

## МЕТОДОЛОГІЯ СИНТЕЗУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Запропоновано методологію створення автоматизованої системи управління телекомунікаційними системами військового призначення. Визначено об'єкт, предмет, задачі та засоби для їх вирішення, а також послідовність синтезу системи управління, обґрунтовані принципи її побудови, структура та функції, показники та критерії ефективності.*

*Бовда Э.М., Романюк В.А., Жук О.В. Методология синтеза автоматизированной системы управления связью военного назначения. Предложена методология создания автоматизированной системы управления телекоммуникационными системами военного назначения. Определены объект, предмет, задачи и средства для их решения, а также последовательность синтеза системы управления, обоснованы принципы ее построения, структура и функции, показатели и критерии эффективности.*

*E.Bovda, V.Romanyuk, O.Zuk Methodology the synthesis of the automated system for control of communications for military purposes. The proposed methodology of the automated system of management of communication networks for military purposes. Defined the object, subject, objectives and tools for their solutions, as well as the sequence of synthesis of a control system and substantiates the principles of its construction, structure and functions, indicators and criteria of efficiency.*

*Ключові слова:* автоматизована система управління зв'язком; система управління, синтез системи управління.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** До складу системи управління військового призначення входить важлива складова – система зв'язку (СЗ). Вона є транспортним середовищем, що об'єднує органи та пункти управління різних рівнів ієрархії системи управління [1]. Для оперативного управління системою зв'язку створюється система управління зв'язком (СУЗ). Вона складається з органів, пунктів управління та автоматизованих систем управління зв'язком (АСУЗ), а також телекомунікаційних підсистем, якими управляють перші [2]. В останні роки намітилась тенденція широкого використання новітніх інформаційних та мережевих технологій у побудові та розвитку телекомунікаційних систем, завдяки яким здійснюється інформаційна підтримка прийняття рішень в цих системах. Такого роду системи відносяться до людино-машинних систем, де провідна управляюча роль належить людині – особі, що приймає рішення.

Автоматизована система управління зв'язком є основним інструментом багаторівневої підтримки прийняття рішень посадових осіб управління зв'язком для забезпечення планування, підготовки до застосування за призначенням, застосування і відновлення системи зв'язку і боєздатності сил (засобів), а також бойового застосування з'єднань і частин управління і зв'язку з виконанням вимог до стійкості, безперервності, оперативності та скритності.

Існуючі зараз технології управління телекомунікаційними системами (мережами) розраховані на статичні або квазістатичні умови їх функціонування та враховують особливості, що характерні для цивільних систем [3 – 5]. Наприклад, технологія *TMN* є централізованою, для управління телекомунікаційною мережею застосовується виділена мережа управління, яка побудована на технології агент-менеджер з низьким рівнем автоматизації процесів управління [6 – 8], а в мережах військового призначення не завжди може бути виділена. Відмінностями між цивільними та військовими системами управління мережами полягають в наступному: різні цілі, етапи, функції, рівні управління, вимоги до оперативності управління, інтенсивність зовнішнього впливу дестабілізуючих факторів (вогневе враження, активні завади, радіоелектронна та інформаційна боротьба тощо), тобто, у військових системах зв'язок повинен бути за будь-яких умов.

Першою особливістю системи управління (СУ) телекомунікаційними мережами військового призначення є те, що потрібно поєднати в єдине ціле стаціонарну та мобільну (польову) компоненти. Другою особливістю є – необхідність інтеграції різних технологій управління мережами: в стаціонарній компоненті – концепція *TMN (Smart TMN)*, технології *CORBA*, *SDN (SDN – Software-defined Networking – програмно-конфігурована мережа)*; в тактичних мережах (мобільна, польова) – потрібно враховувати особливості їх побудови (*MANET*-технології, наявність *SDR – радіозасобів*, що програмуються, відсутність виділеної мережі управління та інші). Тобто, система управління повинна враховувати особливості застосування *TMN* та інших перспективних технологій.

На сьогодні склалася така ситуація, що в Збройних Силах України немає ефективної автоматизованої системи управління телекомунікаційними системами. Всі до цього намагання створити такі системи стиналися з величезною кількістю труднощів організаційного та технологічного характеру. В їх створенні допускались певні прорахунки, оскільки не враховувався системний підхід до синтезу військових АСУ.

*Метою статті* є створення методології синтезу системи управління телекомунікаційними системами військового призначення.

**Аналіз останніх публікацій.** Підвищення ефективності використання ресурсів системи зв'язку, ефективне виконання завдань може бути досягнуто за рахунок розвитку і вдосконалення системи управління зв'язком ЗСУ, в першу чергу за рахунок її автоматизації.

Автором [9] розглянуто методи формалізованого опису елементів системи та їх структурних взаємозв'язків, оптимізація структурної побудови автоматизованих інформаційно-управляючих систем та інш. Показано, що синтез структури включає наступні кроки: синтез структури системи, якою управляють; синтез структури системи, яка управляє; оптимальний розподіл функцій між рівнями та вузлами системи; вибір структури системи передачі та обробки інформації, тощо.

В роботі [10] запропонований функціональний підхід до синтезу системи управління мережами та алгоритми оперативного управління мережею передачі даних з комутацією пакетів. Показано підходи щодо управління зовнішніми та внутрішніми потоками, розподіл цих потоків, управління структурою мережі передачі даних.

Автором [11] розглянуто принципи автоматизації процесів управління мережами та вузлами зв'язку, функціонально-структурна організація центрів управління мережею та вузлами зв'язку. Проведено дослідження можливого застосування методів та засобів штучного інтелекту для управління мережами зв'язку та їх елементів.

В роботі [12] розглянуто процес функціонування систем управління мережею передачі даних в умовах відмов мережевого обладнання, для якого розроблена математична модель у вигляді стохастичної мережі, яка дозволяє отримати оцінку ймовірно-часових характеристик процесу функціонування систем управління мережею передачі даних у залежності від ймовірно-часових характеристик реалізації часткових підпроцесів при управлінні мережею передачі даних. Авторами [13] розглядаються питання ролі та місця підсистеми підтримки процесів організаційного управління у контурі застосування автоматизованої системи управління. Наведено моделі підсистеми підтримки процесів організаційного управління та їх оцінка основних параметрів й ймовірно-часових характеристик.

В роботі [14] пропонується мережецентричний принцип побудови інфокомунікаційної системи, де управління такою складною системою можливо тільки при екстраполяції її функціонування. Показано, як проводити для таких систем оцінку ефективності.

Авторами [15] робиться прогнозування, що в подальшому для автоматизованих систем спеціального призначення буде характерним впровадження рішення задач передбачення можливого розвитку оперативної та бойової обстановки, формування раціональних способів бойових дій. На основі проведеного аналізу маємо зробити висновок, що переважна більшість вище наведених авторів проводили свої дослідження для статичних

(квазістатичних) умов функціонування телекомунікаційних мереж (ТКМ), де не враховувався зовнішній вплив на управління такими системами та висока динаміка зміни станів ТКМ. Тому, в основу синтезу автоматизованої системи управління телекомунікаційними системами військового призначення повинно максимально використати всі зазначені вище принципи із застосуванням системного підходу та визначити схему синтезу, яка буде складатися з наступних етапів: визначення вихідних даних; визначення цілей функціонування ТКМ та СУ; визначення етапів та цілей управління мережами; визначення функцій та задач управління мережами; визначення моделей, алгоритмів управління та критеріїв оцінки ефективності СУ; визначення варіантів реалізації СУ та вибір раціонального (оптимального) варіанту СУ. В подальшому провести на основі критеріїв оцінки ефективності вибір оптимального варіанту побудови системи управління.

Сучасні системи управління повинні мати в своєму складі кілька рівнів управління (див. рис. 1.) [2]. В самому найпростішому випадку – однорівнева система управління здійснює управляючий вплив на телекомунікаційну мережу (об'єкт управління).

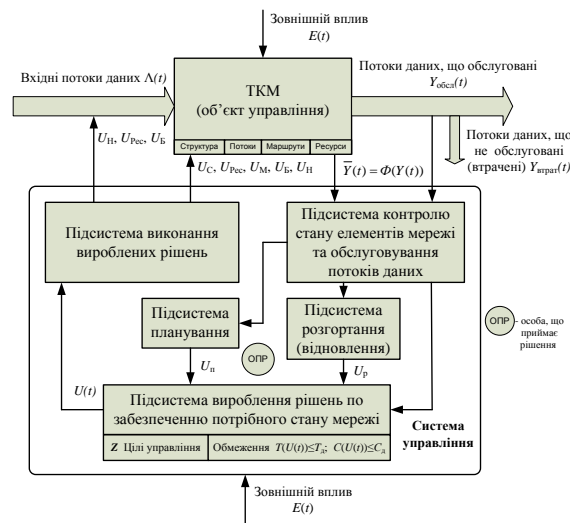


Рис. 1. Приклад моделі системи управління (АСУЗ) ТКМ

На вхід об'єкта управління поступають вхідні потоки даних з інтенсивністю  $\Lambda(t)$ , які потрібно обслужити ТКМ. Крім цього, на об'єкт управління та систему управління постійно діють зовнішні впливи  $E(t)$ , які заважають якісно здійснювати процеси передачі даних та управління цими процесами. Тому, на виході об'єкта управління маємо сумарний вихідний потік, який складається з потоку даних, що обслуговано ТКМ  $Y_{обсл}(t)$  із заданою якістю та потоку даних, що втрачений через: зовнішні впливи, неможливість обслуговування через відмову елементів мережі або перевантаження, не досконалість алгоритмів функціонування мережі  $Y_{втрач}(t)$ . Для подолання цих факторів система управління завдяки підсистемі контролю стану елементів мережі та обслуговування потоків даних на основі оцінки стану  $\bar{Y}(t) = \Phi(Y(t))$  мережі та цілей функціонування  $Z$  формує та виробляє відповідні впливи на вхідні потоки даних (наприклад, для їх обмеження) та безпосередньо на ТКМ, структуру, потоки, маршрути, ресурси, тощо. Потік даних на виході мережі можна зобразити як  $Y(t) = F(\Lambda(t), E(t), U(t))$ . Управляючі впливи  $U(t)$  – це сукупність управляючих підсистем, що входять до підсистеми вироблення рішень по забезпеченню потрібного стану мережі, які здійснюють вплив на структуру мережі  $U_c$ , її ресурси  $U_{рес}$ , функції  $F$ , маршрутизацію  $U_M$ , безпеку даних  $U_B$ , навантаження  $U_H$ , тощо:  $U(t) = U_c(t), U_{рес}(t), U_M(t), U_B(t), U_H(t)$ . Іншими словами, щоб здійснювати управління мережами, потрібно враховувати вхідні потоки даних  $\Lambda(t)$ , оцінку вихідного потоку  $\bar{Y}(t)$  та цілі управління  $Z(t)$ :  $U(t) = U(\Lambda(t), \bar{Y}(t), Z(t))$ . Для оцінки ефективності управління можна використовувати множину критеріїв, які більш докладно розглянуто в [16]. В ТКМ в якості глобального критерію можна використовувати

критерій ефективності максимальної пропускної спроможності:  $\rho(t) = \rho(\Lambda(t), Y(t))$ . Враховуючи вищезазначене, оптимальне управління буде виглядати наступним чином:

$$U^*(t) = \text{Arg} \max_{U(t)} \rho [F(\Lambda(t), E(t), Y(t), Z(t), U(t))]. \quad (1)$$

На рівняння (1) накладаються наступні обмеження:

$$\begin{cases} T(U(t)) \leq T_d; \\ C(U(t)) \leq C_d. \end{cases}$$

Ці обмеження впливатимуть на вибір управління телекомунікаційними мережами в залежності від використання по ситуації тих або інших алгоритмів ( $\Lambda$ ) та моделей ( $M$ ) управління.

### 1. Вихідні дані та цілі функціонування.

Перспективна телекомунікаційна система складається з системи управління телекомунікаційними мережами (СУ ТКМ) та телекомунікаційних мереж (рис. 2, 3). На ці дві складові системи постійно впливають зовнішнє середовище та супротивник ( $E$ ), що безпосередньо виявляється в вигляді бойового застосування військ, вогневого враження, радіоелектронної боротьби.

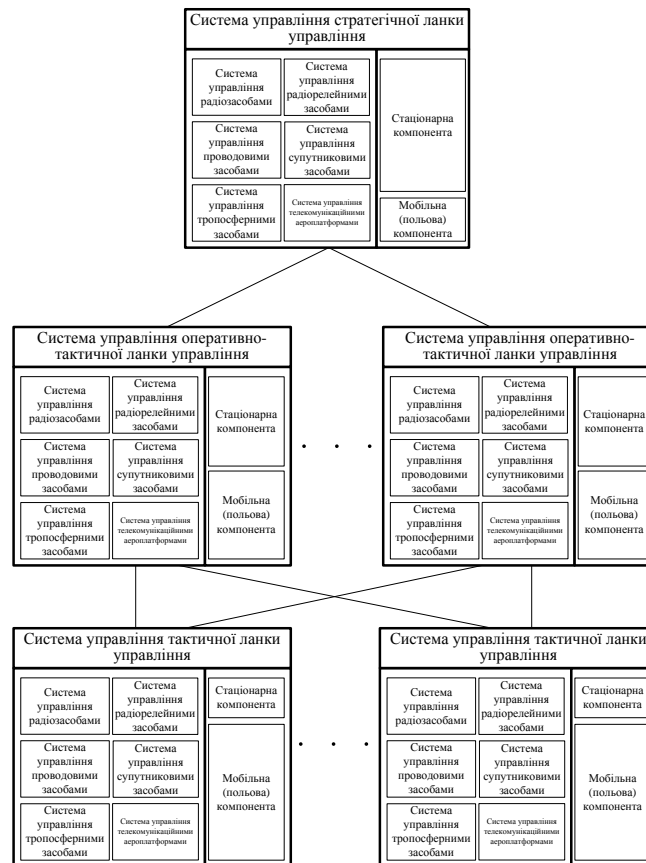


Рис. 2. Варіант структури системи управління телекомунікаційними мережами ЗСУ

Телекомунікаційні мережі  $s = 1 \dots S$  мають головну мету  $Z^S$  – передача інформації між органами військового управління з заданими параметрами.

ТКМ складаються з наступних мереж: проводового зв'язку, радіозв'язку, радіорелейного зв'язку, тропосферного зв'язку, супутникового зв'язку, оптоелектронного зв'язку. Всі вони описуються наступними характеристиками, що в кінцевому випадку визначають вихідні дані мереж  $\{X_{js} = X_{1s}, X_{2s}, X_{3s}, X_{4s}, X_{5s}, X_{6s}, X_{7s}\}$ :

параметри мережі: кількість вузлів, розміщення на місцевості, ступінь покриття території мережею, кількість базових станцій, час функціонування мереж, протоколи інформаційного обміну у відповідності з еталонною моделлю  $OSI$ , тощо  $\{X_{1s}\}$ ;

структура (топологія) мереж  $\{X_{2s}\}$ ;

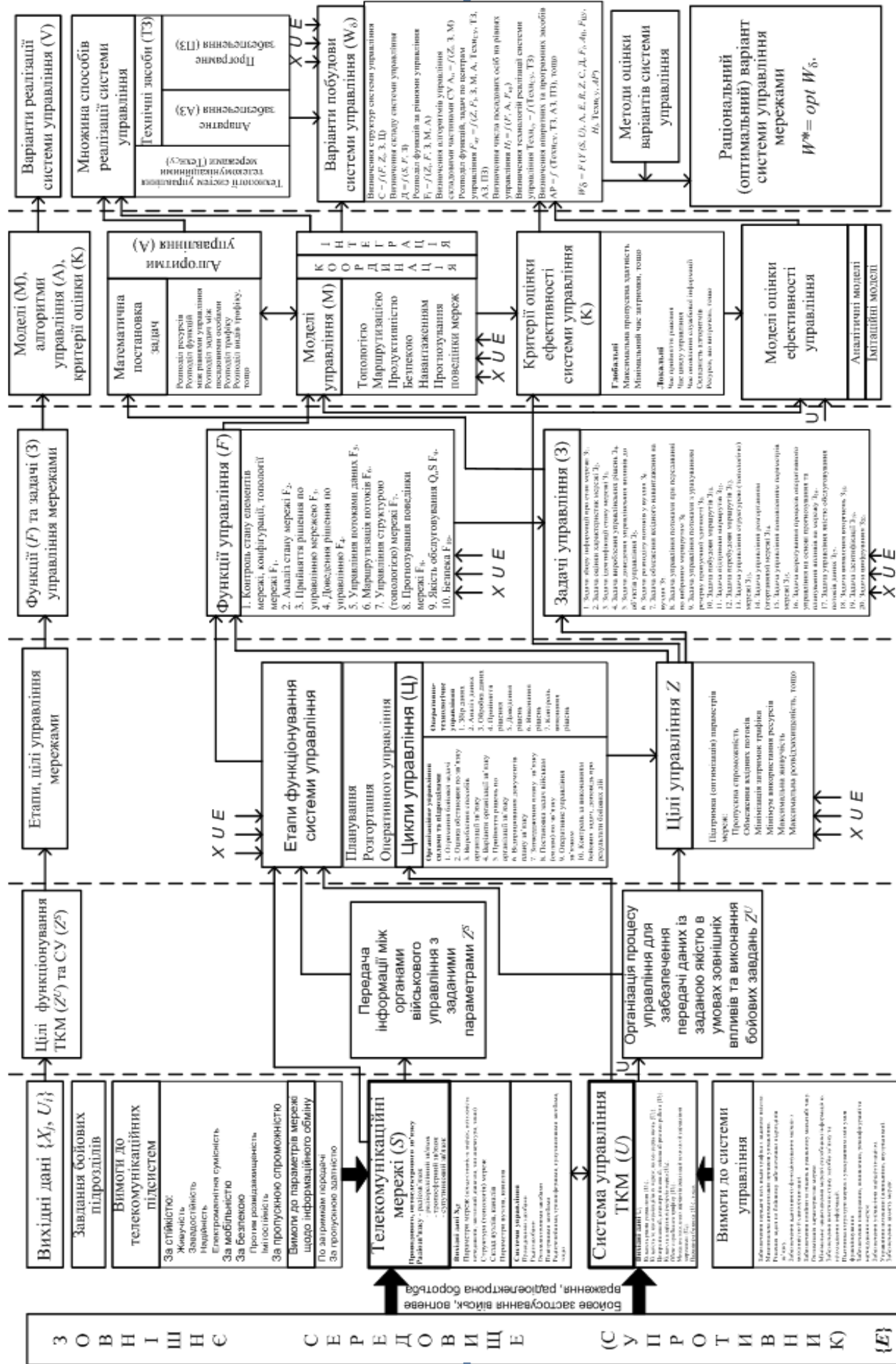


Рис. 3. Схема синтезу системи управління телекомунікаційною мережею (ТКМ)

склад вузлів  $\{X_{3S}\}$ , каналів  $\{X_{4S}\}$  (тип апаратури, обладнання; тип трафіку; рівень управління; кількість радіостанцій та їх типи, тощо); навантаження (тип, максимальне значення)  $\{X_{5S}\}$ , тощо.

параметри вузлів  $\{X_{6S}\}$ , каналів  $\{X_{7S}\}$  (пропускна спроможність; кількість абонентів, що обслуговуються; потужність передавачів; частотний діапазон; алгоритми управління, тощо).

Разом з тим, кожна з цих мереж має свою систему управління – проводовими засобами, радіозасобами, оптоелектронними засобами, повітряними засобами, радіорелейними, тропосферними, супутниковими засобами.

Елементами та об'єктами управління ТКМ є: окремі мережі, зони, напрями, маршрути, вузли, канали, радіостанції, маршрутизатори, комутатори, шлюзи, телекомунікаційні платформи, сервера, АРМи посадових осіб, тощо.

До телекомунікаційних мереж пред'являються наступні вимоги [17]:

1. За стійкістю: живучість, завадостійкість, надійність, електромагнітна сумісність.
2. За мобільністю.
3. За безпекою: протирозвід захищеність, імітостійкість.
4. За пропускною спроможністю.

В процесі експлуатації телекомунікаційних мереж до параметрів передачі даних (рекомендації міжнародного союзу електрозв'язку – сектор телекомунікацій *ITU-T*) пред'являють вимоги до [18]:

- затримок передачі інформації;
- швидкості передачі даних;
- імовірності помилок в пакетах;
- пропускної здатності мережі, тощо.

Система управління ТКМ та телекомунікаційні мережі стосовно виконання своїх функцій в складі бойових підрозділів також мають свої вимоги, наприклад – забезпечити зв'язок між механізованою бригадою та оперативним командуванням, тощо.

В основу синтезу СУ ТКМ покладено агрегативно-декомпозиційний підхід, що дозволяє представити майбутню систему у вигляді сукупності взаємопов'язаних елементів різного рівня деталізації [9]. Цей підхід включає послідовну декомпозицію цілей, функцій, задач, що виконуються системою та агрегування на відповідному рівні деталізації елементів для генерування варіантів побудови системи на рівні деталізації, що розглядається. В подальшому будемо використовувати цей підхід.

Система управління  $U$  телекомунікаційними мережами (ТКМ) має глобальну мету  $Z^U$  – забезпечення передачі даних із заданою якістю в умовах зовнішніх впливів та виконання бойових завдань.

До системи управління телекомунікаційною мережею пред'являються наступні вимоги [3, 4]:

1. Забезпечення передачі всіх видів трафіка з заданою якістю.
2. Максимальна автоматизація процесів управління.
3. Рішення задач по бойовому забезпеченню підрозділів зв'язку.
4. Забезпечення адаптивного функціонування мережі з можливістю її самоорганізації.
5. Забезпечення прийняття рішень в реальному масштабі часу.
6. Оптимізація характеристик мереж.
7. Мінімальне завантаження мережі службовою інформацією.
8. Забезпечення контролю стану засобів зв'язку та проходження інформації.
9. Підтримка структури (топології) мереж з урахуванням змін умов функціонування.
10. Забезпечення планування, поновлення, реконфігурації та нарощування мереж.
11. Забезпечення управління маршрутизацією.
12. Управління потоками (зовнішніми, внутрішніми).
13. Забезпечення захисту мереж, тощо.

Вихідними даними для системи управління телекомунікаційною мережею мають бути наступні дані  $U = \{U_i, i = \overline{1, T}\}$ :

1. Кількість рівнів управління  $\{U_1\}$ .
2. Кількість телекомунікаційних мереж, якими управляють  $\{U_2\}$ .
3. Централізований, децентралізований, змішаний режими роботи  $\{U_3\}$ .
4. Кількість апаратних та програмних ресурсів мереж  $\{U_4\}$ .
5. Обсяг службового трафіку  $\{U_5\}$ .
6. Множина можливих варіантів реалізації технології управління мережами  $\{U_6\}$ .
7. Параметри безпеки  $\{U_7\}$ , тощо.

## 2. Етапи, цілі управління мережами (рис. 3).

Етапами функціонування системи управління є планування, розгортання (організаційні способи реалізації) і оперативного управління (організаційно-технологічний спосіб).

Етап планування здійснюється центром управління мережі. Сутність планування полягає в організації діяльності органу управління, яка направлена на формування і прийняття рішення по організації мережі (способи побудови мережі), своєчасну розробку документів і доведення їх до підлеглих (постановка задач перед силами зв'язку та розподіл сил та засобів [3, 4]).

Система управління повинна реалізовувати наступні види управління зв'язком: **організаційне, організаційно-технологічне і технологічне** [3, 4].

1. На рівні **організаційного управління** повинні реалізовуватися цільові завдання функціонування системи зв'язку шляхом планування зв'язку, управління побудовою системи зв'язку і бойовим застосуванням з'єднань і частин зв'язку.

Завдання планування при управлінні мережами являють собою процес постановки цілей, які потребують досягнення і розробки програми їх досягнення, оформленої у вигляді сукупності документів по зв'язку, основним з яких є план зв'язку. Змістом процесу планування є розподіл ресурсів мереж і визначення порядку їх використання. Сутність і зміст планування зв'язку визначається її цільовим призначенням, характером функціонування та принципами застосування в той або іншій обстановці. Завдання планування розбиваються на групи: для стаціонарного та мобільного компоненти, для радіозв'язку, для радіорелейного, для тропосферного та космічного зв'язку, для вузлів зв'язку та ліній прив'язки, для мереж доступу. Наявність мобільних компонент, а також поточні зміни в топології мереж і систем управління, призводять до необхідності перерозподілу функцій управління зв'язком по ланках і рівнях управління АСУ, а також відповідного уточнення складу і взаємозв'язку завдань, що вирішуються посадовими особами при управлінні мережами.

При цьому завдання автоматизованого управління зв'язком на організаційному рівні повинні вирішуватися на основі застосування комплексів засобів автоматизації управління зв'язком, загального програмного забезпечення, спеціального програмного забезпечення організаційного управління та елементів інформаційного забезпечення – баз даних організаційного управління, реалізованих на основі сучасних засобів прикладної середовища систем підтримки прийняття рішень (далі СППР).

При цьому в загальному випадку перспективні СППР, що реалізуються в АСУС, як пасивні, так і активні, можуть поєднувати методи інформаційного пошуку, інтелектуального аналізу даних, пошуку знань в базах даних, міркувань на основі прецедентів, імітаційного моделювання, генетичних алгоритмів, нейронних мереж та ін. в залежності від конкретних завдань, і будуватися на основі технології аналітичної обробки інформації в реальному часі (*OLAP – online analytical processing*) і варіантів її реалізації.

Для безпосереднього вирішення завдань організаційного управління зв'язком на організаційному рівні управління повинні виділятися наступні основні логічні підсистеми:

- підсистема обліку даних обстановки по зв'язку;
- підсистема моделювання функціонування мереж зв'язку;
- підсистема планування зв'язку;

підсистема планування застосування елементів системи зв'язку (вузлів, центрів, ліній, мереж,

системи технічного забезпечення зв'язку і АСУ, резерву сил і засобів зв'язку та автоматизації);

підсистема оперативного управління зв'язком;

підсистема забезпечення оперативно-технічної служби на елементах системи зв'язку;

підсистема всебічного забезпечення функціонування системи зв'язку.

2. На рівні **організаційно-технологічного управління** повинні вирішуватися завдання по управлінню мережами і послугами зв'язку у взаємодії з підсистемами організаційного та технологічного управління.

Для вирішення завдань організаційно-технологічного управління зв'язком на відповідному рівні управління повинні виділятися наступні основні логічні підсистеми:

підсистема управління якістю надання видів і послуг зв'язку,

підсистема контролю стану і зміна структури мереж зв'язку.

Основу технічної реалізації даного рівня повинен становити комплекс засобів автоматизації оперативно-технічного управління мережами зв'язку, що включає:

автоматизовані робочі місця посадових осіб, об'єднані локальною обчислювальною мережею з серверами додатків, і бази даних;

програмне та інформаційне забезпечення, що забезпечує автоматизоване рішення задач оперативно-технічного управління.

3. На рівні **технологічного управління** повинні вирішуватися завдання контролю і зміни технічного стану засобів зв'язку (мережових елементів) мереж зв'язку шляхом створення відповідної підсистеми.

Технологічне управління зв'язком здійснюється з використанням можливостей сучасних засобів зв'язку сприймати керуючі команди і сигнали з боку АСУЗ, змінювати під їх впливом свої стани, а також видавати в АСУЗ інформацію про свій стан.

Для управління зв'язком і військами зв'язку в різних умовах обстановки може організовуватися шляхом створення окремих мереж управління (службового зв'язку) або шляхом використання каналного ресурсу мереж зв'язку. На мережу управління покладаються завдання по передачі командної інформації, передачі даних, передачі команд технологічного управління комплексами технічних засобів системи зв'язку ЗСУ, управління рухомими одиницями тощо. Виконання даних завдань може забезпечуватися за рахунок створення відповідних підсистем мережі управління.

Крім цього в АСУЗ повинна створюватися підсистема безпеки функціонування, яка спрямована на забезпечення схоронності даних, що циркулюють в системі, розмежування доступу посадових осіб органів управління зв'язком до інформації, їх аутентифікацію і недопущення несанкціонованого втручання.

**Етап розгортання** полягає в розгортанні мережі в заданому районі. При цьому задачі етапу розгортання (перепланування) мережі можуть виконуватися й на етапі оперативного управління при значних її змінах (ушкодженні, введенні нових угруповань військ й ін.). Контроль за етапом розгортання мережі здійснюється із центру управління мережею.

**На етапі оперативного управління** за прийнятими критеріями ефективності постійно оцінюється стан мереж, і приймаються міри (відповідно до плану та реальної обстановки) по втриманню показників ефективності функціонування в заданих межах або здійснюється їх системна (користувальницька) оптимізація.

Задачі оперативного управління (на відмінність задач планування) вирішуються змішаним способом (централізовано/децентралізовано) у режимі реального часу, а за змістом багаторазово їх повторюють. Цикл управління (Ц) мережі здійснюється органом управління (особою, що приймає рішення) та включає (див. рис. 2) [4, 5]:

– **збір інформації про стан мережі** (при цьому необхідно приймати рішення за об'ємом, типом, рівнями, функціями збору службової інформації);



– **аналіз даної інформації та її обробка** – визначаються: ступінь виконання мережею своїх функцій, необхідність управляючого впливу, цілі управління з подальшою деталізацією їх на підцілі;

– **прийняття рішення** (реконфігурація мережі, перерозподіл каналів транспортної мережі та мережі доступу, маршрутизація та обмеження потоків, оновлення елементів мережі тощо);

– **доведення та виконання рішення** (видача та доведення управляючих команд, розсилання службової інформації, резервування ресурсу, налаштування обрання, встановлення потужності передавачів, спрямованість антен тощо);

– **контроль виконання рішень** у задані часові інтервали.

Цілями системи управління ( $Z^U$ ) (рис. 2., 3) можуть бути екстремум або підтримка (виступають як обмеження) заданих параметрів функціонування всієї мережі або її елементів (зона, напрямок, маршрут, вузол, канал), що можна представити в вигляді [3, 4]:

$$Z^U = f(C, P^e, P^{зв}, F, Y^{CY}, O, R) \rightarrow opt$$

при обмеженнях  $R \leq R_{доп}$  та  $O \leq O_{доп}$ ,  $\{T_{ц} \leq T^{доп}\} \rightarrow min$

де  $C$  – структура системи управління;

$P^e$  – множина параметри елементів системи управління;

$P^{зв}$  – множина параметрів зв'язків між елементами системи управління;

$F$  – сукупність функцій, що реалізуються системою управління ТКМ;

$Y^{CY}$  – умови функціонування системи управління;

$O$  – обмеження на значення характеристик властивостей системи управління, що створюється;

$R$  – обмеження на ресурси, за допомогою яких буде синтезуватися система управління;

$T_{ц}$  – час циклу оперативного управління мережею;

$T^{доп}$  – час, що відведений на управління мережею або її етапи, який визначається директивними документами.

Разом з тим, у системі управління мережею існує ієрархія цілей  $Z^U$ . Загальна ціль поділяється на підцілі: планування та оперативного управління. Оперативне управління в свою чергу поділяється на управління якістю обслуговування, конфігурацією, несправностями, ресурсами тощо. В загальному випадку  $Z^U$  можна представити у вигляді списків підцілей, які пов'язані визначеними відношеннями [5, 11]:

$$Z^U = \{Z_0 \theta_{01} \{Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1n}\} \theta_{12} \{Z_{21}, Z_{22}, \dots, Z_{2n}\} \dots \theta_{ij} \{Z_{k1}, Z_{k2}, \dots, Z_{kn}\}\},$$

де  $Z^U$  – ієрархія цілей системи управління;  $Z_0$  – глобальна ціль;  $Z_{ij}$  –  $i$ -а підціль  $j$ -го рівня ієрархії цілей,  $i = \overline{1, I}$ ;  $j = \overline{1, J}$ ;  $\theta$  – множина відношень на підцілі ієрархії цілей.

Наприклад, до мережевих (зонових) цілей управління можна віднести оптимум наступних параметрів  $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ :

$Z_1$  – продуктивність всієї мережі, мережі певного рівня або її зони, напряму, маршруту, каналу;  $Z_2$  – потужність радіопередавачів мережі чи її зони;  $Z_3$  – ступінь покриття території (абонентів) мережею (аероплатформами);  $Z_4$  – структурна надійність (зв'язність) мережі, її зони;  $Z_5$  – кількість апаратних ресурсів (аероплатформ, базових станцій, серверів тощо);  $Z_6$  – час функціонування мережі її зони, напряму, маршруту;  $Z_7$  – обсяг службового трафіка;  $Z_8$  – час планування, розгортання, відновлення мережі чи її зони, напряму;  $Z_9$  – параметри безпеки й т. д.

### 3. Функції та задачі управління мережами (рис. 3).

Система управління ТКМ повинна забезпечити виконання основних функцій  $F = \{F_{\xi}\}$ ,  $\xi = \overline{1, \xi}$ , як в циклі управління так окремі функції.

Цикл управління складається з функцій:

1. Контроль стану елементів мережі, конфігурації, топології мережі  $F_1$ .

2. Аналіз стану мережі  $F_2$ .
  3. Прийняття рішення по управлінню мережею  $F_3$ .
  4. Доведення рішення по управлінню  $F_4$ .
- Окремі функції, що безпосередньо не входять до циклу управління.
5. Управління потоками даних  $F_5$ .
  6. Маршрутизація потоків  $F_6$ .
  7. Управління структурою (топологією) мережі  $F_7$ .
  8. Прогнозування поведінки мережі  $F_8$ .
  9. Якість обслуговування QoS  $F_9$ .
  10. Безпека  $F_{10}$ , тощо.

На систему управління мережею покладаються наступні задачі  $Z = \{Z_\eta\}, \eta = \overline{1, \eta}$ :

1. Задача збору інформації про стан мережі  $Z_1$ .
2. Задача оцінки характеристик мережі  $Z_2$ .
3. Задача ідентифікації стану мережі  $Z_3$ .
4. Задача вироблення управлінських рішень  $Z_4$ .
5. Задача доведення управлінських впливів до об'єктів управління  $Z_5$ .
6. Задача розподілу потоків у вузлах  $Z_6$ .
7. Задача обмеження вхідного навантаження на вузлах  $Z_7$ .
8. Задача управління потоками при передаванні по вибраним маршрутам  $Z_8$ .
9. Задача управління потоками з урахуванням резерву пропускної здатності  $Z_9$ .
10. Задача побудови маршрутів  $Z_{10}$ .
11. Задача підтримки маршрутів  $Z_{11}$ .
12. Задача перебудови маршрутів  $Z_{12}$ .
13. Задача управління структурою (топологією) мережі  $Z_{13}$ .
14. Задача управління розгортанням (згортанням) мережі  $Z_{14}$ .
15. Задача управління поновленням параметрів мережі  $Z_{15}$ .
16. Задача корегування процесів оперативного управління на основі прогнозування та планування впливів на мережу  $Z_{16}$ .
17. Задача управління якістю обслуговування потоків даних  $Z_{17}$ .
18. Задача виявлення вторгнень  $Z_{18}$ .
19. Задача ідентифікації  $Z_{19}$ .
20. Задача шифрування  $Z_{20}$ , тощо.

Функції та задачі управління мережами визначають майбутню логіку роботи СУ ТКМ на всіх етапах функціонування.

При виконанні кожної функції управління можливе вирішення однієї або кількох задач управління.

№ з/п	Функції управління	Задачі управління
1.	Контроль стану елементів мережі, конфігурації, топології мережі $F_1$ .	Задача збору інформації про стан мережі $Z_1$ (для всіх функцій управління).
2.	Аналіз стану мережі $F_2$ .	Задача оцінки характеристик мережі $Z_2$ . Задача ідентифікації стану мережі $Z_3$ .
3.	Прийняття рішення по управлінню мережею $F_3$ .	Задача вироблення управлінських рішень $Z_4$ .
4.	Доведення рішення по управлінню $F_4$ .	Задача доведення управлінських впливів до об'єктів управління $Z_5$ .
5.	Управління потоками даних $F_5$ .	Задача розподілу потоків у вузлах $Z_6$ . Задача обмеження вхідного навантаження на вузлах $Z_7$ . Задача управління потоками при передаванні по вибраним маршрутам $Z_8$ .

		Задача управління потоками з урахуванням резерву пропускної здатності $Z_9$ .
6.	Маршрутизація потоків $F_6$ .	Задача побудови маршрутів $Z_{10}$ . Задача підтримки маршрутів $Z_{11}$ . Задача перебудови маршрутів $Z_{12}$ .
7.	Управління структурою (топологією) мережі $F_7$ .	Задача управління структурою (топологією) мережі $Z_{13}$ . Задача управління розгортанням (згортанням) мережі $Z_{14}$ . Задача управління поновленням параметрів мережі $Z_{15}$ .
8.	Прогнозування поведінки мережі $F_8$ .	Задача корегування процесів оперативного управління на основі прогнозування та планування впливів на мережу $Z_{16}$ .
9.	Якість обслуговування $QoS F_9$ .	Задача управління якістю обслуговування потоків даних $Z_{17}$ .
10.	Безпека $F_{10}$ .	Задача виявлення вторгнень $Z_{18}$ . Задача ідентифікації $Z_{19}$ . Задача шифрування $Z_{20}$ .

#### 4. Моделі, алгоритми управління, критерії оцінки ефективності системи управління, моделі оцінки ефективності управління.

На основі визначених функцій  $\{F\}$ , задач управління  $\{Z\}$  здійснюється їх математична постановка та визначаються методи рішення. Для цього може використовуватися математичний апарат теорії множин, нечітких множин, графів, теорії ігор тощо. Далі синтезуються відповідні алгоритми управління  $\{A\}$ . В подальшому, на основі створених алгоритмів реалізуються моделі управління  $\{M\}$  під можливі варіанти подій в мережі, здійснюється їх координація роботи та інтеграція в системне середовище.

Виконання цілей  $\{Z\}$ , функцій  $\{F\}$ , задач управління  $\{Z\}$ , що були поставлені перед системою управління мережами, повинно гарантувати функціонування ТКМ в цілому, окремих мереж, напряму, каналу, вузла, маршруту, обладнання з необхідною ефективністю. Система управління мережами досить ефективна, якщо вона забезпечує заданий приріст показника її ефективності. Наявність сукупності критеріїв ефективності обумовлює багатокритеріальність задач управління та значно ускладнює розробку формальних методів:

$$K = \{K_v\}, v = \overline{1, V}.$$

Існує велика кількість методів багатокритеріальної оптимізації [5]. Звичайним рішенням є визначення головного критерій ефективності (виходячи з поточної ситуації в мережі), який підлягає оптимізації, а інші переводити в розряд обмежень. Наприклад, авторами пропонується використати метод ієрархічного цільового динамічного оцінювання альтернатив [2, 19], а саме глобальні (максимальна пропускна здатність, мінімальний час затримки) та локальні (час циклу управління, об'єм службового трафіку) критерії.

Розглянемо декілька критеріїв оцінки ефективності функціонування СУ ТКМ.

*Глобальні критерії* (оцінюють якість прийнятих рішень системою управління):

1. Максимум (завдане значення) пропускної здатності  $\rho$  мережі, яка визначає сумарну пропускну здатність всіх напрямків передачі:

$$\rho_M = \sum_{i=1}^I \rho_{H_i}.$$

2. Мінімальний час затримки пакетів (завдане значення)  $t_3$ :

$$\min t_3 (t_3 \leq t_{3 \text{ зад}}).$$

*Локальні критерії* (оцінюють саму систему управління):

1. Мінімальний час циклу управління:

$$T_{\text{ЦУ}} = t_{\text{зі}} + t_{\text{ан}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{дов}}, \quad T_{\text{ЦУ}} \leq t_i^{\text{доп}} \rightarrow \min,$$

де –  $T_{\text{ЦУ}}$  – час циклу оперативного управління мережею – проміжок часу, протягом якого здійснюється послідовне рішення задач управління до повного її виконання в масштабі даної системи управління;

$t_{\text{зі}}$  – час на збір інформації про стан мережі;

$t_{\text{ан}}$  – час на оцінку характеристик мережі та ідентифікацію стану мережі;

$t_{\text{пр}}$  – час, який необхідний на вироблення управлінських рішень;

$t_{\text{дов}}$  – час доведення управлінських впливів до об'єктів управління;

$t_i^{\text{доп}}$  – час, що відведений на оперативне управління мережею, який визначається директивними документами.

2. Мінімальний об'єм службового трафіку  $V_{\text{СТ}} \rightarrow \min$  – залежить від прийнятого в СУ мережею способу, об'єму, періоду розсилання службової інформації (маршрутні повідомлення, квитанції, hello-повідомлення, виміри трафіку), складності прийнятих алгоритмів управління, розмірністю мережі, тощо.

3. Фінансово-економічні: вартість розробки та експлуатації системи управління.

Для оцінки ефективності системи управління використовують два типи моделей – *аналітичні* й *імітаційні (статистичні)*.

За допомогою використання аналітичного або імітаційного моделювання проводиться оцінка ступеня виконання поставлених цілей управління кожного рівня управління та системи управління загалом з урахуванням цілей управління, показників якості функціонування ТКМ, виділеного ресурсу мережі, процесу функціонування ТКМ за відомими алгоритмами.

Найважливішою перевагою аналітичних моделей є те, що результати, отримані на основі їх використання, можуть бути визначені в результаті однократного виконання дій у загальному виді. Останнє дозволяє проводити всебічне дослідження отриманого результату з метою його оптимізації. Однак побудова аналітичної моделі системи зв'язку часто пов'язана із прийняттям ряду допущень, що значно спрощують процес функціонування. Це є наслідком складності адекватного відображення досліджуваного об'єкта.

Імітаційна модель, як правило, не накладає ніяких обмежень на складність модельованої системи й дозволяє враховувати в моделі будь-яке число факторів, що впливають. За певних умов можуть бути використані комбіновані моделі, у яких сполучаються аналітичні й статистичні методи.

Множина функцій та задач управління разом з вихідними даними  $\{X, U, E\}$  визначають функціональну модель управління. Авторами пропонується здійснювати цільову координацію функціональних моделей підсистем та інтеграцію рівнів еталонної моделі OSI.

### 5. Варіанти реалізації ( $W_\delta$ ).

На основі отриманих моделей ( $M$ ), алгоритмів ( $A$ ) управління формується множина способів реалізації системи управління, де враховуються технології СУ ТКМ, технічні засоби їх реалізації, апаратне та програмне забезпечення. З урахуванням способів реалізації системи управління, вихідних даних, критеріїв та моделей оцінки ефективності управління формується множина варіантів побудови системи управління ( $W_\delta$ ), яка включає наступні складові: структура системи управління ( $C$ ); склад системи управління ( $D$ ); розподіл функцій за рівнями управління ( $F_l$ ); алгоритми управління підсистемами СУ ( $A_{II}$ ); розподіл функцій (задач) по центрам управління ( $F_{\text{ЦУ}}$ ); число посадових осіб на рівнях управління ( $H_l$ ); технології реалізації системи управління ( $\text{Техн}_{\text{СУ}}$ ); апаратні та програмні засоби ( $AP$ ), тощо:

$$W_\delta = F(Y(S, U), \Lambda, E, R, Z, C, D, F_l, A_{II}, F_{\text{ЦУ}}, H_l, \text{Техн}_{\text{СУ}}, AP)$$

де  $W_\delta$  –  $\delta$ -й варіант побудови системи управління;  $Z$  – цілі управління;  $R$  – виділений ресурс;  $\Lambda$  – вхідні потоки даних;  $E$  – зовнішні впливи;  $S$  – телекомунікаційна мережа;  $U$  – управляючий вплив СУ на ТКМ;  $Y$  – реалізація вихідного процесу управління;  $C$  – структура

системи управління;  $D$  – склад системи управління;  $F_l$  – розподіл функцій за  $l$ -м рівнем управління;  $A_p$  – алгоритми управління складовими частинами СУ;  $F_{ЦУ}$  – розподіл функцій, задач по центрам управління;  $H_l$  – число посадових осіб на рівнях управління;  $Технс_u$  – технології реалізації системи управління;  $AP$  – вибрані апаратні та програмні засоби;  $l$  – рівні управління СУ. Структура системи управління повинна відповідати тим завданням, які ставляться перед системою управління по управлінню ТКМ. Система управління повинна являти собою ієрархічну організаційно-технологічну систему, що забезпечує змішане (централізоване/децентралізоване) управління телекомунікаційними підсистемами. Управління повинно здійснюватися в реальному масштабі часу.

Організаційно-технічне об'єднання органів автоматизованого управління мережами зв'язку, що входять до складу системи зв'язку (СЗ) ЗСУ, має здійснюватися на основі уніфікації технічних, інформаційних та програмно-апаратних засобів.

Система управління повинна створюватися з орієнтацією на нові інформаційні технології, перспективу зрощування телекомунікаційних і комп'ютерних мереж, методи розподіленої обробки інформації, використання технологій *Internet*, *SDN*, *IP*, а також хмарні технології та інші технології віртуалізації.

В системі управління повинні передбачатися резервні експлуатаційно-технічні засоби для відновлення функціонування основних напрямків зв'язку, а також відновлення управління мережами у зонах відповідальності. Надійність і живучість системи управління повинні бути вище значень цих параметрів ТКМ. Для забезпечення надійності та живучості автоматизованої системи управління зв'язком ЗСУ основні інформаційні та обчислювальні ресурси повинні бути розміщені в географічно рознесених пунктах управління. В перспективі пропонується застосування технологій хмарних середовищ, що будуть реалізовані центрами обробки даних (ЦОД).

Оцінка варіантів побудови системи управління проводиться за наведеними раніше критеріями. Для отримання оптимального варіанту системи управління мережами краще використовувати метод (векторної) послідовної оптимізації з використанням принципу максимізації суми зважених критеріїв з використанням методів експертних оцінок. Тоді раціональний (оптимальний) варіант системи управління мережами:

$$W^* = \text{opt } W_{\delta}, \delta = \overline{1, \Omega}.$$

Таким чином, запропонована методологія синтезу сучасної автоматизованої системи управління телекомунікаційними системами військового призначення за п'ятьма етапами. Розглянуто цілі функціонування ТКМ та системи її управління, визначено вимоги до телекомунікаційних підсистем й системи управління та проведено їх детальний опис. Представлений процес функціонування системи управління за етапами та циклами управління. Описано основні функції та задачі управління, які потрібно вирішувати в циклі управління. Визначено перелік моделей й алгоритмів управління, множина функцій, задач управління, які формують функціональну модель управління.

Варіанти побудови системи управління формуються на основі: структури системи управління; складу системи управління; розподілу функцій за рівнями управління; алгоритмів управління за підсистемами СУ; розподілу функцій (задач) по центрам управління; кількості посадових осіб на різних рівнях управління; наявних технологій реалізації системи управління, апаратних та програмних засобів.

Отримані нові наукові результати складають основу методології синтезу автоматизованих систем управління телекомунікаційними системами військового призначення. Це дозволить у майбутньому побудувати ефективну систему управління системою зв'язку Збройних Сил України для рішення різного роду завдань планування, розгортання та оперативного управління з використанням технологій інтелектуалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марценківський В. Т. Основи інформаційно-аналітичного забезпечення органів військового управління: навчальний посібник / В. Т. Марценківський. – К: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2014. – 104 с.
2. Боговик А. В. Эффективность систем военной связи и методы её оценки. / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб: ВАС, 2006.
3. Design of the Next Generation Military Network Management System Based on NETCONF [Електронний ресурс] / W.Zhu, N. Liu, W. Shan, G. Fu // Information Technology:New Generation. – 2008.
4. Бовда Е. М. Концептуальні основи синтезу автоматизованої системи управління зв'язком військового призначення / Е. М. Бовда, Ю. А. Плуговий, В. А. Романюк. // ВІТІ. – 2016. – № 1. – С. 3 – 17.
5. Хиленко В.В. Методи підвищення показників якості системи управління телекомунікаційними мережами: Монографія / В.В. Хиленко, Л.Н. Беркман, Г.Ф. Колченко, О.Г. Варфоломеева. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 236 с.
6. Легков К.Е. Система поддержки принятия решения автоматизированной системы управления связи на основе организации информационного хранилища с аналитической обработкой данных/ К.Е. Легков, Р.И. Захарченко // Т-Comm. –2013. – № 5. – С. 28 – 34.
7. Романюк В.А. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення / В.А. Романюк, А.І. Міночкін // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2005. – № 1. – С. 51 – 60.
8. Гребешков А.Ю. Управление сетями связи по стандарту TMN: Учеб. пособие. / А.Ю. Гребешков. – М.: Радио и связь, 2004 г. – 155 с.
- 9.Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М: Наука, 1982. – 200 с.
10. Арипов М. Н. Контроль и управление в сетях передачи данных с коммутацией пакетов / М. Н. Арипов, С. П. Присяжнюк, Р. А. Шарифов. – Ташкент: Фан, 1988. – 160 с.
11. Шибанов В.С. Средства автоматизации управления в системах связи / В.С. Шибанов. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.
12. Функционирование системы управления сетью передачи данных в условиях конечной надежности сетевого оборудования / А. К.Канаев, А. А. Привалов, М. А. Сахарова, Е. В. Скуднева. // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2015. – № 3.
13. Буренин А.Н. Основы поддержки процессов организационного управления системами специального назначения / А.Н. Буренин, К.Е. Легков, А.В. Боговик. // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. Т. 8.. – 2016. – № 2. – С. 54 – 61.
14. Легков К. Е. Основные направления развития методологии управления сложными инфокоммуникационными системами специального назначения / К. Е. Легков. // Т.Comm. – 2013. – № 2. – С. 41 – 46.
15. Шалдаев С. Е. Основные принципы и задачи развития автоматизированных систем управления специального назначения, требования предъявляемые к ним системой управления / С. Е. Шалдаев, К. Е. Легков, О. А. Скоробогатова. // Т\_Comm. – 2013. – № 6. – С. 83 – 87.
16. Надёжность и эффективность в технике: Справочник: Н17 в 10 т./ Ред совет: В.С. Авдеевский и др. – М.: Машиностроение, 1988. Т. 3. Эффективность технических систем/ Под общ. ред. В.Ф. Уткина. – 328 с.
17. ДСТУ 3265-1995 Зв'язок військовий. Терміни та визначення.
18. Битнер В. И. Нормирование качества телекоммуникационных услуг: Учебное пособие для вузов / В. И. Битнер, Г. Н. Попов. – М: Горячая линия-Телеком, 2009.
19. Романюк В.А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами / В.А. Романюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2012. – № 1. – С. 109 – 117.