехніки, меблів і транспорту.

4.4 Структура центру управління мережами оператора телекомунікацій

Центр управління може управляти неоднорідними телекомунікаційними мережами оператора телекомунікацій. Вони можуть бути побудовані з використанням різних технологій і технічних засобів. Це необхідно враховувати при визначенні структури центру управління, в якому мають бути створені служби (підрозділи), що несуть відповідальність за управління конкретним видом телекомунікаційних мереж і виконання відповідних функцій. Бажано, щоб кожна служба працювала зі своїм обсягом інформації в базі даних, яка потрібна менеджеру даної служби для вирішення завдань управління. Це дозволить зменшити обсяги інформації, необхідної для функціонування центру та

підвищити ефективність його роботи. З врахуванням зазначеного можна визначити перелік служб, які повинні входити до складу центру управління та забезпечувати виконання його функцій. А саме: служби управління якістю, управління трафіком, розрахунками, управління захистом інформації; управління персоналом; управління експлуатацією; ведення бази даних; управління технічним обслуговуванням та ремонтом; група технічного забезпечення; група програмного забезпечення; група нормативної документації; група юридичної підтримки тощо.

Ситуації, що викликають різке зростання потреби в обміні, можуть бути передбачені (свята, спортивні змагання тощо) або можуть бути непередбаченими (стихійне лихо, катастрофи тощо). Ці чинники можуть стати причиною перевантажень, які негативно впливають на якість обслуговування. Якість роботи телекомунікаційних мереж загального користування може бути значно поліпшена, якщо заходи для усунення негативних наслідків такого роду явищ будуть виконуватись оперативно. Тому необхідно створити систему оперативного або динамічного управління трафіком, метою якої є функціональний захист телекомунікаційних мереж від будь-яких ситуацій, що негативно впливають на її роботу та зберігання високої пропускної спроможності з забезпеченням заданої якості обслуговування мережі в звичайних умовах і в умовах надзвичайних ситуацій. Служба управління трафіком центру управління повинна:

- прогнозувати екстрені пікові ситуації;

- здійснювати моніторинг стану телекомунікаційної мережі;

- здійснювати заходи для забезпечення працездатності телекомунікаційної мережі;

- впливати на трафік на будь-якій ділянці мережі (можливо шляхом реконфігурації) для усунення проблем, що виникають.

Управління трафіком має поширюватися також на зменшення навантаження комутаційних систем і недопущення його збільшення, з метою запобігання перевантаження комутаційних систем. Якщо з цим перевантаженням

не боротися, воно може поширитися на сусідні комутаційні системи і привести до більш серйозного погіршення якості роботи телекомунікаційних мереж. Система управління трафіком має усувати повторні виклики у перевантаженій комутаційній системі.

Служба управління трафіком центру управління має забезпечувати такі функції:

- контроль за станом і роботою телекомунікаційних мереж в реальному масштабі часу, що припускає оперативній збір і швидкий аналіз даних про трафік;

- виявлення порушень у роботі телекомунікаційних мереж, що викликають стан перевантаження або непроходження з'єднань на окремих ділянках мережі або в телекомунікаційних мережах в цілому;

- виявлення причин таких ненормальних явищ;

- дії з усунення таких ненормальних явищ або контроль над ними;

- співробітництво і координація дій з іншими службами, наприклад технічного обслуговування тощо.

- планування та прогнозування з урахуванням відомих або передбачених ситуацій, які можуть виникнути в телекомунікаційних мережах.

Служба управління технічним обслуговуванням і ремонтом також є однією з основних служб у центрі управління, вона повинна формуватися з урахуванням сформованих структур з управління та технічної експлуатації телекомунікаційних мереж різних операторів телекомунікацій. Завдання технічного обслуговування вирішуються центрами технічної експлуатації оператора телекомунікацій.

Кожен оператор телекомунікацій самостійно будує технічне обслуговування мережі, яка йому належить. Технічне обслуговування провадиться з урахуванням інструкцій з експлуатації фірм-виробників обладнання, щоб повністю забезпечити норми якості надання телекомунікаційних послуг.

Оператори телекомунікацій можуть будувати свої центри технічної

експлуатації за ієрархічним принципом, визначаючи кількість ієрархічних рівнів. Технічної експлуатації оператора телекомунікацій повинен надсилати до служби управління технічним обслуговуванням центру управління дані звітності з технічного обслуговування в установлені чинними документами терміни та за встановленими формами.

Центр технічної експлуатації будь-якого оператора повинен мати можливість перевірити і проаналізувати точну послідовність подій в мережі, що призводять до пошкоджень.

Служба повинна використовувати автоматизоване тестування, збирати і відображати дані про роботу телекомунікаційних мереж за допомогою графічного або текстового інтерфейсу.

Служба повинна виконувати корекцію повідомлень стосовно аварій. Вона повинна швидко розпізнавати та ідентифікувати аварійні ситуації.

В структурі центру управління операторів телекомунікацій служба управління захистом даних і безпекою повинна стати обов'язковою невід'ємною частиною та забезпечувати виконання усього комплексу завдань захисту телекомунікаційних мереж та інформації. Цей комплекс складається з питань захисту, що мають свої особливості за наслідками порушень і за принципами та заходами, що вживаються для захисту.

Структуру і штат центру управління мережами оператора телекомунікацій затверджує керівник оператора (підприємства) телекомунікацій або інша особа за його розпорядженням.

Структура і штат центру управління мережами оператора телекомунікацій визначається штатним розписом з урахуванням обсягу роботи персоналу та його особливостей.

Розподіл завдань та обов’язків персоналу здійснюється відповідно до посадових інструкцій, що затверджується начальником центру управління мережами оператора телекомунікацій.

До складу центру управління мережами оператора телекомунікацій входять такі підрозділи:

- адміністративний (начальник, заступники, робота з кадрами);

- юридичний підрозділ, для здійснення правової взаємодії з операторами;

- Режимно-секретний підрозділ та підрозділ з захисту та безпеки інформації;

- технологічні підрозділи, для управління технологічною взаємодією операторів телекомунікацій;

- підрозділи технічного та програмного забезпечення, ведення та підтримки баз даних;

- оперативні підрозділи (диспетчер, аналізу, прогнозування, оповіщення);

- підрозділ відновлення, який здійснює координацію відновлення телекомунікаційних мереж, однім з найважливіших завдань якого в умовах надзвичайних ситуацій в телекомунікаційних мережах є поетапне забезпечення телекомунікацій на заздалегідь позначених найважливіших напрямках в інтересах державного управління, оборони країни, безпеки держави і забезпечення правопорядку;

- економічні підрозділи, для виконання робіт з бухгалтерського обліку, планування, отримання від операторів телекомунікацій періодичної та річної звітності у відповідності з чинними правовими актами стосовно надання даних до центру управління ;

- підрозділ нормативної технічної документації;

- загально господарчі підрозділи, підрозділ електроживлення.

Начальник центру управління мережами оператора телекомунікацій має право:

- вносити пропозиції щодо розвитку й удосконалення систем управління операторів телекомунікацій;

вносити пропозиції щодо вдосконалення структури центру управління мережами оператора телекомунікацій та його структурних підрозділів;

- запитувати у встановленому порядку у структурних підрозділах операторів телекомунікацій інформацію та документи, необхідні для виконання

функцій центру управління мережами оператора телекомунікацій та власних обов'язків;

- вимагати від підрозділів операторів телекомунікації своєчасного надання інформації та представлення статистичної і довідкової звітності;

- одержувати від підрозділів операторів телекомунікацій інформацію в обсягах, необхідних для здійснення функцій центру управління мережами оператора телекомунікацій;

- своєчасно доводити до підрозділів операторів телекомунікацій інформацію про погрозу виникнення надзвичайних ситуацій;

- надавати розпорядження з питань управління для виконання всіма підрозділами центру управління мережами оператора телекомунікацій при виникненні надзвичайних ситуацій;

- вимагати від персоналу виконання розпоряджень, а також правил, інструкцій з питань управління;

- одержувати від підрозділів інформацію, необхідну для виконання покладених на центр управління мережами оператора телекомунікацій функцій при виникненні надзвичайних ситуацій;

- організовувати навчання з питань, що належать до компетенції центру управління мережами оператора телекомунікацій, відповідно до нормативних і технологічних документів;

- приймати рішення щодо всіх питань оперативно-технічного управління за виключенням зміни структури системи оперативно-технічного управління та зміни структури центру управління;

Начальник центру управління мережами оператора телекомунікацій відповідає за достовірність інформації, що надається, правильність та об'єктивність прийнятих рішень, а також своєчасне прийняття заходів щодо відновлення функціонування телекомунікаційних мереж під час надзвичайних ситуацій.

4.5 Основні вимоги до інформаційного і програмного забезпечення центру управління

У цілому інформаційне забезпечення системи управління повинне задовольняти вимогам: повноти і вірогідності даних про стан мереж; одноразової реєстрації; зручності і швидкості доступу до даних; забезпечення схоронності інформації; забезпечення регламентованого доступу до даних; відновлення інформації після збоїв.

Інформаційне забезпечення центра управління повинне містити зведення про всі об'єкти управління мереж, що описують їхній стан, конфігурацію і схему організації мереж.

Інформаційне забезпечення містить:

- інформацію, що міститься в базах даних (БД), що відбиває конфігурацію і стан мереж телекомунікацій і їхніх елементів;
- інформацію, що циркулює по мережі передачі даних і оброблювану в підрозділах системи управління;
- системи класифікації і кодування інформації.

Бази даних центру управління операторів повинні бути інформаційно сумісні в частині опису схеми організації мережі.

Для забезпечення управління під час ведення бази даних повинні забезпечувати:

- збереження всієї інформації, необхідної для рішення загальних завдань управління;
- внесення змін до бази даних;
- підтримку несуперечності збереженої інформації, тобто перевірку всіх наявних залежностей між даними;
- захист інформації від несанкціонованого доступу і руйнування.

Для забезпечення скоординованих дій внесення змін до бази даних центру управління повинне вироблятися в міру надходження інформації про зміни, що відбулися в мережах відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Центр управління забезпечує систематизацію інформації, що визначає об'єкти управління і їхній стан, і її представлення у формі, зручної для обробки і передачі в процесі управління.

Програмне забезпечення центру управління повинне містити такі модулі:

- Інформаційну базу управління (MIB). MIB є основним сховищем даних і містить довідкову інформацію про мережу, таку як класи об'єктів, інформацію про конфігурацію мережі, детальну інформацію про об'єкти, статистичні дані про устаткування, дані про динамік поводження мережі, про аварійні повідомлення, події і характеристики роботи мережі;
- Функціональний модуль реєстрації, що відповідає за управління безлічі спільно визначених довідкових атрибутів для всіх об'єктів, за збереження глобальних даних доступу, реєстрацію і представлення мережі. Графічний інтерфейс, що представляє мережу в цілому, повинний задавати різні представлення для кожного елемента мережі, показувати лінії, статус ліній, місце розташування елементів мережі, обладнання тощо.
- Функціональний модуль аналізу параметрів якості роботи обчислює статистику, засновану на мережній інформації, такий як значення трафіка і лічильників, канальна ємність, помилки на лініях і устаткуванні тощо. Статистика може обчислюватися за наявними даними і за даними прогнозування.
- Функціональний модуль збору даних збирає дані від елементів мережі: станцій комутації, систем передачі і центрів управління мережею і зберігає ці дані в MIB. Цей модуль також здійснює ініціалізацію збереження даних для наступної обробки, збір і збереження даних по областях управління, визначення окремих елементів мережі, поділ атрибутів і тимчасових інтервалів, запит даних, що зберігаються в MIB.
- Функціональний модуль вироблення повідомлень повинний забезпечувати видачу повідомлень про трафік ліній, про помилки на лініях, про трафік елементів мережі, підсумкові повідомлення, повідомлення з використанням графіки, про мережні події, реєструвати тривожні ситуації в мережі,

виконувати роботи з мережними вікнами, у яких мережний елемент змінює стан на несправне.

- Функціональний модуль аварійної сигналізації повинний здійснювати аварійну сигналізацію і виконувати функцію управління мережею, використовуючи моніторинг тривожних ситуацій.
- Функціональний модуль завантаження інформації про події зберігає інформацію з усіх типів подій і надає інформаційну базу, необхідну для статистичного аналізу помилок мережі чи будь-якої обробки за схемою технічної експлуатації.

Програмне забезпечення центру управління повинне бути розраховане на цілодобовий режим роботи і забезпечувати функціонування обчислювальних засобів підрозділів системи управління.

Програмне забезпечення повинно забезпечувати захист інформації від несанкціонованого доступу, втрат і перекручувань при збереженні, уведенні, висновку, виникненні збоїв і обробці інформації при взаємодії підрозділів, а також повинно містити пакети програм, що забезпечують підтримку локальних мереж, передачу даних, формування і ведення БД, видачу інформації з довідкових запитів до БД тощо.

Алгоритмічне забезпечення системи управління повинне містити алгоритми, що визначають технологічний процес центру управління операторів як у повсякденних умовах, так і в надзвичайних ситуаціях

Технологічний процес повинний визначати склад, послідовність і терміни реалізації функцій підрозділами системи управління.

Технологічні процеси функціонування підрозділів системи управління повинні бути погоджені і взаємопов'язані.

Технологічний процес управління в надзвичайних ситуаціях повинний розроблятися особливо з обліком передбачених на ці випадки принципів управління.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Система управління є складною і багатокомпонентною системою, тому їй притаманні такі властивості, як багатомірність, розмаїття структури, багатозв'язність елементів (взаємозв'язок підсистем на одному рівні та між різними рівнями ієрархії), різнорідність бази елементів, багаторазовість зміни складу і стану (змінність структури, зв'язків і складу системи), багатокритеріальність, багатоплановість тощо.

Оптимізація систем такого типу включає оптимізацію як самої системи управління, так і процесу її проектування. Обидва напрямки оптимізації взаємозалежні. Показники якості розроблюваної системи істотно залежать від оптимальності процесу та строку розробки, засобів устаткування. У свою чергу, час і засоби, затрачені на процес розроблення системи значною мірою визначаються структурою системи та її параметрами. Проте задача одночасного вирішення оптимізації системи управління і процесу її розроблення складна. Тому в розділі основна увага буде приділена оптимізації системи управління. У процесі розроблення будемо враховувати лише оптимальну характеристику показника вартості – C_p (C_p враховує також затрати на проектування).

Знаходження оптимальної системи управління будемо називати процесом синтезу системи. Задача синтезу полягає в знаходженні такої системи управління, яка компромісно оптимізує показники якості при обмеженні вхідних даних та спектра визначених умов. Зазначимо, що синтез системи управління такого типу повинен бути векторним, тобто виконуватися з урахуванням значень сукупності (векторів) показників якості, включаючи й економічні, які заздалегідь враховані (прогнозуються) в критерії переваги (критерії оптимальності системи).

Синтез інформаційних мереж управління може бути векторним чи глобальним.

Векторний синтез виконує задачу, яку можна сформулювати наступним чином. Кожна система S(кожен варіант побудови системи) характеризується

вектором K (k_1, k_2 ... , k_m) показників якості. Таку задачу називають багатокритеріальною. На відміну від векторного, синтез проведений за одним показником якості, називається скалярним.

Глобальним називається синтез, який виконується з урахуванням всіх суттєвих показників якості, включаючи й економічні.

Враховуючи векторний синтез, потрібно визначити такі значення управляючих змінних $x \in D$, які забезпечують одночасно мінімум всіх введених критеріїв оптимальності $Q_k(x)$, $k=1, 2, \dots, s$. Зазвичай ці критерії суперечливі, оптимізація за кожним з них приводить до різних значень управляючих змінних. У зв'язку з цим для врахування всієї сукупності часткових критеріїв необхідно проаналізувати векторний критерій оптимальності $Q(x)=[Q_1(x), \dots, Q_s(x)]$, який приводить до розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації.

Вирішення задачі оптимального синтезу – це процес вибору управляючих змінних x, що належать допустимій області D і забезпечують оптимальне значення критерію оптимальності $Q(x)$ (інакше – цільової функції, критерію ефективності, функції корисності) – характеристики системи управління, за допомогою якої можна визначити найбільш прийнятний варіант побудови системи.

Екстремальне значення критерію оптимальності $Q(x)$ (кількісне значення) отримується в залежності від конкретного завдання максимуму або мінімуму цієї функції.

Критеріїв оптимальності може бути декілька $Q_1(x)$, $Q_2(x)$,..., $Q_s(x)$, для кожного з них знаходиться вектор $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, який забезпечує мінімальне (або максимальне) значення критерію оптимальності:

$$Q_i=Q_i(x_1, x_2, \dots, x_n),\ i=1, 2, \dots, m \qquad (5.1)$$

при рішенні системи нерівностей

$$Q_i(x_1,x_2,\dots,x_n) \geq 0,\ \ i=1, 2, \dots, m \qquad (5.2)$$

$$x_i^- \leq x_i \leq x_i^+,\quad j=1,2,\dots,n \qquad (5.3)$$

Отже, розв'язання задачі оптимізації системи управління зводиться до вирішення умови оптимізації – виразів (5.1)–(5.3), тобто, до визначення оптимального значення x^*, що задовольняє нерівності (5.2), (5.3) та знаходження мінімального (максимального) значення критерію оптимальності.

Для системи управління, наприклад, маємо такі часткові критерії:

$Q_1(x)$ – функція, яка характеризує кількість інформації, що забезпечує заданий спектр послуг;

$Q_2(x)$ – функція, що характеризує затримку управління інформації при комутації пакетів системи управління;

$Q_3(x)$ – функція, яка характеризує надійність структури при заданих обмеженнях;

$Q_4(x)$ – функція, яка характеризує достовірність переданої інформації;

$Q_5(x)$ – функція, що характеризує вартість системи управління з урахуванням усіх перерахованих властивостей.

При однокритеріальному вирішенні таких задач оптимізації мереж перевага надавалася одному з вищенаведених критеріїв, а для інших визначалась область припустимих рішень.

За сучасних умов такий підхід недостатньо ефективний, оскільки перераховані часткові критерії суперечать один одному. Наприклад, критерій Q_2 (мінімум затримки управляючої інформації) суперечить критерію Q_4 (максимум достовірності). А виконання всіх критеріїв $Q_1..Q_4$, суперечить критерію Q_5 (мінімум вартості). [8]

Рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в загальному випадку неоптимальне для жодного з часткових критеріїв, але є компромісним для вектора $Q(x)$ у цілому. Потрібно зазначити, що рішення задачі багатокритеріальної оптимізації (компромісне рішення) $x^* \notin D$ є ефективною точкою, якщо для неї справедлива нерівність $Q(x^*) \leq Q(x)$ при $x \notin D$. Тобто, будь-який компонент $Q_k(x^*) \leq Q_k(x)$, *де* $k=1, 2, \ldots, s$, але хоча б для одного з s-чисел знайдеться точка $x \notin D$, в якій виконується жорстка нерівність $Q_j(x^*) \leq Q(x)$. З визначення ефективної точки випливає, що вона не єдина. Множиною всіх

ефективних точок називається область визначення, або область рішень. Оптимальність векторного критерію $Q(x)$ означає, що не можна далі зменшувати значення одного з часткових критеріїв, не збільшуючи значення хоча б одного з інших.

Для визначення мінімуму векторного критерію $Q(x)$ необхідно перейти від задачі векторної оптимізації до задачі нелінійної оптимізації з спеціально сформульованою цільовою функцією:

$$Q(x)=\Phi[Q_1(x),Q_2(x)\dots , Q_s(x)] \qquad (5.4)$$

Процес пошуку скалярної функції, яка є узагальненим критерієм для задачі багатокритеріальної оптимізації, називається об'єднанням (згортанням) векторного критерію оптимальності.

Далі в роботі описані різні методи об'єднання часткових критеріїв і одержання узагальненого критерію. Це дозволяє здійснити глобальний синтез системи управління з урахуванням часткових критеріїв, необхідних для забезпечення заданої точності параметрів мережі.

Розглянемо об'єднання кількісно сумісних критеріїв. Критерії оптимальності $Q_k(x)$, k=1, 2,.., s, будемо вважати кількісно сумісними, якщо вони характеризують важливість кожного з них у порівнянні з іншими критеріями. Параметри λ_k називаються ваговими коефіцієнтами (ступенем корисності k-го критерію, вагою критерію тощо). Розмірності вагових коефіцієнтів λ_k такі: в чисельнику – загальна розмірність, а в знаменнику – розмірність часткового критерію $Q_k(x)$. Це дозволяє одержати узагальнений скалярний критерій $Q_k(x)$, який називається адитивною функцією корисності, шляхом суми часткових критеріїв та множення на свої вагові коефіцієнти (метод зважених сум).

$$Q(x) = \sum_{k=1}^{s} \lambda_k Q_k(x), \qquad (5.5)$$

де $\lambda_k \geq 0$.

У деяких випадках припускається порівняння не критеріїв оптимальності, а втрат кожного з них. Втрати визначаються як різниця ніж $Q_k(x)$ і його оптимальною величиною Q_k^*:

$$Q_k^* = \min_{x \in \Delta} Q_k(x)$$

У цьому випадку адитивна функція корисності має вигляд:

$$Q_k(x) = \sum_{k=1}^{s} \lambda_k [Q_k(x) - Q_k^*] \qquad (5.6)$$

Вираз (4.5) об'єднує часткові критерії $Q_k(x)$ різних розмірностей, а рівність (4.6) приводить ці критерії до загального початку відліку і до однієї розмірності.

Недоліком методу зважених сум є те, що компромісне та оптимальне рішення у складі узагальненого критерію $Q(x)$, може виявитися незадовільним за одним з часткових рішень $Q_k(x)$. Тобто, при забезпеченні мінімального значення для $Q(x)$ може виявитися, що один критерій компенсується за рахунок інших, які можуть виявитися дуже великими. (Наприклад, у цьому випадку затримка управляючої інформації чи ймовірність помилки можуть бути неприпустимо великими). Для усунення цього недоліку необхідно ввести параметр C_{k1}, що дозволяє визначити відхилення оптимального значення одного з часткових критеріїв від його значення, отриманого оптимальним
рішенням для інших критеріїв:

$$C_{k1} = |[Q_k(X_k^*) - Q_k(X_i^*)] / Q_k(X_k^*)| \qquad (5.7)$$

Значення параметра C_{k1} характеризує вплив вектора X_i^* на критерій $Q_k(x)$.

Об'єднання критеріїв, для яких визначено співвідношення переваги за вагомістю. Нехай задано перевагу за вагомістю для часткових критеріїв оптимальності $Q_k(x)$. Причому ця перевага задана умовою, за якої критерій $Q_1(x)$ вагоміший за критерій $Q_2(x)$, що в свою чергу $Q_2(x)$ вагоміший за $Q_3(x)$, і так далі.

У цьому випадку об'єднання часткових критеріїв може бути здійснено за допомогою введення найбільш вагомого – «основного» критерію $Q(x) = Q_1(x)$, тобто при заданих «граничних» значеннях Q_k^+ потрібно зменшити значення інших часткових критеріїв:

$$\min_{x \in \Delta} Q_1(x) \tag{5.8}$$

Одним з способів упорядкування критеріїв за вагомістю є введення оцінок пріоритету и часткових критеріїв. Наприклад, 10/1 – переважна вагомість i-го критерію у порівнянні з j-м критерієм, 5/1 – значно більша вагомість, 2/1 – велика вагомість і 1/1 – приблизно рівна вагомість.

Інформація про ступінь порівняння (переваги за вагомістю) критеріїв наводиться у вигляді матриць $S \times (S+1)$, у кожен рядок яких вноситься оцінка пріоритетів μ_{ij}, що характеризують вагомість критерію $Q_i(x)$ відносно інших критеріїв.

Нехай оцінка $\mu_{23i} = 5/1$, тобто критерій $Q_2(x)$ має ще більшу вагомість, ніж критерій $Q_3(x)$. Тоді на перетині другого рядка і третього стовпчика ставимо число 5, а на перетині третього рядка та другого стовпчика – 1 і так далі. У останньому $(S+1)$-му стовпчику матриці знаходяться суми оцінок за стовпчиками π_k, де $k=1,2,\ldots,5$. Відносна вагомість кожного часткового критерію в цьому випадку може бути визначена з системи рівнянь:

$$\lambda_k / \lambda_i = \pi_k / \pi_i \,, \tag{5.9}$$

де $i, k = 1,2,\ldots, s, i;$

$$\sum_{k=1}^{s} \lambda_k = 1.$$

Зробимо припущення, наприклад, що критерій $Q_1(x)$ має переважну вагомість у порівнянні з $Q_2(x)$, в свою чергу критерій $Q_2(x)$ має ще більшу вагомість, ніж $Q_3(x)$. Зазначимо, наприклад, що $Q_1(x)$ – це мінімальна кількість інформації системи управління, яка забезпечує задану точність параметрів мережі при забезпеченні властивостей адаптивності та інваріантності системи управління; $Q_2(x)$ – це

достовірність управляючої інформації; $Q_3(x)$ - затримка управляючої інформації. Інформація про часткові критерії дозволяє звести оцінки пріоритетів:

$$\mu_{12} = 10/1;\ \mu_{13} = 10/1;\ \mu_{23} = 5/1$$

У цьому випадку матриця пріоритетів має вигляд, що представлений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Матриця пріоритетів

	Q_1	Q_2	Q_3	π_k
Q_1	0	10	10	20
Q_2	1	0	5	6
Q_3	1	1	0	2

Для визначення вагових коефіцієнтів λ_1, λ_2, λ_3 маємо систему рівнянь:

$$\lambda_1/\lambda_3 = 20/2\ ;$$
$$\lambda_2/\lambda_3 = 6/2\ ;$$
$$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3 = 1.$$

В результаті розрахунків отримаємо: λ_1=0,72; λ_2=0,216; λ_3=0,072, тобто адитивна функція корисності має вигляд:

$$Q(x) = 0{,}72\ Q_1(x) + 0{,}216\ Q_2(x) + 0{,}072\ Q_3(x)$$

За умови відсутності інформації про вагомість часткових критеріїв можна припустити, що вони рівноцінні. Це дозволяє в якості узагальненого критерію використовувати суму відносних відхилень часткових критеріїв від їх оптимальних значень:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^{s} [Q_k(x) - Q_k^*] / Q_k^* \qquad (5.10)$$

Розв’язання задачі нелінійної оптимізації з цільовою функцією, заданої виразом (4.10), забезпечує одержання компромісного рішення, тобто — найкращого «середнього». Для отримання рішення, яке забезпечує найкраще наближення до критерію, найбільш віддаленого від свого оптимального значення, необхідно розглянути узагальнені критерії:

$$Q(x) = \max_{1 \le k \le S} |[Q_k(x) - Q_k^*]/ Q_k^*| \qquad (5.11)$$

Якщо про вагові коефіцієнти λ відомо тільки те, що вони належать до множини:

$$\Delta_k = \{\lambda / \lambda_k \ge 0,\ k=1,2,\ldots S;\ \sum_{k=1}^{S} \lambda_k = 1\},$$

тоді узагальнений критерій оптимальності можна представити як:

$$Q(x) = \max_{1 \le k \le S} \sum_{k=1}^{S} \lambda_k Q_k(x) \qquad (5.12)$$

Розв'язання задачі нелінійної оптимізації з критерієм оптимальності (4.12) дозволяє одержати найкраще рішення x^* для найгіршого розкладу вагових коефіцієнтів λ_k.

Загальна постановка задачі векторного синтезу зводиться до системи управління. Кожна система характеризується вектором показників якості:

$$K = (k_1, k_2, \ldots, k_m)$$

У m-мірному просторі R_m показників якості $k_1, \ldots, k_m$ кожній системі управління відповідає єдине визначене значення вектора і навпаки, кожному вектору K відповідає єдина цілком визначена система. У просторі R_m всім строго допустимим значенням вектора K відповідає множина точок (множина строго допустима, що задовольняє ці обмеження). Вид множини визначається сукупністю умов і обмежень, які накладаються на синтезовану систему та її показники якості.

Задача векторного синтезу зводиться до того, щоб з множини строго допустимих точок вибрати таку точку (систему), яка має найкраще значення вектора K. При цьому передбачається, що поняття «найкращого вектора K» уточнюється, виходячи з умов задачі.

Як відзначалося вище, векторний синтез потрібно звести до скалярного. З математичної точки зору зведення векторного синтезу до скалярного можна здійснити, наприклад, одним з двох методів.

За допомогою першого методу створюють деяку результуючу цільову функцію:

$$K_p = f_p(k_1, \ldots, k_m) \qquad (5.13)$$

і шукають таку систему S, яка зводить цю функцію до мінімуму при заданій сукупності умов $У$ та обмежень O_S.

За другим методом потрібно знайти таку систему S, що забезпечує мінімум одного з показників якості, наприклад k_1, при всіх інших (m-1) показниках, переведених у розряд обмежень типу рівностей, нерівностей або змішаних обмежень, наприклад, вигляду $K_i \leq K_{2m}$,…,$K_i \leq K_m$, і врахуванні сукупності вихідних даних $\{У, O_S, C, O_k\}$, де $У$ – умова; O_S – обмеження, які накладаються на структуру і параметри системи; O_k – сукупність обмежень, що накладаються на показники якості; C – символ, який означає, що мова йде не про розмір складового вектору K, а лише про його склад.

За першим методом зведення векторного синтезу до скалярного ускладнюється (у порівнянні із звичайним скалярним синтезом) цільовою функцією, а в другому – ускладнюється функцією обмежень.

Задача синтезу при такій «скаляризації» може вирішуватися відомими методами скалярного синтезу, тобто, синтезу за єдиним показником якості. Тому головною задачею векторного синтезу є з'ясування, якою мірою результати векторного синтезу залежать від обраного методу скаляризації (наприклад, першого або другого) та від конкретної реалізації цього методу.

Отже, випливає, що для проведення синтезу необхідно мати сукупність вихідних даних $\Delta = \{У, O_S, C, O_k\}$. Проте реально не всі дані відомі апріорі (до проведення синтезу). Розглянемо шляхи подолання ускладнення, викликаного неповнотою апріорної інформації. Один з таких шляхів зводиться до методу послідовних наближень.

На першому етапі синтез зведений для деякої вихідної сукупності Δ_0 вихідних даних. Результатом етапу синтезу можливо в деякій мірі заповнити недостатню апріорну інформацію та сформувати більш упорядковані вихідні дані Δ_1. На другому етапі синтез зведений для вихідних даних Δ_1 і дозволяє одержати скориговані дані Δ_2 і так далі. Синтез вважається закінченим, якщо в

результаті *i*-го етапу не виникає необхідності коригування вихідних даних Δ_{i-1}.

Такий метод послідовних наближень є єдиним можливим. Наприклад, при проектуванні системи управління (її структури, визначенні необхідної пропускної спроможності каналів для передачі керуючої інформації, необхідної затримки одержання команд управління**,** достовірності тощо) неможливо апріорі передбачити, чи будуть в цій системі шкідливі завади, і які кількісні характеристики цих завад. Метод послідовних наближень визначає склад показників якості та сукупність обмежень O_S, що накладаються на проектовану систему управління.

Проте цей метод не дозволяє повністю подолати недостатність апріорної інформації. Наприклад, якщо сукупність O_k обмежень, які накладаються на показники якості, виходячи з призначення системи, на початку синтезу сформована не повністю або неточно, то проведення синтезу ще не гарантує уточнення обмеження O_k.

За відсутності вихідних даних про обмеження O_k синтез не можна довести до завершення, але можливо відсіяти (виключити з подальшого розгляду) всі безумовно гірші рішення, якщо вони мають чисельні значення, більші від обмеження критерію оптимальності $Q(x)$. Тобто виділити з множини M_Δ підмножину “не гірших” рішень.

Можливі також випадки, в яких послідовні наближення не дозволяють достатньою мірою уточнити сукупність умов У роботи системи, в першу чергу потрібно уточнити характеристики зовнішніх впливів.

Існують методи вирішення ускладнень, які виникають в зв’язку з апріорною неточністю вихідних даних та умов *У*. Кожний з цих методів значно залежить від характеру апріорі , тобто від того, які є апріорні дані та які з них відсутні. Найбільш характерними є два методи – синтез самоналагоджуваних систем і синтез мінімаксних систем.

У першому випадку на синтезовану систему накладається додаткова вимога: проводити в процесі функціонування системи вимір (оцінку) апріорі невідомих характеристик збурень і відповідне коригування параметрів системи.

У другому – в процесі синтезу вирішується мінімаксна задача. При розв'язанні цієї задачі векторний синтез спочатку зводитися до скалярного, наприклад, введенням результуючого показника якості *k*, обумовленого вимогами до проектованої системи.

У процесі синтезу є сукупність $\{У_{нс}, К_р\}$ найменш сприятливих умов $У_{нс}$ та максимального у цих умовах значення показника якості $К_р$.Під найменш сприятливими умовами $У_{нс}$ розуміють такі умови, при яких мінімальні значення $К_р$ показника якості є максимальними. Інакше кажучи, при розв'язанні мінімаксної задачі одночасно проводиться пошук найменш сприятливих умов $У_{нс}$ функціонування системи та оптимальних при несприятливих умовах систем *S*.

Основними недоліками мінімаксного методу є:

– забезпечення оптимальної роботи системи не в реальних, а в принципово можливих найгірших умовах (реально найгірші умови *У* взагалі можуть не мати місця, отже, система може виявитися далекою від оптимальної);

– можливість отримання гірших розв'язків.

Проте практично реалізувати систему управління, що здатна достатньо швидко і точно аналізувати прогнозовані і непрогнозовані випадкові збурення, які призводять до виключення контрольованих показників, і, відповідно, коригувати основні параметри, у деяких випадках неможливо. Адекватні математичні методи синтезу самоналагоджуваних систем також досить складні.

У теперішній час мінімаксні методи використовують при синтезі різних складних систем. А синтез самоналагоджуваних систем застосовується при проектуванні систем, які є компонентами великої системи. При проектуванні системи управління необхідно застосовувати як метод синтезу самоналагоджуваних систем, так і мінімаксні методи.

Повертаючись до особливостей векторного синтезу, відзначимо, що дві довільні системи *S'* і *S»* залежні від конкретних значень векторів *К*(*S'*) та *К*(*S»*) і векторно або порівняні, або ні. У першому випадку застосуємо безумовний критерій надання переваги. У другому – для порівняння систем *S'* і *S»* значення

векторів $K(S')$ і $K(S'')$, виходячи з призначення системи, введемо інший критерій надання переваги, який має назву умовного критерію надання переваги (УКНП). Наприклад, допускаємо, що критичними є ті значення вектора $K = (K_1,\ldots, K_i,\ldots, K_m)$, при яких зважена сума показників якості

$$K_p = C_1K_1 + \ldots + C_iK_i + \ldots + C_mK_m \qquad (5.14)$$

має менше значення ($C_1,\ldots,C_m$ – повністю визначені додаткові вагові коефіцієнти).

Для систем управління можна задати різні умовні критерії надання переваги. Але для оцінювання якості системи не завжди достатньо заданого умовного критерію. На відміну від нього, безумовний критерій надання переваги (БКНП), в силу своєї безумовності, не потребує спеціального обґрунтування. При векторному синтезі, коли необхідно враховувати різні вимоги для проектування системи управління, доцільно в одних випадках застосовувати УКНП, в інших БКНП, а іноді комбінацію БКНП і УКНП.

Методи векторного синтезу можна розбити на три групи:

– методи, засновані на використанні безумовного критерію переваги;

– методи, засновані на застосуванні будь-якого з умовних критеріїв переваги;

– комбінації методів.

Як уже відзначалося**,** існує необмежена множина умовних критеріїв переваги. Найбільш характерні отримали практичне застосування при проектуванні складних систем. Це наступні методи:

– метод, заснований на введенні результуючого показника якості;

– мінімаксний метод;

– переведення усіх показників якості $K_1,\ldots,K_m$ за винятком одного, у розряд обмежень (типу різностей або нерівностей);

– методи послідовних наближень;

– комбіновані методи, засновані на комбінації декількох УКНП.

Необхідно відзначити, що під час проектування складних систем, таких, як системи управління телекомунікаційними мережами, доцільно розбивати синтез на два етапи: етап знаходження множини не гірших систем (на основі БПНК) та етап множини єдиної найкращої системи (на основі УКНП). Це значно спрощує задачу синтезу.

Як правило, на етапі зовнішнього проектування можливо встановити на основі розгляду вимог до системи управління, що її якість достатньо повно і правильно характеризується єдиним показником K_p.

Крім цього, з'являється можливість з'ясувати, від яких часткових показників якості $K_1, \ldots, K_m$ системи S та як залежить величина вектора K_p. Це означає, що можливо встановити залежність вигляду:

$$K_p = f_p(K_1, \ldots, K_m), \qquad (5.15)$$

де $K_i = K_i(S)$, $i = 1, m$.

У даному випадку $f_p(K_1, \ldots, K_m)$ – відома функція змінних $K_1, \ldots, K_m$, а K_p – величина, однозначно пов'язана з якістю системи S: чим менше (більше) вектор K_p, тим краща система. Показник K_p називається результуючим показником якості системи. Надалі будемо припускати, що показник K_p має стандартний вигляд, тобто величина K_p невід'ємна і чим менше K_p, тим краще спроектована система (якщо показник якості K_p має нестандартний вигляд, то його можна привести до стандартного). При цьому оптимальною вважається така система S, для якої величина K_p мінімальна, тобто критерій оптимальності має вигляд:

$$f_p(K_1, \ldots K_i, \ldots, K_m) = \min_{S \in M_Д}, \qquad (5.16)$$

де $K_i = K_i(S)$;

$i = 1, m$.

Тут і далі символ min означає, що мінімум шляхів всіх систем $S \in M_Д$, з урахуванням вихідних даних $\{У, O_S, C_к\}$.

Нехай у результаті рішення задачі (4.16) знайдено мінімальне значення K_p. Тоді потрібно дотримуватися виконання умови:

$$K_{pmin} \le K_{pmax}, \qquad (5.17)$$

де K_{pmax} – максимально припустиме значення показника якості K_p.

Якщо умова (5.17) не виконується, вихідні дані суперечливі і потребують коригування – варто послабити обмеження O_S або погодитися з більшим (тобто гіршим) значенням K_p, або ж скоригувати сукупність умов $У$ роботи системи.

При вирішенні задачі (5.16) врахування сукупності O_K обмежень на показники якості $К_i$ (i = 1, m), які не задовольняють умову (5.17), є необхідним. Дійсно, сукупність обмежень якості $K_1,...,K_m$ необхідна для того, щоб уникнути вибору значень K_i (i = 1, m), неприпустимих з точки зору вимог до системи. Величина K_p достатньо повно і точно характеризує якість системи S з точки зору запропонованих до неї вимог. Отже, рівність (5.17) повинна служити критерієм визначеності або невизначеності тієї чи іншої комбінації значень K_1, ..., K_m показників якості системи.

На підставі викладеного зробимо припущення, що величина K_p достатньо повно і точно характеризує якість системи і може бути в розгорнутому вигляді сформульована наступним чином – значення залежності $K_p = K_p(S)$ і величина K_p достатня для правильної відповіді на питання, яка система управління S (у загальному випадку - клас системи) з множини $M_Д$ припустимих систем є найкращою та чи є ця найкраща система (клас систем) строго припустимою (тобто задовольняє вимоги) або вихідні дані суперечливі і потребують коригування.

Отже, відповідно до критерію (5.16), оптимальним вважається таке значення вектора $K=<K_1, ..., K_m>$, якому відповідає мінімальне (за множиною

$M_Д$) значення заданої (відомої) функції $f_p(K_1, ..., K_m)$ показників якості $K_1, ..., K_m$.

При цьому задача (5.16) зводиться до наступного:

знайти систему S, що забезпечує:

$$K_p = f_p(K_1, ...K_i, ..., K_m) = \min_{S \in M_Д} \qquad (5.18)$$

за умови, що

$$K_1 = f_{HX}(K_2, ...K_i, ..., K_m),$$

де $K_1 = f_{HX}(K_2, ...K_i, ..., K_m)$ – рівняння оптимальної поверхні, тобто геометричного місця всіх строго припустимих не гірших точок у просторі R_m показників якості.

Задача (5.18) простіша за задачу (5.16) у тому сенсі, що при її рішенні вже не потрібно враховувати сукупність $\{У, O_S, C_к\}$ вихідних даних (ці вихідні дані враховані при визначенні рівняння оптимальної поверхні, тобто при пошуку множини M_{HX}).

Отже, застосування результуючого показника якості K_p можливе як без попереднього пошуку множини M_{HX} не гірших систем, так і після його здійснення.

У першому випадку задача від самого початку має вигляд звичайної задачі скалярного синтезу і показники якості $K_1, ..., K_m$ відіграють роль параметрів складної системи $S_{сл}$. У другому випадку синтез від початку, тобто при пошуку M_{HX}, є векторним і його скаляризація (введенням показника K_p) здійснюється лише на другому етапі – після знаходження множини M_{HX}. Розбивання процесу синтезу на два таких етапи в ряді випадків є доцільним.

Виходячи з вимог до системи управління, вдається достатньо повно і правильно обгрунтувати вигляд результуючої цільової функції (5.16). Проте, в багатьох випадках ввести достатньо обгрунтований результуючий показник

якості K_p, що є відомою функцією $f_p(K_1, \ldots, K_m)$ показників якості $K_1, \ldots, K_m$, не вдається. У таких випадках доцільно сформулювати залежності $K_p = f_p(K_1, \ldots, K_m)$ якимось іншим суб'єктивним способом. Наприклад, найбільш повно висвітлений синтез вибору функції (5.15) в наступному:

а) у вигляді добутку показників якості:

$$K_p = K_1 \cdot K_2 \cdot \ldots \cdot K_m \ ; \tag{5.19}$$

б) у вигляді зваженої суми нормованих значень показників якості:

$$\left.\begin{array}{c} K_p = C_1 K_1^{'} + C_2 K_2^{'} + \ldots + C_i K_i^{'} + \ldots + C_m K_m^{'} \\ K_{i'} = K_i K_0 , i = \overline{1..m}, \\ \sum_{i=1}^{m} C_i = 1 , C_i > 0 , i = \overline{1..m}, \end{array}\right\} \tag{5.20}$$

де K_{i0} – деяке опорне значення показника якості K_i, вибране за одиницю виміру цього показника;

C_i – вагові коефіцієнти, названі вагами і вибрані за значністю, виходячи з відносної важливості кожного з показників $K_1, \ldots, K_m$ - чим більш вагомим вважається даний показник K_i (тобто чим суттєвіше цей показник мінімізувати у процесі синтезу, тим більшою обирається відповідна йому вага C_i).

Нехай K_{i0} – мінімально можливе значення показника якості K_i при заданій сукупності вихідних даних $\{Y, O_s\}$ та ігноруванні значень всіх інших (m-1) показників якості. Інакше кажучи, K_{i0} є тим найкращим значенням даного (часткового) показника якості K_i (наприклад, K_1), яке можна було б одержати при заданих вихідних даних $\{Y, O_s\}$, якби значення всіх інших показників якості (наприклад, $K_2, \ldots, K_m$) не брати до уваги, тобто припустити будь-яке їх погіршення. Тоді очевидно, що функцію $f_i(K_i)$ варто обирати такою, щоб вона задовольняла умови:

$$f_i(K_{i0}) = 0, \quad f_i(K_i) > 0 \qquad (5.21)$$

при $K_i > K_{i0}$.

При цьому передбачається, що значення K_{i0} (i = 1, m) вдається попередньо знайти рішенням зазначених вище спрощених задач синтезу за одним показником K_i при ігноруванні всіх інших (m - 1) показників.

У деяких випадках навіть без спеціального аналізу ігнорування значень усіх показників якості, крім одного, дозволяє одержати ідеальне, тобто, нульове, значення єдиного врахованого показника якості, тобто вважається:
$K_i = 0$.

Необхідно зазначити, що реально на практиці $K_i > 0$ — це, наприклад, імовірні помилки або затримка керуючої інформації, вартість, тощо. Тобто, при $K_{i0} > 0$ постає необхідність у попередньому обчисленні значень K_{i0}.

Якщо вибрати функцію $f_i(K_i)$ лінійною, то відповідно до вищенаведеного:

$$f_i(K_i) = (K_i - K_{i0}) / K_{im} \qquad (5.22)$$

і функція K_p приймає вигляд:

$$K_p = V_1 \frac{K_1 - K_{10}}{K_{1m}} + V_2 \frac{K_2 - K_{20}}{K_{2m}} + \ldots + V_m \frac{K_m - K_{m0}}{K_{mm}} \qquad (5.23)$$

При проектуванні систем управління доцільно зупинитися на виборі кількості показників якості, що враховуються при синтезі. Як зазначалось, кількість показників, які характеризують якість реальної системи, може бути дуже великою. Це означає, що чим більша кількість показників якості враховується при синтезі системи, тим досконалішою буде синтезована система. [9]

На практиці існує оптимальна кількість показників якості, яку необхідно враховувати. Адже введення додаткових показників якості призводить не до покращення, а до погіршення результатів синтезу.

При проектуванні системи управління необхідно спочатку враховувати наступні показники:

– кількість керуючої інформації, (а отже, і необхідну пропускну спроможність каналів), що забезпечує задану точність параметрів об'єктів мережі. При цьому визначається мінімальна кількість керуючої інформації, яка дозволяє системі управління мати як властивість адаптивності до повільно прогнозованих збурюючих факторів, так і інваріантність до різних, заздалегідь непрогнозованих заважаючіх впливів;

– затримка керуючої інформації, при якій час передавання команд управління до контрольованих об'єктів не перевищує заданого;

– достовірність (імовірність помилки) при передаванні управляючої інформації;

– вартість системи управління.

Таким чином, суб'єктивну наслідкову цільову функцію доцільно представити як:

$$\left.\begin{aligned} & K_p = C_1K_1 + C_2K_2 + C_3K_3 + C_4K_4 \\ & K_i = K_i \big/ K_{i0}\ ,\ i = 1, m\ ; \\ & \sum_{i=1}^{m} C_i = 1,\ C_i > 0\ ,\ i = \overline{1, m.} \end{aligned}\right\} \qquad (5.24)$$

де K_{i0} – деяке опорне значення показника якості K_i;

C_i – вагові коефіцієнти, котрі вибираються, виходячи з відносної важливості кожного з показників якості $K_1, \ldots K_i$, чим вагомішим вважається даний показник K_i (чим суттєвіше показник K_i мінімізується у процесі синтезу, тим більшою обирається відповідна йому вага C_i.).

Будемо вважати оптимальною систему управління, що забезпечує виконання таких умов:

$$\left.\begin{aligned} K_p &= f_p(K_1,\ldots,K_i,\ldots K_m) = \min_{S\in M_A},\\ K_i &= K_i(S),\ i=\overline{1,m},\\ K_i &\le K_{im},\ i=\overline{1,m}, \end{aligned}\right\} \qquad (5.25)$$

де K_{im} – значення показника якості K_i, максимально допустиме з точки зору вимог замовника до системи управління.

У даному випадку K_{1m}, K_{2m}, K_{3m}, K_{4m} – наступні показники якості системи управління:

– K_{1m} – сумарна максимально допустима пропускна спроможність каналів системи управління (цей показник визначається, виходячи з ресурсів обладнання, яке призначене для систем управління);

– K_{2m} – це максимальна затримка керуючої інформації, при якій СУ в реальному масштабі часу контролює необхідні параметри мережі;

– K_{3m} – максимально допустима ймовірність помилки каналів передачі інформації системи управління;

– K_{4m} – максимально допустима вартість системи управління.

Визначення кожного з K_{im} є окремим самостійним завданням. Нижче приведемо приклад оптимізації системи. Для подальшого вирішення ми використаємо мінімаксний критерій. При цьому необхідно також визначити мінімально можливі значення показників якості, при яких задовольняються основні вимоги до побудови системи управління і вибрати найкращий.

Якість системи характеризується чотирма основними показниками якості K_1, K_2, K_3,K_4:

– $K_1 = C$ – необхідна пропускна спроможність каналів;

– $K_2 = P_{пом}$ – ймовірність помилки переданої інформації;

– $K_3 = T_3$ – час затримки керуючої інформації;

– $K_4 = V$ – вартість системи управління.

Зазначимо, що із цих чотирьох показників якості, K_2 і K_3, K_3 і K_4 явно суперечливі. Як відомо, чим менший час затримки, тим більша вартість. Можна визначити, що вони пов’язані між собою обернено пропорційною залежністю: K_4

$= f(K_3)$, при цьому час затримки залежить від пропускної спроможності каналів: $K_3 = f(K_2)$.

Мінімаксний критерій представимо у наступному вигляді :

$$K_p = f_p(K_1, K_2, K_3, K_4) \tag{5.26}$$

$$f_p[C_1K_1;\ C_2K_2;\ C_3K_3;\ C_4 f(K_3)] = \min$$

$$\left[C_1\frac{K_1}{K_{1m}}; C_2\frac{K_2}{K_{2m}}; C_3\frac{f(K_2)}{K_{3m}}; C_4\frac{f(K_3)}{K_{4m}}\right] \tag{5.27}$$

де $K_4 = f(K_3);\ K_3 = f(K_2)$.

При цьому необхідно розглянути допустимі варіанти зміни K_i від мінімально можливих до максимальних значень та вибрати оптимальні.

Для вирішення цієї задачі визначимо максимальні та мінімальні значення коефіцієнтів K_i. Оберемо також крок ΔK_i, тобто зміни показників якості від $K_{i\,min}$ до $K_{i\,max}$.

Узагальнений критерій оптимальності представимо у вигляді:

$$f_p = \min\left(C_1\frac{K_{min}+\Delta K_{j1}}{K_{1m}}; C_2\frac{K_{2min}+\Delta K_{j2}}{K_{2m}}; C_3\frac{K_{3min}+\Delta K_{j3}}{K_{3m}}; C_4\frac{K_{4min}+\Delta K_{j4}}{K_{4m}}\right), \tag{5.28}$$

де $\dfrac{K_{4min}+\Delta K_{j4}}{K_{4m}} = f\left(\dfrac{K_{3min}+\Delta K_{j3}}{K_{3m}}\right)$.

Тоді, у даному випадку, оптимальною буде система S_i, де K_i будуть мінімальні.

Проведемо розрахунок параметрів оптимальної системи управління при різних умовах, обмеженнях та при різних заданих пріоритетах. Коефіцієнти обрані за умови, що найбільш важливою є потреба мінімізації ймовірності помилки переданої інформації, тоді як пропускна спроможність каналів є другим

за пріоритетом коефіцієнтом. Час затримки управляючої інформації, а потім і вартість обираються мінімально можливими, однак необхідними для виконання решти вимог до якості системи.

Таким чином, задані пріоритети:

– K_1 – пріоритет = 2;

– K_2 – пріоритет = 1;

– K_3 – пріоритет = 3;

– K_4 – пріоритет = 4.

Вагові коефіцієнти C_i відповідно становлять:

$C_1 = 0,2$; $C_2 = 0,1$; $C_3 = 0,3$; $C_4 = 0,4$.

В таблицях 4.2 та 4.3 наведено результати розрахунку, отримані за допомогою прикладного програмного забезпечення: таблиця 5.2 – таблиця критеріїв в абсолютному виразі, таблиця 5.3 – результуюча таблиця з нормованими критеріями. [10]

Таблиця 5.2

Критерії в абсолютному виразі

№ вар.	ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ, $К_1$ (біт/с)	ІМОВІРНІСТЬ ПОМИЛКИ, $К_2$	ЧАС ЗАТРИМКИ, $К_3$ (мс)	ВАРТІСТЬ, $К_4$
1	2	3	4	5
1	10000000.0	0.0000001000	1.00	10000000.0
2	20000000.0	0.0000002000	1.19	10000000.0
3	30000000.0	0.0000003000	1.38	10000000.0
4	40000000.0	0.0000004000	1.58	10000000.0
5	50000000.0	0.0000005000	1.77	10000000.0
6	60000000.0	0.0000006000	1.96	10000000.0
7	70000000.0	0.0000007000	2.15	10000000.0
8	80000000.0	0.0000008000	2.34	10000000.0
9	90000000.0	0.0000009000	2.54	10000000.0
10	100000000.0	0.0000010000	2.73	10000000.0
11	110000000.0	0.0000011000	2.92	10000000.0
12	120000000.0	0.0000012000	3.11	10000000.0
13	130000000.0	0.0000013000	3.30	10000000.0
14	140000000.0	0.0000014000	3.49	10000000.0
15	150000000.0	0.0000015000	3.69	10000000.0
16	160000000.0	0.0000016000	3.88	10000000.0
17	170000000.0	0.0000017000	4.07	10000000.0
18	180000000.0	0.0000018000	4.26	10000000.0
19	190000000.0	0.0000019000	4.45	10000000.0
20	200000000.0	0.0000020000	4.65	10000000.0
21	210000000.0	0.0000021000	4.84	10000000.0
22	220000000.0	0.0000022000	5.03	10000000.0
23	240000000.0	0.0000024000	5.41	10000000.0
24	230000000.0	0.0000023000	5.22	10000000.0
25	250000000.0	0.0000025000	5.61	10000000.0
26	260000000.0	0.0000026000	5.80	10000000.0
27	270000000.0	0.0000027000	5.99	10000000.0
28	280000000.0	0.0000028000	6.18	10000000.0
29	290000000.0	0.0000029000	6.37	10000000.0
30	300000000.0	0.0000030000	6.57	10000000.0
31	310000000.0	0.0000031000	6.76	10000000.0
32	320000000.0	0.0000032000	6.95	10000000.0
33	330000000.0	0.0000033000	7.14	10000000.0
34	340000000.0	0.0000034000	7.33	10000000.0
35	350000000.0	0.0000035000	7.53	10000000.0

Залежно від обраних параметрів ваги, що визначаються пріоритетами основних показників якості, отримаємо різні варіанти, для яких загальний нормований критерій буде мінімальним, відповідно система управління – оптимальною (оптимальний варіант системи управління виділено в таблиці).

Таблиця 5.3

Результуюча таблиця нормованих критеріїв

№ вар.	**ПРОПУСКНА СПРОМОЖ-НІСТЬ** (пріоритет=2) (ваг.коеф.=0.2)	**ІМОВІРНІСТЬ ПОМИЛКИ** (пріоритет=1) (ваг.коеф.=0.1)	**ЧАС ЗАТРИМКИ ІНФОРМАЦІЇ** (пріоритет=3) (ваг.коеф.=0.3)	**ВАРТІСТЬ** (пріоритет=4) (ваг.коеф=0.4)	**ЗАГАЛЬНИЙ НОРМОВА-НИЙ КРИТЕРІЙ**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	0.0020000000	0.0010000000	0.0000075000	0.4000000000	0.4030075000
2	0.0040000000	0.0020000000	0.0000178788	0.3663840719	0.37240195068
3	0.0060000000	0.0030000000	0.0000311364	03400300545	0.34906119085
4	0.0080000000	0.0040000000	0.0000472727	0.3186510027	0.33069827545
5	0.0100000000	0.0050000000	0.0000662879	0.3008559219	0.31592220973
6	0.0120000000	0.0060000000	0.0000881818	0.2857437393	0.30383192110
7	0.0140000000	0.0070000000	0.0001129545	0.2727016633	0.29381461788
8	0.0160000000	0.0080000000	0.0001406061	0.2612965022	0.28543710827
9	0.0180000000	0.0090000000	0.0001711364	0.2512122006	0.27838333695
10	0.0200000000	0.0100000000	0.0002045455	0.2422120283	0.27241657378
11	0.0220000000	0.0110000000	0.0002408333	0.2341146911	0.2673555244
12	0.024000000	0.0120000000	0.0002800000	0.2267786838	0.2630586838
13	0.0260000000	0.0130000000	0.0003220455	0.2200917240	0.25941376945
14	0.0280000000	0.0140000000	0.0003669697	0.2139634240	0.25633039372
15	0.0300000000	0.0150000000	0.0004147727	0.2083200909	0.25373486363
16	0.0320000000	0.0160000000	0.0004654545	0.2031009601	0.25156641466
17	0.0340000000	0.0170000000	0.0005190152	0.1982554184	0.24977443353
18	0.0360000000	0.0180000000	0.0005754545	0.1937409224	0.24831637697
19	0.0380000000	0.0190000000	0.0006347727	0.1895214166	0.24715618932
20	0.0400000000	0.0200000000	0.0006969697	0.1855661138	0.24626308355
21	0.0420000000	0.0210000000	0.0007620455	0.1818485456	0.24561059103
22	0.0440000000	0.0220000000	0.0008300000	0.1783458127	0.24517581272
23	**0.0480000000**	**0.0240000000**	**0.0009745455**	**0.1719076462**	**0.24488219161**
24	0.0460000000	0.0230000000	0.0009008333	0.1750379898	0.24493882313

25	0.0500000000	0.0250000000	0.0010511364	0.1689394582	0.24499059457
26	0.0520000000	0.0260000000	0.0011306061	0.1661198929	0.24525049896
27	0.0540000000	0.0270000000	0.0012129545	0.1634369473	0.24564990187
28	0.0560000000	0.0280000000	0.0012981818	0.1608799333	0.24617811513
29	0.0580000000	0.0290000000	0.0013862879	0.1584392978	0.24682558570
30	0.0600000000	0.0300000000	0.0014772727	0.1561064725	0.24758374527
31	0.0620000000	0.0310000000	0.0015711364	0.1538737481	0.24844488346
32	0.0640000000	0.0320000000	0.0016678788	0.1517341617	0.24940204045
33	0.0660000000	0.0330000000	0.0017675000	0.1496816156	0.25044891557
34	0.0680000000	0.0340000000	0.0018700000	0.1477097892	0.25157978918
35	0.0700000000	0.0350000000	0.0019753788	0.1458140767	0.25278945550

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі визначено, що телекомунікаційні мережі перебувають зараз у стадії розбудови та оновлення. Будуються і вводяться в експлуатацію цифрові мережі замість існуючих аналогових. В міру цифровізації телекомунікаційних мереж, підвищення рівня автоматизації процесів управління ними, збільшення кількості послуг, що надаються оператором телекомунікацій, можливості функціонування телекомунікаційних мереж в умовах надзвичайних ситуацій зростає роль центру управління цими мережами.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження і вивчення базових принципів створення центру управління телекомунікаційними мережами, підходів до побудови центру управління оператора телекомунікацій на базі розроблених принципів його побудови в умовах впровадження новітніх технологій в телекомунікаційних мережах, а також визначення функцій і завдань його функціонування в звичайних умовах і в умовах надзвичайних ситуацій відповідно до вимог рекомендацій міжнародних організацій з питань телекомунікацій.

Реалізація (впровадження) створення центру управління, його функціонування з врахуванням принципів, що наведені у дипломній роботі забезпечить:

- можливість нагляду за поточним технічним станом та завантаженням телекомунікаційних мереж оператора телекомунікацій, прогнозування та оперативного вирішення проблем, що виникають або можуть виникнути в телекомунікаційних мережах;

- постійну готовність до управління телекомунікаційними мережами та забезпечення ефективного використання їх ресурсу за будь яких умов, у тому числі в умовах надзвичайних ситуацій;

- можливість операторам телекомунікацій підвищити ефективність обслуговування споживачів та збільшити власні доходи за рахунок зменшення загальних простоїв мережного обладнання та оптимального розподілу потоків

навантаження.

У роботі проведено дослідження основних вимоги до інформаційного і програмного забезпечення центру управління, питань щодо ефективності функціонування центру управління та визначення складу орієнтовних витрат на побудову центру управління оператора телекомунікацій, що складаються з витрат на придбання технічних і програмних засобів, побудови мережі передачі інформації управління, придбання оргтехніки, комп'ютерів, локальної мережі центру управління оператора телекомунікацій, визначено, що повинно бути своєчасно розроблений пакет документів (інструкцій, планів, положень тощо) для ефективного функціонування центру управління телекомунікаційними мережами у будь-яких умовах.

Проведено розрахунок оптимальної системи управління за методом багатокритеріальної оптимізації, який був запропонований проф. Беркман Л.Н. Використовуючи дані виконаних розрахунків, можна визначити найбільш прийнятний варіант побудови системи управління діяльністю оператора телекомунікацій.

Дослідження, які були проведені, дозволяють зробити висновки, що в умовах швидкої зміни технологій, появи нового, більш досконалішого обладнання та загальної мінливої ситуації на ринку телекомунікацій процеси підвищення якості обслуговування, створення системи бізнес-процесів та реалізації ефективних систем управління завжди будуть залишатися актуальними напрямками наукової та практичної діяльності в галузі телекомунікації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру", затверджений Президентом України 8 червня 2000 р. № 1809-III.

2. Закон України “Про телекомунікації”, прийнятий Верховною Радою України 18.11.2003 р. № 1280-IV.

3 Варакин Л. Е. Развитие мира - развитие связи// Мир связи и информации Connect.–2004.– № 1.– С. 20 - 21.

4 Гордеев Э.Н. Использование современных технологий в системах управления сетями// Электросвязь.– 2005.– № 5.– С. 12-17.

5 Гордеев Э.Н. Новые технологии в системах управления сетями связи// Вестник связи.– 2003.– № 2.– С.29-32; № 3.– С.79-83.

6 Кильчицкий Е.В. Система управления сетями электросвязи. Особенности, общая методология разработки, внедрения и последовательного развития. / Технико-экономический аспект// Докл. на междунар. семинаре “ Эволюция транспортных сетей телекоммуникаций. Проблемы построения, развития и управления” . Алушта, Вістник УБЕНВ, 1997.– вип.1– С.97-112.

7 Нетес В.А. Сеть управления электросвязью (TMN)// Сети и системы связи.– 2004.– № 10.– С. 56 - 62.

8 Колченко Г.Ф., Варфоломеєва О.Г., Артеменко Н.Л. Визначення деяких підходів щодо управління діяльністю оператора телекомунікацій.// Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники» (ч.3) – КПІ. – 2007, - с. 94-97.

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.06.04 № 812 “Деякі питання оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану".

10. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж. – Підручник для ВНЗ. К.: Техніка, 2002.−792 с.

11. Кривуца В.Г., Стеклов В.Г., Беркман Л.Н, та інші . Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій – Підручник для ВНЗ. К. Техніка, 2007. -384.

12 Розпорядження Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р “Про схвалення Концепції розвитку телекомунікацій в Україні до 2010 року".

13 Рекомендації ITU M.3010 Принципы построения сети управления электросвязью, 2000.

14 Рекомендації ITU M.3100 Общая информационная модель сети, 2000.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІА