

## 2. Зв'язок методів експлуатації з методами контролю. Структурне резервування. Оцінка ефективності мережі зв'язку. Проблеми оптимізації розвитку мереж.

### 2.1. Зв'язок методів експлуатації з методами контролю

Аналіз методів технічної експлуатації (ТЕ) показує їх тісний зв'язок з методами контролю і необхідність врахування виду контролю при виборі конкретного методу технічного обслуговування.

Розглянемо схему такого взаємозв'язку.

Вона виглядає так: кожна кількість однотипних контрольованих об'єктів (КО) схильна до випадкового потоку відмов  $\Lambda = (\lambda_i)$ , де  $\lambda_i$  - інтенсивність відмов  $i$ -го типу КО. Вплив відмов КО на ефективність роботи мережі можливо оцінити за допомогою критеріальної функції  $C_{ш}$  (2.1.):

$$C_{ш} = \sum_{i=1}^m C_{ш_i} \cdot K_{н_i} \cdot P_i ; \quad (2.1)$$

Де  $C_{ш_i}$  - штраф за втрату одиниці об'єму інформації  $i$ -го виду;

$K_{н_i} = 1 - K_{г_i}$  - коефіцієнт неготовності засобів зв'язку при передачі інформації  $i$ -го виду,

$i = 1, \dots, m$ ;  $P_i$  - об'єм інформації  $i$ -го виду.

Основною причиною зниження ефективності роботи мережі є відмови і збої апаратури зв'язку, які приводять до зниження коефіцієнтів готовності каналів і трактів. Функціонування СТЕ створює перепону цьому.

Завдання вибору основних параметрів СТЕ вирішується як задача математичного програмування;

$$q_o = \arg \cdot \min C(q); \quad w_i(q_i) < d_i ; \quad (2.2)$$

де  $w(q)$ ;  $w_i = (q_m)$ ,  $w_{mo}(q)$  - втрати на даних ланках мережі зв'язку;

$d_i = d_1 \dots d_m$  - вектор, який визначає допустимі значення втрат на цих ланках.

В число основних параметрів СТЕ включають параметри, які суттєво впливають на експлуатаційні витрати  $C(q)$  або на втрати  $w_i(q)$ .

Основні параметри СТЕ в залежності від їх призначення розподіляють на

три групи, які саме - викладено вище в розділі 1.4.

На основі критеріальної функції і вимог до якості зв'язку можливо визначити систему коефіцієнтів готовності. ( $K_{gi}$ ), де  $K_{gi}$  – коефіцієнт готовності КО і-го типу, котрий разом з  $\Lambda$  визначає систему контрольних термінів усунення несправностей.

В загальному випадку час появи відмови до моменту поновлення за контрольний термін або. раніше- можливо розділити на три випадкових компоненти:

$$t_{kti} = t_{vi} + t_{pmi} + t_{чп} ; \quad (2.3)$$

де  $t_{vi}$  - час з моменту появи відмови КО і-го типу до моменту установлення цього факту системою контролю;

$t_{pmi}$  - час пошуку місця відмови КО і-го типу, який пройшов з моменту встановлення факту відмови;

$t_{чп}$  - час появи працездатності КО і-го типу, тобто чистий час заміни елементів, які відмовили.

Тривалість кожного з цих періодів залежить від ефективності системи контролю, яка виявляє факт відмови і виконує пошук місця появи відмови контрольованої апаратури, каналу, тракту. Залежність (2.3) відображає тісний взаємний зв'язок методів контролю і технічного обслуговування.

Необхідне створення такого устаткування контролю, яке приведе до зменшення математичного чекання і дисперсії величин  $t_{vi}$  і  $t_{pmi}$  для послаблення вимог до  $t_{чп}$ , що і дозволить перейти до більш досконалих методів експлуатації.

## 2.2. Структурне резервування

Для підвищення надійності мереж зв'язку вдаються до структурного резервування. Використовуючи методи визначення показників надійності для резервованих систем з поновленням, до яких відносяться мережі зв'язку, можливо визначити ступінь впливу характеристик системи контролю на коефіцієнт готовності резервованих каналів і трактів.

Розглянемо як приклад дубльовану групу (рис.2.1), яка складається з двох однакових КО (лінійних або мережних трактів) і апаратури переключення П з коефіцієнтом готовності  $K_{gp}$ .

Припустимо, що потік відмов каналів і трактів досить простий з

інтенсивністю  $\lambda$ , час поновлення розподілений за експоненціальним законом з параметром  $\mu$ . Тоді коефіцієнт готовності кожного елемента визначається за формулою:

$$K_{\Gamma} = \lambda / (\lambda + \mu) = T / (T + T_{\Pi}) ; \quad (2.4)$$

де  $T = 1 / \lambda$  - середній час наробки на відмову;

$T_{\Pi} = 1 / \mu$  - середній час поновлення.

Для спрощення розрахунків припустимо, що ремонтний орган (РО) може поновлювати одночасно обидва КО, які відмовили. У випадку відмови одного з елементів резервованої системи, цей КО поступає в РО і після відмови включається до складу дубльованої групи. Апаратура переключення підключає замість КО, який відмовив, справний. Для такого випадку стан кожного з елементів в довільний момент статистично незалежний. Вся система в довільний момент часу буде знаходитись в стані відмови, якщо в цей момент в стані відмови знаходяться обидва елементи (у випадку абсолютної надійності переключальної апаратури).

Коефіцієнт готовності дубльованої групи, який представляє собою вірогідність справного стану хоча б одного тракту, в довільний момент часу може бути визначений як:

$$K_{\Gamma_{\text{гр}}} = 1 - (1 - K_{\Gamma})^2 ; \quad (2.5)$$

- з врахуванням коефіцієнту готовності переключальної апаратури коефіцієнт готовності резервованої системи (рис.2.1) визначається за формулою

$$K_{\Gamma_{\text{рп}}} = K_{\Gamma_{\text{п}}} [1 - (1 - K_{\Gamma})^2] \quad (2.6)$$

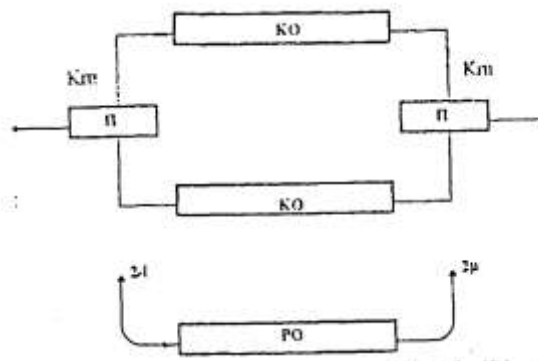


Рис. 2.1 Схема резервування трактів з поновленням

Вирази (2.4-2.6) для коефіцієнтів готовності поновлюваних пристроїв одержані за припущенням, що наявна ідеальна система контролю. Вона виявляє всі відмови, і відновлення починається негайно. Для реального випадку ці припущення неточні, бо не враховується випадковий час, який пройшов з моменту появи відмови до моменту виявлення того факту системою контролю. Причиною того, що  $t_{vi} > 0$ , є той факт, що контроль працездатності апаратури реалізується дискретно в часі і є необхідність статистичної обробки результатів контролю, що потребує певного часу для накопичення і обробки інформації.

Для реальної системи контролю коефіцієнти готовності КО будуть мати нижчі значення, ніж для ідеальної. Погіршення  $K_{г}$  реальної системи контролю можливо оцінити за виразом:

$$\Delta K_{г} = [ (K_{г} - K_{г}') / K_{г}' ] 100\% ; \quad (2.7)$$

де  $K_{г}$  - коефіцієнт готовності КО в ідеальній системі контролю;

$K_{г}'$  - коефіцієнт готовності КО в реальній системі контролю.

Якщо відоме допустиме значення зменшеного коефіцієнта готовності, то можливо визначити вимоги до параметрів системи контролю.

Профілактичний метод обслуговування, який вживається на первинній мережі, не дозволяє збільшити частість контрольних вимірювань за відсутністю автоматичних пристроїв контролю.

З виконаного аналізу витікає, що необхідно створювати ефективні алгоритми для автоматичного статистичного та діагностичного аналізу контролю обладнання ЛАЦ та сучасну апаратуру для їх реалізації.

Є декілька альтернативних варіантів побудови автоматизованої системи контролю (АСК), різних по збіжності та глибині контролю при використанні статистичного методу. Глибину контролю будемо визначати з рівняння

$$j = ( t_0 - t_j ) / t_0 , \quad (2.8)$$

де  $t_0$  - час при нульовій глибині контролю;

$t_j$  - час, який витрачається експлуатаційним персоналом при  $j$  -й глибині контролю за встановлення місця та причини відмови після того, як відмова

була зафіксована системою контролю (при нульовій глибині контролю  $t_j = t_0$ ).

Поглиблення контролю підвищує ефективність праці експлуатаційного персоналу за рахунок підвищення вартості системи контролю.

Глибина контролю входить до переліку глобальних параметрів СТЕ, тому що пов'язана з вибором типів технічних засобів.

Реалізація принципів побудови СТЕ пов'язана з визначенням оптимального ступеня концентрації і централізації у всіх технологічних підсистемах. Концентрація засобів обслуговування завжди потребує централізації функцій управління і навпаки, тому глобальні параметри СТЕ розподілимо на три групи: повноти контролю, глибини контролю, ступеня централізації. Якщо задані значення глобальних параметрів, то оптимальна територіальна структура СТЕ визначається територіальною структурою системи зв'язку (див. розд.1.4).

Використання обчислювальної техніки для вирішення завдань технічної експлуатації і управління відкриває можливість їх автоматизації за допомогою створення АСТЕ.

Мету функціонування АСТЕ можливо сформулювати як мінімізацію трудозатрат та капітальних витрат при забезпеченні заданої якості обслуговування.

Формально умови досягнення цієї мети можливо записати у вигляді задачі оптимального управління.

$$Y = \arg \min \int_0^{T_{ж}} \exp(-\lambda nt) M(y,t) dt ; \quad (2.9)$$
$$P \{ K_t(y,w) < K_t^0(qt) \} = 1, \quad 0 < t < T_{ж} ;$$

де  $Y$  - оптимальна стратегія;

$T_{ж}$  - прогнозований час життя системи;

$\lambda$  - коефіцієнт, який вибирають;

$M(y, t)$  - математичне очікування потрібної чисельності персоналу;

$y$  - множина стратегій управління, що реалізуються;

$K_t(y,w)$ - вектор значень показників якості обслуговування технічних засобів чи абонентів;

$w$  - відбіркова траєкторія цього процесу;

$K^o_t$  - вектор нормативів на показники якості;

$q_t$  - вектор некерованих параметрів, які характеризують розвиток системи, для котрої створюється АСТЕ, та зовнішнього середовища, яке розглядається як нестационарний випадковий процес.

Із розглянутого співвідношення (2.9) видно, що визначивши  $y$ ,  $\lambda_n$ ,  $q_t$ , а також залежності  $M(y,t)$ ,  $K(q_t)$ ,  $K^o(q_t)$ , одержимо задачу оптимального управління дуже великої розмірності. Через це, а також через розподіленість об'єктів експлуатації в просторі, можна зробити висновок про те, що вирішення цієї задачі можливе тільки при розпаралелюванні процесу обробки інформації та передачі права прийняття рішень нижнім рівням ієрархії.

Управління технологічними процесами експлуатації, яке виконує СТЕ, являє собою технічне обслуговування, яке включає контроль і поновлення.

Функції поновлення в основному виконуються експлуатаційним персоналом, за винятком випадків переключення на резервне обладнання, тому основою нижнього рівня АСТЕ є АСК, які спеціалізуються за типами обладнання і мереж зв'язку. Об'єктом управління на цьому рівні є технологічне обладнання мереж зв'язку, виконавчими органами - експлуатаційні підрозділи СТЕ.

Мета управління - максимальна ефективність функціонування технологічного обладнання.

### 2.3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

Завдання технічного обслуговування обладнання мереж зв'язку визначаються метою його функціонування і полягають в забезпеченні заданого терміну служби та ефективності експлуатації мережі.

Ефективність мережі за якісною доставкою повідомлень різним абонентам можливо оцінити системою показників ефективності роботи мережі

$$E = (H, W) ; \quad (2.10)$$

де  $H$  - група показників надійності,

$W$  - показник ефективності мережі.

Надійність мережі - її властивість забезпечувати передачу інформації між абонентами з збереженням в часі показників її обслуговування і параметрів каналів та трактів в заданих межах в процесі періоду експлуатації. Як комплексний показник групи Н використовується коефіцієнт готовності об'єктів мережі (каналу, тракту, лінії передачі та ін.) -  $K_{Г}$ , котрий визначається як ймовірність того, що цей об'єкт буде працездатний в будь-який момент часу.

$$K_{Г} = T / (T + T_{п}); \quad (2.11)$$

де  $T$  - середній час наробки на відмову (показник безвідмовності);

$T_{п}$  - середній час поновлення (показник ремонтпридатності). Надійність об'єктів характеризується також одиночними показниками, до яких належать ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ , інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ , ймовірність поновлення працездатності системи  $P$ -й заданий контрольний час  $t$  кч. Показник ефективності мережі (2.10) оцінюється за виразом

$$W = \Pi / C ; \quad (2.12)$$

де  $\Pi$  - продуктивність мережі, під якою розуміють обсяг інформації, яка передається по мережі за певний час;

$C$  - приведені витрати.

При відмовах обладнання зв'язку інформація, яку передають, повністю або частково втрачається. Втрату Інформації за рахунок ненадійності функціонування мережі можливо врахувати функцією штрафів  $C_{ш} = P(K_{Г})$ . При визначенні ефективності мережі величина штрафів враховується як деякий зріст витрат, які збільшують приведені витрати

$$C = E + C_{ш} + K_{к} ; \quad (2.13)$$

де  $E$  - річні експлуатаційні витрати;

$K_{к}$  - капітальні вкладення в мережу.

Значення (величина) штрафів на мережі визначається сумою штрафів за втрати інформації різного виду (вираз 2.1)

#### 2.4. ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

Викладена загальна ідея дослідження мереж зв'язку, які представляють собою велику систему та складаються з ряду традиційних і нових підсистем, які швидко розвиваються і удосконалюються.

При плануванні розвитку первинної мережі зв'язку України повинно враховуватися стан складових підсистем, оскільки вони суттєво впливають на техніко-економічні показники системи в цілому. Проведена класифікація найбільш загальних методів вирішення оптимізаційних задач широкого класу, а також подані варіанти поділу на підсистеми і вибору методів їх аналізу та оптимізації.

Викладені матеріали визначають практичні напрямки можливого системного аналізу і синтезу мереж зв'язку України.

В Україні швидкими темпами впроваджуються сучасні цифрові мережі зв'язку та технології надання послуг зв'язку споживачам [5-9]. Мережа зв'язку України – одна з найбільших систем, що потребує для свого розвитку суттєвих капіталовкладень. Для ефективного розвитку цієї мережі необхідно швидкими темпами впроваджувати нові технології і технічні засоби, які мають більш високі технічні та економічні показники. Зв'язок належить до індустрії інформатики та сприяє швидкому розвитку науково-технічного прогресу. Дослідження в галузі зв'язку збагачують теорію і практику створення великих систем, систем управління, теорію масового обслуговування.

Постає важлива проблема планування мереж зв'язку з врахуванням її комплексного розвитку, оскільки телефонні мережі, телевізійного мовлення, документального зв'язку, розподілу мовних програм, передавання газет, Інтернет та ін. є підсистемами великої єдиної мережі зв'язку. На сьогодні кожна з них в Україні розвивається практично незалежно одна від одної [10]. Необхідність більш тісного їх пов'язання зумовлено можливістю часткової взаємодії різних інформаційних потоків, а також використанням для їх передавання єдиної транспортної системи. Для раціонального прискорення розвитку мережі зв'язку України слід було б враховувати напрямки розвитку всіх підсистем мережі зв'язку, які входять до неї. При цьому необхідно врахувати, що існують оптимізаційні задачі, схожі за постановкою та є загальні за методами вирішення для всіх підсистем зв'язку.

Алгоритм вирішення вищезгаданих функціональних задач зв'язку цих підсистем і ієрархією їх побудови, які можна представити у вигляді кількох



рівнів [6]. Спрощена логічна структурна схема послідовності вирішення оптимізаційних задач мереж зв'язку показана на рис.2.2.

На першому рівні аналізуються потреби в послугах зв'язку, для задоволення яких створюється мережа. Він повинен визначати очікувані об'єми інформаційних потоків, розподіл їх у просторі та часі. В даному випадку проблема оптимізації складається в уточненні видів і об'ємів традиційних і нових послуг зв'язку, а також у виборі об'ємів і характеру розподілу потоків, що створені цими послугами. Отримані результати повинні використовуватися на всіх етапах оптимізаційних розрахунків мереж. До сьогодні такі дослідження в Україні мало проводились, тому прогнози потреб у послугах мало ймовірні, що негативно впливає на якість планових рішень [12]. Таким чином, проблемам і прогнозуванню розвитку послуг зв'язку та завданням насичення України товарами і послугами повинна приділятися особлива увага [13].

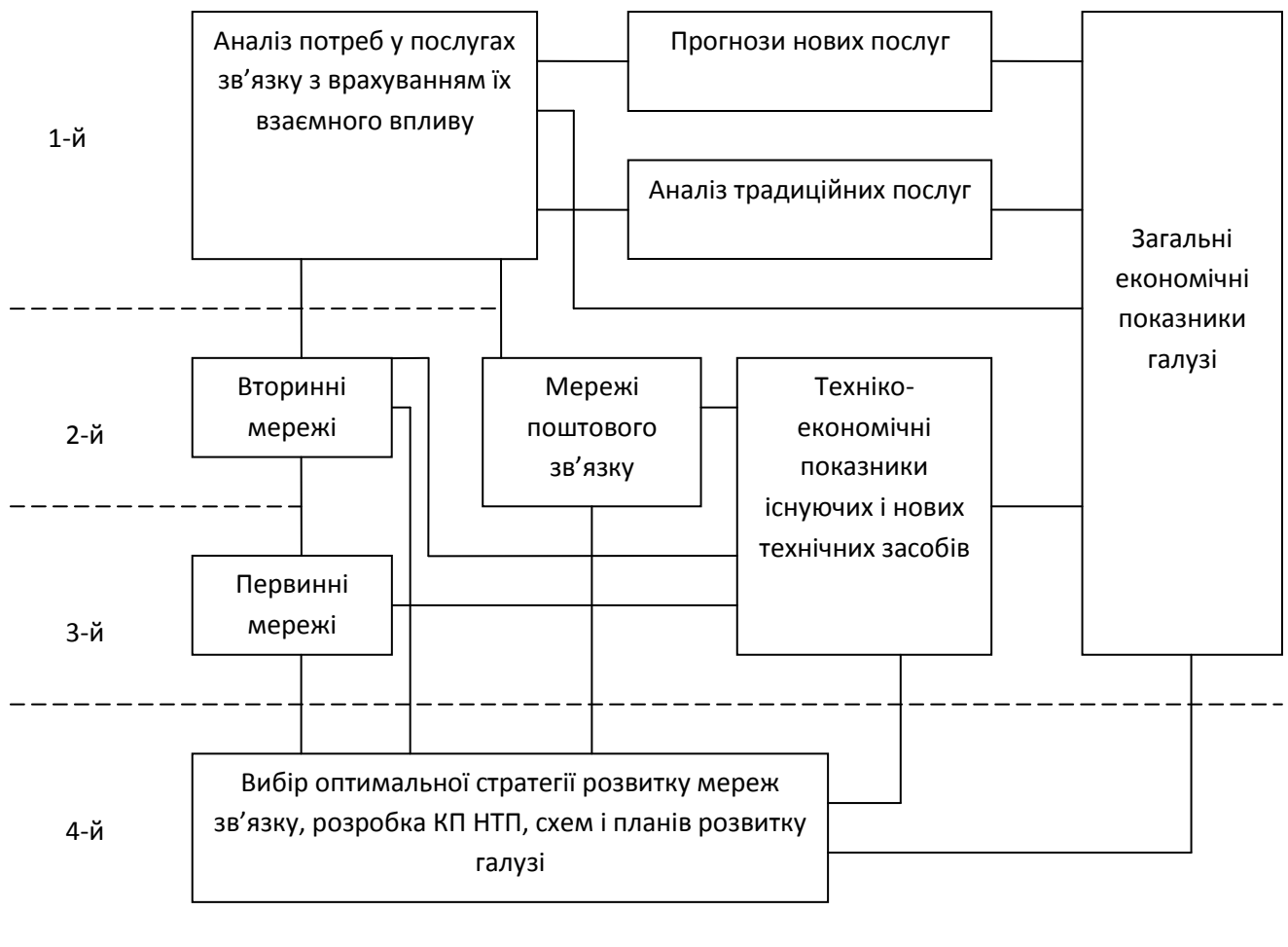


Рис. 1. Спрощена схема проведення робіт з оптимізації розвитку зв'язку:  
1-4-й – рівні оптимізації;

Крім зв'язківців, до прогнозування послуг повинні залучатися спеціалісти в галузі економіки, соціології та сфери обслуговування.

До другого рівня проблем відноситься оптимізація структури конкретного розподілу інформаційних потоків вторинних мереж зв'язку.

Суттєве значення ці проблеми мають для первинної міжміської мережі, так як Україна має велику територію. Результатами досліджень повинні бути алгоритми, які б дозволили за допомогою ЕОМ оптимізувати розподіл каналів на первинній мережі у відповідності з прийнятими принципами з'єднання АМТС, що враховують високу зайнятість каналів, можливість обходів за шляхами останнього вибору, модульну структуру систем передавання та ін.

Програми алгоритмів оптимізації на сучасних ЕОМ, що будуються за додаткових умов і шляхом розрахунків на основі матриці навантажень дозволяють скласти оптимізаційну матрицю потреб каналів для міжміської телефонної мережі, що запропонована у [14]. В результаті оптимізації з'явилась можливість збільшити коефіцієнт використання каналів мережі на 20-30%. Така оптимізаційна матриця є одним з найважливіших компонентів вихідних даних для розрахунку первинної магістральної мережі.

Іншими складовими повинні бути матриці потреб для різних видів послуг. Ряд оптимізаційних задач вторинних мереж наведений у [11]. Оптимізаційні розрахунки за допомогою ЕОМ дозволяють на 20 % скоротити довжину магістральних каналів передавання за умови переходу мережі на регіональний принцип розподілу.

Третій рівень проблем оптимізації розвитку мереж зв'язку передбачає упорядкування структури і послідовності нарощування первинної мережі. Перш за все необхідно розробити та підготувати вихідні дані і сформулювати кінцеву мету функції оптимізації. У вихідних даних повинна бути включена сумарна матриця потреб каналів, що розроблена на основі вирішених задач другого рівня: техніко-економічні характеристики систем передавання різної пропускної здатності; характеристики обладнання для мережних вузлів; визначення існуючих обмежень (наприклад: кількість допустимих транзитів; показники надійності мережі; структура існуючої мережі; можливості постачання обладнання та ін.). Повним вирішенням кінцевої задачі можна вважати оптимізацію капітальних або наведених витрат в умовах короткострокового і довгострокового планування. Прикладом такого планування розвитку мереж зв'язку України є "Концепція розвитку телекомунікацій в Україні до 2010 року", яка була затверджена

розпорядженням Кабінету Міністрів України у грудні 1999 року, а також Закон України «Про телекомунікації» [9]. Але завдання оптимізації первинної мережі зв'язку з використанням широкого кола вихідних даних не визначене.

Для місцевих мереж необхідно оптимізувати перший і другий рівні разом. У цих випадках вибір варіантів побудови мереж і розміщення засобів зв'язку має суттєве значення, оскільки доля капіталовкладень у розвиток ділянок місцевих мереж зв'язку складає біля половини всіх вкладень у мережу. В той же час відомо, що на міжміській телефонній мережі та сільській телефонній мережі засоби зв'язку використовуються малоефективно. Якщо магістральні міжміські лінії використовуються на 65-86 %, то абонентські лінії, протяжність яких на місцевих мережах складає багато мільйонів кілометрів, навіть у ЧНН використовується не більше ніж на 10% [6]. Інтенсивний розвиток місцевого зв'язку потребує великих витрат, тому у першу чергу необхідна оптимізація територіального розподілу комутаційних станцій.

Вибір оптимальної стратегії розвитку вторинної і первинної мереж передбачає облік нових техніко-економічних показників, які з'являються у процесі впровадження сучасних технологій зв'язку, обумовлених науково-технічним прогресом. Ці показники суттєво впливають на структуру мережі, розміщення на ній технічних засобів, можливість і необхідність об'єднання функцій первинної і вторинної мереж.

Тому необхідний четвертий рівень робіт з проблемами оптимізації, тобто розробка стратегії впровадження нових технологій, нової техніки, нових мереж, нових служб зв'язку. Такі проблеми повинні вирішуватися в рамках комплексної програми науково-технічного прогресу (НТП) в галузі. Роботи за єдиною комплексною системою рішень оптимізаційних задач можуть примножити ефект, який отримують від таких досліджень, оскільки можливі єдині алгоритми і програми рішень потокових задач, задач розподілу технічних засобів на мережах зв'язку, а також задач автоматизації технічного обслуговування і управління мережами.

Питання впровадження цифрових мереж зв'язку України і тенденції розвитку сучасних мереж зв'язку є актуальними і зараз [4].

На рис. 2 показана класифікація методів оптимізації, яка запропонована у [16]. Вона є достатньо загальною і може використовуватися для вибору методу оптимізації мереж зв'язку.

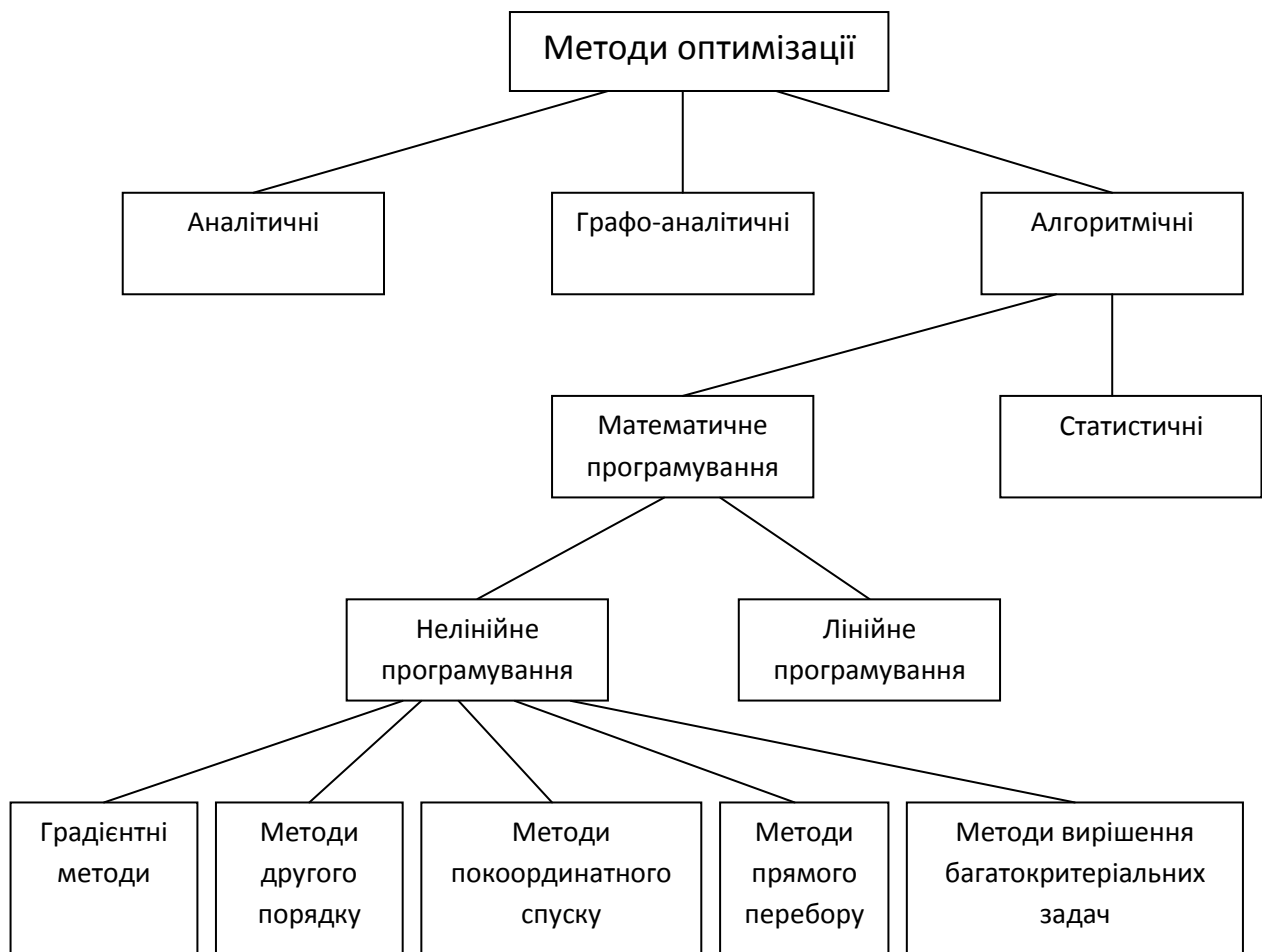


Рис. 2.3 Класифікація методів оптимізації

В [11] розглянуті методи вирішення екстремальних задач при оптимізації систем зв'язку, які повинні вирішуватися за допомогою ЕОМ.

Для мереж зв'язку суттєве значення має вирішення екстремальних задач з визначенням сукупності змінних, які забезпечують мінімум або максимум заданої цільової функції (функціонала) у деякій обмеженій області. Ці задачі полягають у знаходженні функціонала і пошуку екстремумів функції у заданих обмежених просторах. Перелік найбільш характерних вихідних задач оптимізації мереж і систем зв'язку наведений у таблиці. Задачі можуть мати різні модифікації, які визначаються виглядом цільової функції, а також сукупністю обмежень і вихідних даних. Тому метод вирішення задачі може бути вибраний тільки після її математичного формулювання з врахуванням характеристик мережі або системи, що досліджується.

## Таблиця

## Перелік найбільш характерних вихідних задач оптимізації мереж зв'язку

№ п/п	Система або підсистема	Предмет розрахунку, задача	Апарат дослідження	Характеристики задач оптимізації	Приклади систем і підсистем
1	2	3	4	5	6
1	Мережі зв'язку	Структура мережі. Склад підсистем. Обладнання, структурна схема станції.  Типи систем передавання. Ступінь інтеграції послуг і видів зв'язку.  Топологія мережі і її складових	Теорія великих систем. Структурні матриці, теорія графів.  Методи узагальнених критеріїв. Комбінаторика. Математичне програмування. Статистичне моделювання.	Мінімізація структури мережі (протяжність ліній зв'язку); визначення коротких шляхів на заданій мережі; вибір маршрутів з врахуванням завантаження напрямків. Мінімізація часу доставки інформації	Цифрова мережа зв'язку, загальна концепція побудови; АСТЕ, АСОТУ, АСОТО; Системи управління SDH, DWDM
2	Комутаційні поля	Розрахунок втрат, кількість групових приладів, ємність пучків, пропускної здатності.	Методи вирішення багатокритеріальних задач. Теорія телетрафіка. Операційне обчислення. Інтегральні перетворення. Теорія масового	Мінімізація структурних параметрів, втрат і затримок інформації в процесі комутації	Комутаційна станція. Архітектура станції

			обслуговування		
3	Прилади управління і комплекси	Декомпозиція систем і підсистем, топологія, функціональні схеми. Структури програмного управління. Способи передавання і кодування сигналів. Уніфікація стиків блок-схеми програм, вибір елементної бази	Структурні матриці, теорія графів, теорія імовірностей, теорія алгоритмів і програм; теорія масового обслуговування; синтез автоматів	Розподіл завдань в багатопроцесорній системі; оптимізація ступеня децентралізації функцій; максимізація пропускної здатності; мінімізація часу очікування (розрахунок черг); оптимізація розподілу ресурсів; оптимізація архітектури комплексу; мінімізація часу обслуговування	Складові і прилади автоматизованої системи технічної експлуатації, системи управління мережею
4	Системи параметрів і характеристик	Розрахунок втрат (наявних і прихованих), числа групових приладів, ємностей пучків,	Теорія телетрафіку. Операційне обчислення. Теорія моментів. Інтегральне перетворення.	Мінімізація втрат і затримок в процесі передавання пакетної інформації, мінімізація коефіцієнтів	Оптимізація якісних характеристик IP-мережі. Оптимізація надійності ВОЛЗ при їх проектуванні .

		пропускної здатності і продуктивності, розрахунки показників надійності, розрахунки черг, визначення ефективності кодів, часу доставки інформації.		готовності апаратури і мережі.	
5	Інші підсистеми	Типи структур мережі; обґрунтування вимог до виробів, вузлів, блоків, з'єднувальних ліній і кінцевих пристроїв; складання і аналіз алгоритмів; способи сигналізації і синхронізації; принципи динамічного управління мережею; декомпозиція	Теорія систем; теорія просторових станів; статистичне моделювання; метод штрафних функцій; методи вирішення багатокритеріальних задач	Мінімізація вірності приймання синхросигналу, часу між просковджуванням в PDH, параметрів мережі синхронізації в SDH; мінімізація середнього часу пошуку несправності і працезатрат на обслуговування комплексу обладнання	Функціональні обмежені системи; цифрова мережа зв'язку, технічні вимоги до вузлів і пристроїв

		підсистеми			
--	--	------------	--	--	--

Особливої уваги заслуговують методи вирішення багатокритеріальних задач для оптимізації систем і підсистем зв'язку [17,18].

При вирішенні задач оптимізації мережі зв'язку як великої системи, основну увагу необхідно зосередити на правильній постановці конкретних задач, які належать до проектування систем зв'язку, а також на складання прикладних програм, що забезпечують вирішення задач великої розмірності.

Таким чином можна забезпечити бажаний компроміс між високими показниками якості і прийнятними економічними показниками мережі зв'язку, що проектується.

Майбутнє мереж буде належати впровадженню самоорганізуючих мереж, які поділяються на цільові і комірчасті мережі [19]..

#### *Контрольні запитання*

1. Пояснити зв'язок методів ТЕ з методами контролю.
2. Як визначається ефективність мережі?
3. Привести схему резервування трактів з поновленням.
4. Як визначається сума штрафів на мережі за втрату інформації
5. Пояснити спрощену 4хрівневу схему робіт з оптимізації розвитку зв'язку ?
6. Що аналізується на 1,2,3 рівнях звпровадження робіт з оптимізації?
7. Чому потрібен 4й рівень?
8. Поясніть класифікацію методів оптимізації.
9. проаналізувати таблицю найбільш характерних вихідних задач.

#### *Список рекомендованої літератури*

1. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. ДУІКТ, К-2002, 100с.
2. Бондаренко В.Г. Многоканальные системы передачи первичной сети связи Украины, МС України, УМО "Связь Украины". К-1994 50с.
3. Бондаренко В.Г. Технічне обслуговування цифрових систем передачі первинної мережі. ДУІКТ, К-2002, 50с.
4. Кудрявцев Г.Г., Мамзев І.А. Микропроцессоры в системах технического обслуживания средств связи.-М. Радио и связь. – 1990, 136 с.
5. Бондаренко В.Г. Многоканальные системы передачи первичной сети связи Украины. – К.: Знання, 1994. – 50с.
6. Бондаренко В.Г., Беркман Л.Н. Тенденції розвитку сучасних мереж зв'язку. – К.: Знання, 1995. – 34с.



- 7.Бондаренко В.Г. Керівний технічний матеріал (КТМ) по застосуванню систем і апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережі зв'язку України. – К.: Знання, 1998 – 83с.
- 8.Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Стеклов В.К. та ін.. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій. – К.: Техніка 2007. – 384 с.
- 9.Борисов Б.П., Кушнір В.Н. Обоснование принципов создания первичной сети электросвязи Украины // Перспективы развития первичной сети связи Украины / Под. ред В.Г. Бондаренко. – К.: Знание, 1995.- с. 6-9.
- 10.Давыдов Г.Б. Некоторые проблемы оптимизации развития сетей связи // Электросвязь.- 1985.- №12.- с. 10–15.
- 11.Штагер В.В. Методы решения экстремальных задач при оптимизации систем электросвязи // Электросвязь.- 1986.- №5. – с. 35-39.
- 12.В.Г. Бондаренко, Д.С. Новиков Проблемы оптимизации развития сетей связи Украины // Зв'язок. – 1995. - №2. – с.32-35.
- 13.Закон України про Телекомунікації. – №1280-IV 2003р. – 52с.
- 14.Дедоборщ В.Г., Ильина Л.Д. Расчет числа каналов междугородней телефонной сети с учетом модульности систем передачи // Электросвязь. – 1985.- № 3. – с. 41-47.
- 15.Юревич Г.А. Оптимизация распределения потоков вызовов на сети коммутации каналов с обходами // Системы и средства передачи информации: Сб. науч. тр. КОНИИС.- М. 1979. с. 57-63
- 16.Бондаренко В.Г. РС-генераторы синусоидальных колебаний.- М.: Связь, 1976. – 208с.
- 17.Дехтяренко В.А. Методы многокритериальной оптимизации систем при проектировании.- К.: Техника, 1976. – 253с.
18. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез. – К.: Наук. Думка, 1992. – 210с.. 19.Аджемов А.С., Васильев А.Б., Кучерявый А.Е. Перспективные направления развития сетей связи общего пользования // Электросвязь. № 10, - 2008.– с. 6-7.
20. Бондаренко В.Г. та інші, ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ// Зв'язок 2010-№1-С.50-54.
- 21.Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем та мереж зв'язку.Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком“Телекомунікації” з дисципліни ,ТЕСЗ,-К ДУІКТ 2012 р 847с