

УДК 621.391

Толубко В.Б., д.т.н.; Беркман Л.Н., д.т.н.; Макаренко А.О., д.т.н.,  
Зайка В.Ф., д.т.н., Березнюк А.В., аспірант

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ ЗА СТАНДАРТОМ TELECOMMUNICATIONS MANAGEMENT NETWORK

**Tolubko V.B., Berkman L.N., Makarenko A.O., Zaika V.F., Bereznyuk A.V. Improving the governance process telecommunication network standards Telecommunications Management Network.** Article discusses the concept of network management Telecommunications Management Network. Analyzed the level of management and control elements of the telecommunications network that allow to develop modern management system. Described features configuration management, quality of work, troubleshooting, settlements, security network. For example, the control center shipments of radioactive materials necessary component of which is spatially distributed telecommunications network, revealed principles cybernetic approach in managing the network. Process management is presented as a closed loop sequential treatment to three operators: identify the object management, making decisions about the nature and magnitude of control actions that achieve goals management, implementation and control actions. The conclusion that the objectives operator control object identification is to determine the error probability of transmission of information, the determination of the delay of information transmission in the network, fixing the number of failures, determination of information transmission in the network, determine the degree of correlation between the parameters of managed objects, fixing the amount of control information.

**Keywords:** telecommunication network, control system, operator

**Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Макаренко А.О., Зайка В.Ф., Березнюк А.В. Удосконалення процесів управління телекомунікаційними мережами за стандартом Telecommunications Management Network.** У статті розглянуто концепцію управління мережею Telecommunications Management Network. Процес управління представлено у вигляді замкнутого циклу послідовного звернення до трьох операторів: ідентифікації об'єкта управління, прийняття рішень про характер і величину керуючих дій, що забезпечують досягнення мети керування, та здійснення керуючих дій. Зроблено висновок, що завданнями оператора ідентифікації об'єкта управління є визначення ймовірності помилки передачі інформації, визначення величини затримки передачі інформації в мережі, фіксація кількості відмов, визначення швидкості передачі інформації в мережі, визначення ступеню кореляції між параметрами керованих об'єктів, фіксація кількості керуючої інформації.

**Ключові слова:** телекомунікаційна мережа, система управління, оператор

**Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Макаренко А.А., Зайка В.Ф., Березнюк А.В. Совершенствование процессов управления телекоммуникационными сетями по стандарту Telecommunications Management Network.** В статье рассмотрена концепция управления сетью Telecommunications Management Network. Процесс управления представлен в виде замкнутого цикла последовательного обращения к трем операторам: идентификации объекта управления, принятия решений о характере и величину управляющих воздействий, обеспечивающих достижение цели управления, и осуществления управляющих воздействий. Сделан вывод, что задачами оператора идентификации объекта управления является определение вероятности ошибки передачи информации, определения величины задержки передачи информации в сети, фиксации количества отказов, определение скорости передачи информации в сети, определения степени корреляции между параметрами управляемых объектов, фиксации количества управляющей информации.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, система управления, оператор

### Вступ

Для вирішення завдання інтегрованого управління телекомунікаційними мережами прийнято використовувати концепцію управління мережею за стандартом Telecommunications Management Network (TMN), що забезпечує управління мережами і їх послугами шляхом організації взаємозв'язку з компонентами різних мереж на основі єдиних інтерфейсів і протоколів. У сукупності з організаційно-технічними рішеннями та сучасними

інформаційними технологіями на базі TMN з'являється можливість контролювати процес надання послуг зв'язку, впливати на робочі характеристики обладнання і систем зв'язку. Для цього використовуються функціональні елементи TMN з стандартизованими інтерфейсами взаємодії і підключення.

### 1. Виклад основного матеріалу дослідження

Інформаційна модель телекомунікаційної мережі за стандартом TMN представляє собою логічний опис фізичних об'єктів мережі з використанням прийнятої інформаційної технології та спеціальних програмних засобів. Операційні системи забезпечують управління обчислювальними програмами і функціонування прикладних програмних засобів управління, які, власне, і реалізують більшість послуг і функцій управління. Функції управління можуть виконуватися безпосередньо людиною-оператором або здійснюватися додатком управління в автоматичному режимі. Крім того, операційні системи забезпечують підтримку терміналів користувача, форматування даних, розподіл машинних ресурсів.

Виконання деяких функцій управління може забезпечуватися декількома операційними системами. У цьому випадку мережа передачі Data Communications Network (DCN) використовується для обміну інформацією між різними операційними системами. Мережа DCN також використовується для з'єднання між робочими станціями і операційними системами, що дозволяє здійснювати оброблення інформації, необхідної для виконання функцій керування. Взаємозв'язок операційних систем та мережі зв'язку показано на рис. 1.

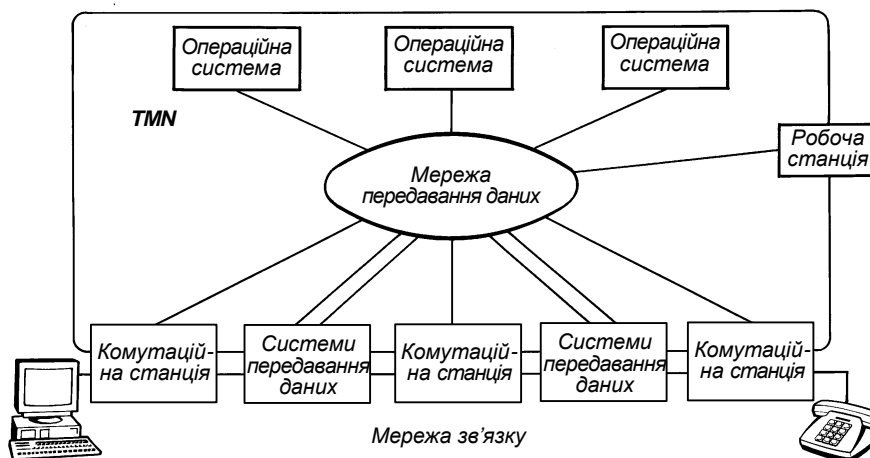


Рис. 1. Взаємозв'язок операційних систем та мережі зв'язку

Робочі станції забезпечують інтерфейс користувача, за допомогою якого оператор взаємодіє з мережею керування. Мережа передавання даних призначена для зв'язку між мережними елементами, операційними системами та іншими компонентами TMN.

Спрощена фізична архітектура мережі керування (рис. 2), крім згаданих компонентів, має у своєму складі проміжні пристрої (медіатори), інтерфейси, призначені для взаємодії між компонентами, та Q-адаптери для взаємодії з мережними елементами або операційними системами, які мають непередбачені в TMN інтерфейси.

Найнижчий рівень керування (рис. 3) являє собою саму мережу зв'язку, тобто об'єкт керування. Мережними елементами тут можуть розглядатися комутаційні станції, системи передавання, мультиплексори, комплекти обладнання для тестування, тощо.

Кожний наступний рівень має вищий від попереднього рівня ступінь узагальнення. Інформація про стан рівня надходить угору, а згори донизу спрямовуються керуючі дії.

Ступінь автоматизації керування може бути різним. Як правило, чим вищий рівень ієрархії керування, тим нижчий ступінь його автоматизації.

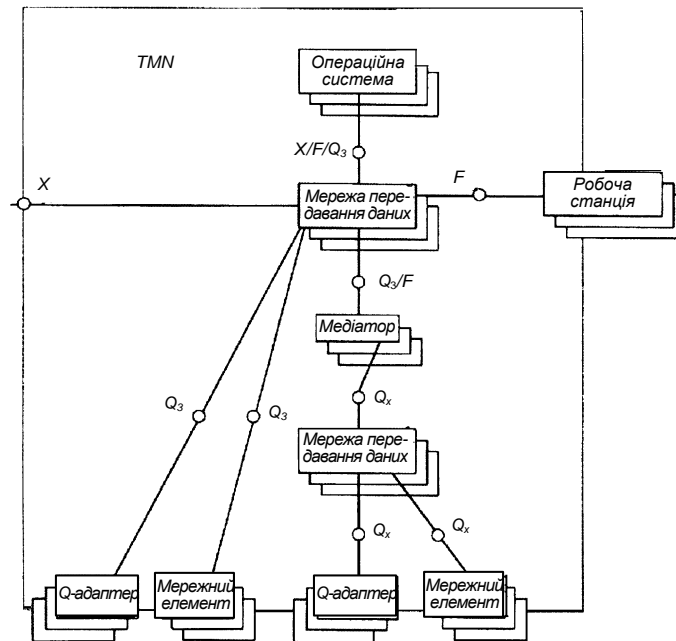


Рис. 2. Спрощена фізична архітектура мережі керування

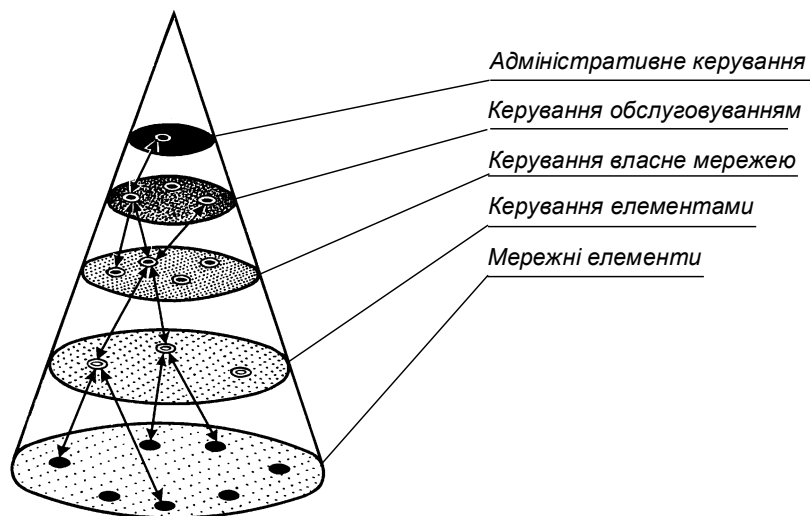


Рис. 3. Рівні керування

Рівень керування елементами охоплює контроль, відображення робочих параметрів, технічне обслуговування, тестування, керування окремими елементами або деякими їх підмножинами.

Рівень мережного керування надає змогу контролювати підмножини мережних елементів у взаємозв'язку між собою і керувати всіма мережними ресурсами.

Рівень керування обслуговуванням, на відміну від нижчих рівнів, безпосередньо зв'язаних з мережею (з технічними засобами), призначений для користувача, тобто на цьому рівні приймаються рішення щодо надання та припинення послуг, здійснюється планування та облік. Ключовим тут є забезпечення якості обслуговування.

Рівень адміністративного керування забезпечує функціонування компанії-оператора мережі зв'язку. Тут розв'язуються організаційні й фінансові питання та здійснюється взаємодія з компаніями-операторами інших мереж зв'язку.

Функції, пов'язані з керуванням, можна поділити на дві частини: загальні та прикладні.

Загальні функції забезпечують підтримання прикладних функцій і передбачають, наприклад, переміщення інформації між елементами мережі зв'язку та системи керування, збереження інформації, її відображення, сортування, пошук тощо.

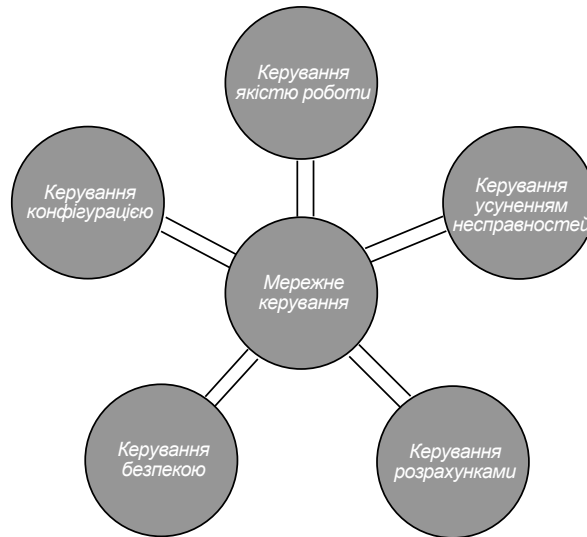


Рис. 4. Прикладні функції

Прикладні функції, згідно з класифікацією Міжнародної організації стандартизації, поділяються на п'ять категорій (рис. 4): керування конфігурацією; керування якістю роботи; керування усуненням несправностей; керування розрахунками; керування безпекою.

Керування конфігурацією передбачає збирання, ведення і відображення інформації про мережні елементи (їх типи, місцезнаходження, ідентифікатори тощо); введення елементів у роботу та виведення їх з роботи; встановлення і зміну фізичних з'єднань між елементами.

Керування якістю роботи має за мету контроль і підтримання на потрібному рівні основних характеристик мережі. Сюди входять збирання, оброблення, реєстрація, збереження і відображення статистичних даних про роботу мережі та її елементів, а також виявлення тенденцій у поведінці елементів та попередження про можливі порушення в роботі.

Керування усуненням несправностей забезпечує виявлення, визначення місця розташування і реєстрацію несправностей та видачу рекомендацій щодо їх усунення.

Керування розрахунками передбачає контроль за ступенем використання мережних ресурсів і підтримання функцій нарахування плати за їх використання.

Керування безпекою потрібне для захисту мережі від несанкціонованого доступу. Сюди входить обмеження доступу за допомогою паролів, видача сигналів тривоги у разі спроби несанкціонованого доступу, від'єднання небажаних користувачів і навіть криптографічний захист інформації.

За стандартом TMN впроваджуються телекомунікаційні мережі на підприємствах. Основним призначенням мережі підприємств є забезпечення доступу користувачів до інформаційних ресурсів підприємства для підвищення ефективності виробничого процесу за рахунок автоматизації. Отже, мережі підприємств є класичним прикладом телекомунікаційних мереж, де основний трафік формується в результаті взаємодії прикладних процесів кінцевих систем.

Побудова телекомунікаційних мереж підприємств ґрунтується на загальних принципах побудови сегментів фізичного каналного й мережевого рівнів [1].

В даній статті розглянуто процес управління просторово розподіленою мережею центра управління перевезеннями радіоактивних матеріалів (ЦУП РМ), призначеного для моніторингу спеціалізованого автотранспорту підприємства-користувача, та створення умов для об'єктивної оцінки стану транспортування високоактивних радіоактивних джерел іонізуючого випромінювання, радіоактивних відходів і своєчасного виявлення небезпечної ситуації. На рис. 5 показана загальна схема роботи ЦУП РМ.

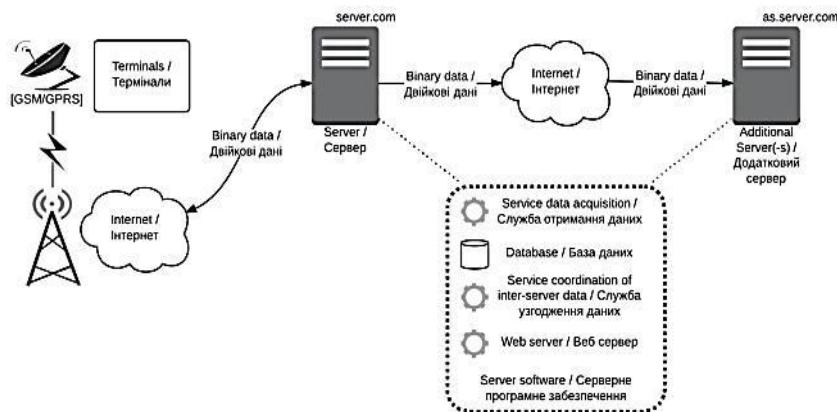


Рис. 5. Загальна схема роботи центра перевезень радіоактивних матеріалів

Призначення системи ЦУП РМ:

- забезпечення технічним оснащенням, засобами зв'язку та комп'ютерними комунікаціями в галузі атомної енергетики;
- підвищення рівня організації при забезпеченні безпеки перевезень радіоактивних матеріалів;
- облік і контроль фактичних обсягів перевезень;
- уніфікація на підприємствах організаційно-розпорядчих документів з організації перевезень.

Розподілена телекомунікаційна мережа є основою ЦУП РМ. Система побудована та має диспетчерські центри в багатьох містах України. За кожним Державним міжобласним спеціальним комбінатом (ДМСК) на території України закріплена зона обслуговування, а саме: “Дніпропетровський ДМСК” обслуговує: Дніпропетровську, Донецьку, Запорізьку, Кіровоградську та Луганську області. “Київський ДМСК” обслуговує: Київську, Вінницьку, Житомирську, Хмельницьку, Черкаську, Чернігівську області та місто Київ. “Львівський ДМСК” обслуговує: Львівську, Волинську, Закарпатську, Івано-Франківську, Ровенську, Тернопільську та Чернівецьку області. “Одеський ДМСК” обслуговує: Одеську, Миколаївську, Херсонську області. “Харківський ДМСК” обслуговує: Харківську, Полтавську та Сумську області. ЦУ ПРМ об'єднує всі міста в єдину систему для здійснення збору, збереження та обробки інформації яка циркулює в мережі. На рис. 6 зображена схема організаційної структури ЦУП РМ.

Управління ЦУП РМ надасть можливість контролювати систему в цілому та приймати рішення для запобігання і швидкого реагування в умовах надзвичайних ситуацій.

Для покращення показників системи управління представимо її за допомогою кібернетичного підходу. Розглянемо адаптивну систему управління, здатну в процесі виконання основного завдання управління поліпшувати якість свого функціонування за рахунок змінювання параметрів.

Здійснюючи аналіз управління виділяють трійку – середовище, об'єкт і суб'єкт (рис.8), всередині якої і відбувається процес управління (рис. 7). Існує вплив середовища  $X$  і вплив об'єкта  $Y$  на суб'єкт. Якщо стан середовища  $X$  не змінюється, то станом  $Y$  об'єкта він може керувати за допомогою спеціально організованого впливу  $U$ .

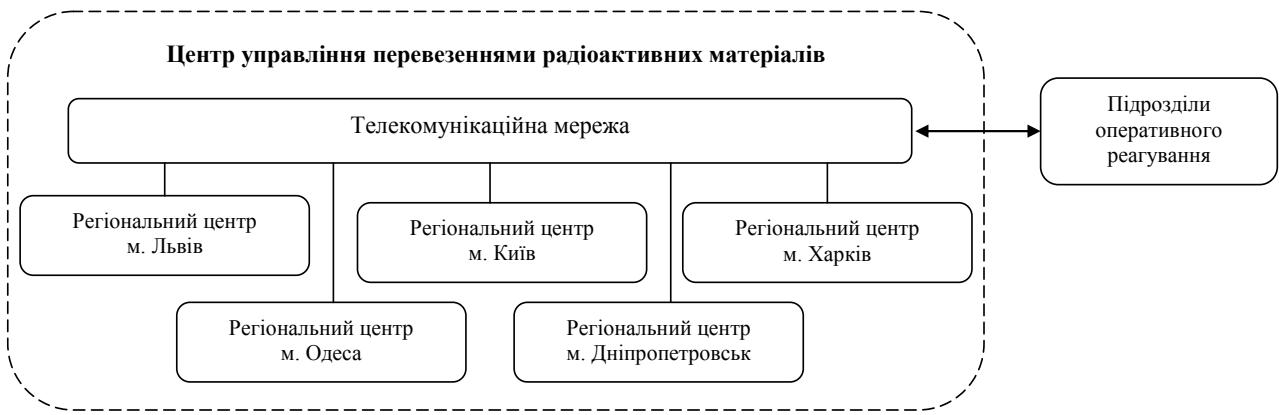


Рис. 6. Схема організаційної структури ЦУП РМ

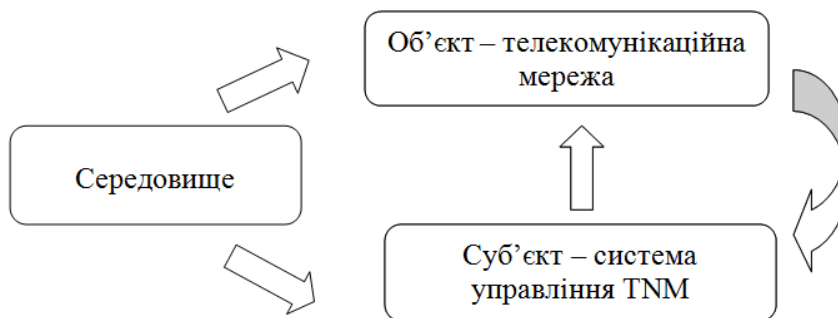


Рис. 7. Середовище, об'єкт і суб'єкт

Стан  $Y$  об'єкта впливає на стан потреб суб'єкта. Потреби суб'єкта.

$$A = (\alpha_1 + \alpha_k), \quad (1.1)$$

де  $a_i$  – стан  $i$ -тої потреби суб'єкта, що виражається додатнім числом, характеризує сутність, актуальність цієї потреби.

Свій вплив суб'єкт будує таким чином, щоб мінімізувати актуальність своїх потреб, тобто вирішує задачу багатокритеріальної оптимізації

$$\alpha_i(X, U) \rightarrow \min_{u \in R} (i = 1, \dots, k). \quad (1.2)$$

Ця залежність виражає невідомий, але існуючий зв'язок потреб зі станом  $X$  середовища і поведінкою  $U$  суб'єкта ( $k$ -ресурси суб'єкта).

Нехай  $U^* x$  – рішення задачі (1.2), тобто оптимальна поведінка суб'єкта, що мінімізує його потреби (1.1). Спосіб вирішення завдання (1.2), що дозволяє визначити  $U^* x$ , можна назвати алгоритмом управління:

$$U_x = \varphi(A_t, X). \quad (1.3)$$

Тут  $\varphi$  – алгоритм, що дозволяє синтезувати управління станом  $X$  середовища і потреб  $A_t$  (зауважимо, що потреби суб'єкта змінюються не тільки під впливом середовища або об'єкта, а й самостійно, відображаючи стан суб'єкта, що позначається індексом  $t$ ).

Алгоритм управління  $\varphi$  суб'єкта визначає ефективність його функціонування в даному середовищі. Однак досить часто цей алгоритм має рекурентний характер:

$$U_{n+1} = \varphi(U_n, A_t, X), \quad (1.4)$$

тобто дозволяє на кожному кроці покращити управління:

$$U_{N+1} > U_N. \quad (1.5)$$

Наприклад:

$$A_t(X, U_{N+1}) < A_t(X, U_N), \quad (1.6)$$

тобто зменшення рівня всіх потреб.

Сам по собі процес управління як організація цілеспрямованого впливу на об'єкт може реалізуватися алгоритмом управління і вводити проміжну стадію – формулювання мети управління, тобто діяти за двохстадійною схемою:

$$A_t \rightarrow Z^* \rightarrow U^*. \quad (1.7)$$

На першій стадії визначається мета  $Z^*$  управління:

$$Z^* = \varphi_1(A_t, X), \quad (1.8)$$

де  $\varphi_1$  – алгоритм синтезу мети  $Z^*$  за вимогами  $A_t$  і стану  $X$  середовища. Тут мету  $Z^*$  зручно називати моделлю необхідного стану, тобто такий стан об'єкта  $Y^*_x$ , який задовольнить потреби суб'єкта при наявному стані  $X$  середовища і вимог  $A$ . Мета  $Z^*$  формулюється за допомогою  $\varphi_1$ :

$$Z^*: Y \rightarrow Y^*_x, \quad (1.9)$$

що дозволяє передати процедуру синтезу і реалізації управління  $U^*_x$  іншому вузлу.

На другій стадії визначається управління  $U^*_x$ , реалізація якого забезпечує досягнення мети  $Z^*$ , сформованої на першій стадії, що і призводить до вдоволення вимог суб'єкта. Саме на цій стадії може бути використана уся потужність формального апарату, за допомогою якого згідно з метою  $Z^*$  синтезується управління

$$U^*_x = \varphi_2(Z^*, X), \quad (1.10)$$

де  $\varphi_2$  – алгоритм управління. Розділення процесу управління на дві стадії надає можливість застосування формальних підходів.

В зв'язку з викладеним, об'єктивно необхідним напрямком розвитку ЦУП РМ є створення і широке застосування баз даних, що містять повну інформацію про всі об'єкти, ведення та використання яких можливо тільки при впровадженні системи керування просторово розподіленою мережею. Застосування вказаної системи дозволяє суттєво підвищити ефективність функціонування ЦУП РМ.

Мета функціонування ЦУП РМ досягається шляхом виконання керуючої, інформаційної і допоміжної функцій [3].

Процес функціонування системи керування можна представити у вигляді опису динаміки інформаційних потоків, що циркулюють в цій системі [4]. При цьому під процесом отримання інформації розуміється процес зниження апріорної невизначеності [5].

Процес керування динамічними об'єктами вимагає наявності інформаційних ресурсів, джерелами яких є:

- постійні ресурси, що зберігаються у вигляді попередньо сформованих структури системи і змісту об'єктів її інформаційного забезпечення;
- змінювані в процесі функціонування дані, що визначаються шляхом вимірювання.

Управління – процес, що забезпечує необхідне при використанні за цільовим призначенням протікання технологічних процесів перетворення енергії, речовини та інформації, підтримання працездатності та безаварійності функціонування об'єкта шляхом збору і обробки інформації про стан об'єкта і зовнішнього середовища, прийняття рішень про дію на об'єкт і їх виконання [6].

Отже, за інформаційною сутністю, процес управління можна формалізувати у вигляді замкненого циклу послідовного звернення до трьох операторів: ідентифікації об'єкта

курування, прийняття рішень щодо характеру і величини керуючих дій, що забезпечують досягнення поставленої мети та здійснення керуючих дій (рис. 8).



Рис. 8. Інформаційна структура циклу керування в системі управління розподіленою телекомунікаційною мережею

Мета управління досягається забезпеченням якісного функціонування всіх операторів в кожному циклі керування. Основою для прийняття вірних керуючих дій на об'єкт управління є достатність і достовірність інформації при ідентифікації об'єкта управління.

Аналіз показує, що для досягнення мети функціонування автоматизованої системи керування розподіленою телекомунікаційною мережею завданнями оператора ідентифікації об'єкта управління є визначення ймовірності помилки передачі інформації, визначення величини затримки передачі інформації в мережі, фіксація кількості відмов, визначення швидкості передачі інформації в мережі, визначення ступеню кореляції між параметрами керованих об'єктів, фіксація кількості керуючої інформації (рис. 9).

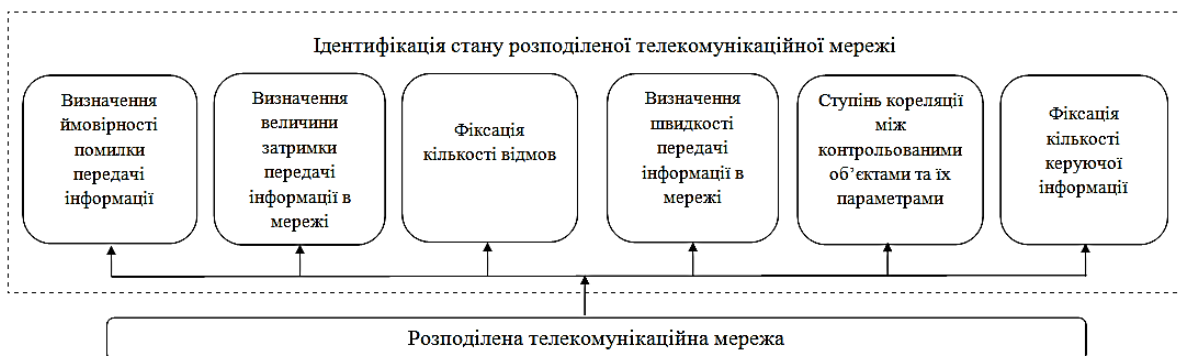


Рис. 9. Завдання оператора ідентифікації

## Висновки

Мета управління мережею ЦУП РМ досягається забезпеченням якісного функціонування всіх операторів в кожному циклі керування, що досягається виконанням оператором ідентифікації об'єкта управління наступних завдань: визначення ймовірності помилки передачі інформації, визначення величини затримки передачі інформації в мережі, фіксація кількості відмов, визначення швидкості передачі інформації в мережі, визначення ступеню кореляції між параметрами керованих об'єктів, фіксація кількості керуючої інформації.



**Список використаної літератури**

1. Гребешков А.Ю. Управление сетями электросвязи по стандарту TMN: Учеб. пособие / А.Ю. Гребешков. – М.: Радио и связь, 2004. – 155 с.
2. Зони обслуговування та статистика ліквідації радіаційних аварій [Електронний ресурс] / Державна корпорація “Українське державне об’єднання “Радон” – Режим доступу: [//www.radon.net.ua/plants](http://www.radon.net.ua/plants) (18.04.2019)
3. Беркман Л.Н. Концепция построения системы управления интеллектуальной сетью / Л.Н. Беркман // III международная конференция “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”. - Харьков-Туапсе: 1997 г. – С. 28-30.
4. Шилейко А.В. Введение в информационную теорию систем / Шилейко А.В., Кочнев В.Ф., Химушин Ф.Ф.; под. ред. А.В. Шилейко. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.
5. Бриллюэн Л. Наука и теория информации / Л. Бриллюэн; пер. с англ. А.А. Харкевича. – М.: “Государственное издательство физико-математической литературы”, 1980. – 392 с.
6. Теория управления. Терминология. Вып. 107. – М.: Наука, 1988. - 56 с.

**Автори статті**

**Толубко Володимир Борисович** – доктор технічних наук, професор, ректор Державного університету телекомунікацій, Київ, Україна.

**Беркман Любов Наумівна** – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Макаренко Анатолій Олександрович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Заїка Віктор Федорович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Березнюк Андрій Володимирович** - аспірант кафедри Телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Authors of the article**

**Tolubko Volodymyr Borysovych** – doctor of Science (technic), professor, rector of the State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Berkman Lyubov Naumivna** – doctor of Science (technic), professor, vice-rector for scientific and pedagogical work, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Makarenko Anatoliy Oleksandrovych** – doctor of Science (technic), associate professor, professor of Department of Mobile and videoinformation technologies, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Zaika Viktor Fedorovych** – doctor of Science (technic), associate professor, Head of the Department of Telecommunication Systems and Networks, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Bereznyuk Andriy Volodymyrovych** - postgraduate, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 11.03.2019 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.В. Вишнівський