

## АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

**Dyshchuk A. S. Analysis of complex object functioning in control system in telecommunications.** The problems of algorithmic analysis and synthesis of control systems of telecommunications networks in future generations are investigated. The basic requirements and problems of modern telecommunication control systems are determined as complex technical systems. The basic characteristic features of complex control object are formulated: the need for mathematical description, stochasticity behavior, capacity for evolution, transience complex control object, non-reproducibility of experiments. Control system efficiency indicators of a telecommunication network can be divided into two groups. One group describes the efficiency and the second - the reliability of the control system.

**Keywords:** control system, telecommunication network, complex object, transience control object, stochasticity behavior, performance indicator, reliability

**Дищук А. С. Анализ функционирования сложного объекта системы управления в телекоммуникациях.** Досліджуються питання алгоритмічного аналізу і синтезу систем управління телекомунікаційних мереж наступних поколінь. Визначені основні вимоги і задачі проектування сучасних систем управління телекомунікаціями як складних технічних систем. Сформульовано основні характерні ознаки складного об'єкта управління: необхідність математичного опису, стохастичність поведінки, здатність до еволюціонування, нестационарність складного об'єкта управління, невідтворюваність експериментів.

**Ключові слова:** система управління, телекомунікаційна мережа, складний об'єкт, нестационарність об'єкта управління, стохастичність поведінки, показник ефективності, надійність

**Дыщук А. С. Анализ функционирования сложного объекта системы управления в телекоммуникациях.** Исследуются вопросы алгоритмического анализа и синтеза систем управления телекоммуникационных сетей следующих поколений. Определены основные требования и задачи проектирования современных систем управления телекоммуникациями как сложных технических систем. Сформулированы основные характерные признаки сложного объекта управления: необходимость математического описания, стохастичность поведения, способность к эволюционированию, нестационарность сложного объекта управления, невозпроизводимость экспериментов.

**Ключевые слова:** система управления, телекоммуникационная сеть, сложный объект, нестационарность объекта управления, стохастичность поведения, показатель эффективности, надежность

**Вступ.** Для досягнення високого рівня доступності до інформаційних ресурсів, реалізації вимог ринку інфокомунікаційних послуг потрібна така розвинена система, яка забезпечила б ефективно використання телекомунікаційних комплексів і нових інформаційних технологій. Перехід до мереж майбутніх поколінь (FN) можна вважати радикальною модернізацією телекомунікаційної системи. Змінюються технологічні принципи передавання і комутації. Досить істотні зміни відбуваються на ринку інфокомунікаційних послуг, у системі технічної експлуатації. Сучасний етап розвитку автоматизації характеризується значним ускладненням задач теорії автоматичного управління в телекомунікаціях з переходом від автоматизації окремих об'єктів до комплексної автоматизації виробничих процесів, від управління окремими об'єктами до одночасного управління великою кількістю взаємопов'язаних об'єктів.

Розробці методів синтезу систем управління (СУ) складних систем присвячено велика кількість наукових робіт вітчизняних та зарубіжних вчених [1-9]. Аналізуючи науково-технічну літературу і розробки провідних фірм та корпорацій світу можна зробити висновок, що шляхи створення і тенденції розвитку систем управління, які забезпечують ефективність і надійність роботи устаткування, постійно ускладнюється. Під системою управління розуміємо всі необхідні алгоритми обробки інформації і засобів їх реалізації,

взаємозалежних між собою і утворюючих деяку цілісну єдність, які розглядаємо як визначене єдине ціле для досягнення певної мети [3, 8].

В телекомунікаціях СУ – це складні системи, які представляють собою множину взаємозв'язаних і взаємодіючих між собою елементів і підсистем, основні ознаками з яких: багатомірність; різномірність структури системи; багатозв'язність елементів системи (взаємозв'язність підсистем в одному рівні і між різними рівнями ієрархії); розмаїття природи елементів; багатократність зміни складу і стану системи (перемінність структури, зв'язків і складу системи); багатокритеріальність системи; багатоплановість[3, 7-9]. Усе це веде до необхідності перегляду принципів і підходів до мережного управління для мереж FN. Система управління FN повинна представляти набір рішень, що забезпечують управління мережами, реалізованими на базі різних технологій (фіксовані і мобільні телефонні мережі, мережі передачі даних, сигналізації і т.д.), що надають різні послуги і побудованих на устаткуванні різних виробників.

Основними вимогами, пропонованими до СУ FN, є: підготовлене рішення на практиці повинно реалізовуватися в короткий термін; структури відкритих систем повинні забезпечувати гнучкість реалізації і сумісність з іншими рішеннями, високу надійність, і як результат – якість обслуговування; оператор повинен мати можливість модифікувати програмне забезпечення для реалізації специфічних функцій і вводити нові послуги через зміну конфігурації; компонентні рішення спрощуватимуть можливості оператора по введенню нових користувачів і функцій.

Кожен оператор, що надає телекомунікаційні послуги, стикається з необхідністю управління і обслуговування своєї мережі для забезпечення її високої якості і надійності. Зі збільшенням кількості обладнання і ускладнення топології комунікаційної мережі завдання управління стає однією з найважливіших для розвитку мережі. Так які ж вимоги пред'являти до СУ і які прикладні функції вони повинні виконувати? Готових рішень немає; навіть з урахуванням розроблених стандартів для систем управління, таких як загальний протокол управління інформацією (CMIP) і простий протокол мережного управління (SNMP), не можна дати гарантії, що конкретна система управління повністю відповідатиме вимогам.

**Узагальнена схема систем управління.** Саме тому в даний час на перший план виходять задачі проектування сучасних систем управління телекомунікаціями, вирішувати які слід, починаючи з визначення структури і сукупності параметрів системи управління [2].

Розглянемо схему системи управління (Рис.1).

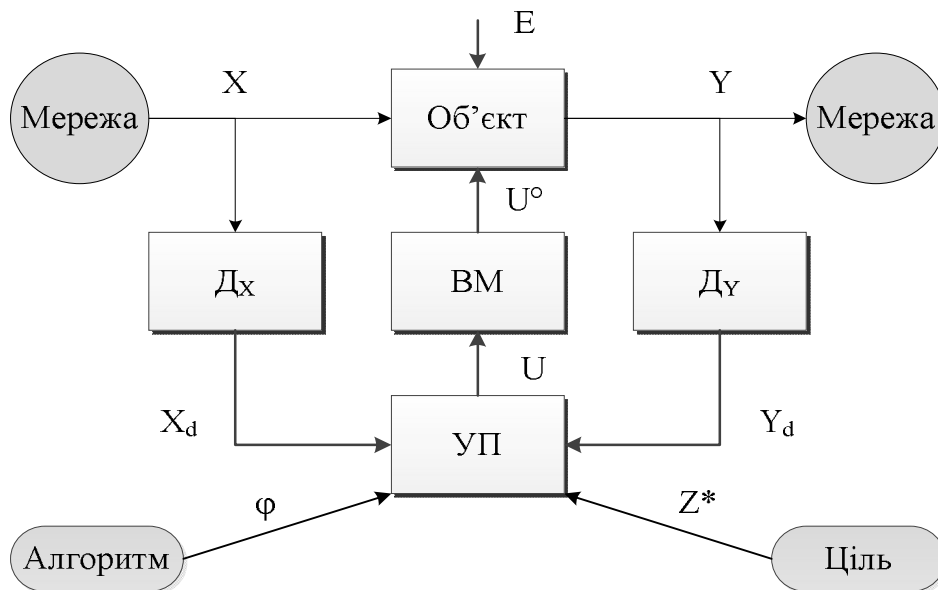


Рис. 1. Схема системи управління

Об'єкт управління – це частина системи, на яку ми можемо діяти цілеспрямовано, тобто управляти ним. Більшість об'єктів телекомунікацій належать до складних технічних систем, їх проектування характеризується високою вимірністю задач, наявністю великої кількості варіантів розв'язання, необхідністю врахування всіляких чинників.

$X$  – це вхідні параметри об'єкта, що впливають на пристрої зовнішніх інформаційних сигналів.  $Y$  – це стан об'єкта, тобто його вихідні параметри – показники якості, за якими можна робити висновки про правильність функціонування системи. Це поняття аналогічне поняттю "показник ефективності", але застосовується для систем на будь-якому ієрархічному рівні.

Стан визначають або через вхідні впливи і вихідні результати, або через макропараметри, макровластивості системи, наприклад, сигнали тощо:  $Y = F^\circ(X)$ , де  $F^\circ$  означає зв'язок між входом і виходом об'єкта. Поняття "зв'язок" входить у будь-яке визначення системи, забезпечує виникнення та зберігання структури та цілісних властивостей системи. Це поняття одночасно характеризує побудову (статичу) і функціонування (динаміку) системи. Зв'язки розділяють за місцем прикладення: (зовнішні та внутрішні), за направленістю процесів в системі в цілому або в окремих її підсистемах (прямі і зворотні), і за деякими більш частковими ознаками.

$D_x$  і  $D_y$  – це датчики, за допомогою яких вимірюється стан мережі та об'єкта відповідно. результати вимірювань

$$X_d = D_x(X); \quad Y_d = D_y(Y), \quad (1)$$

де  $D_x$  і  $D_y$  – оператори цих датчиків, є вихідною інформацією для управляючого пристрою (УП), яке на цій основі створює управляюче діяння  $U$ .

Ці формули виражають зв'язок між станом (мережі ( $X$ ) або об'єкта ( $Y$ )) та інформацією про цей стан. В основі процесу управління лежить інформація про сформовані ситуації:

$$I = (X_d Y_d), \quad (2)$$

але вона завжди є неповною. Ця неповнота, насамперед, пов'язана з обмеженими можливостями усякої системи збору інформації  $I$  і необхідністю «плати» за цю інформацію. А при обмежених ресурсах вказана обставина призводить до постійного дефіциту інформації про поведінку мережі та об'єкта. Це змушує створити ще один вхід об'єкта – неспостережуване збурення  $E$  (Рис.1), під яким мають на увазі всі неспостережувані зовнішні і внутрішні чинники об'єкта, що впливають на його стан  $Y$ , тобто  $Y = F^\circ(X, U, E)$ .

Щодо входу  $E$  можуть висуватися лише певні припущення, але безпосередньо цей вхід не вимірюється. Вхід  $E$  утворюють насамперед невимірювальні параметри мережі і будь-якого роду випадкові зміни характеристик самого об'єкта (наприклад, дрейф його характеристик).

Таким чином, об'єкт управління має три входи: спостережуваний ( $X$ ), керований, а отже, і спостережуваний ( $U^\circ$ ) і неспостережуваний ( $E$ ). Зауважимо, що управляючий вплив (команда, створювана управляючим пристроєм)  $U$  є інформація про те, в яке становище повинні бути приведені керовані входи об'єкта  $U^\circ$ . Відпрацювання цієї команди здійснюється виконавчими механізмами (ВМ), які й змінюють стан керуемого входу  $U^\circ$  об'єкта. Будемо для простоти вважати, що виконавчі механізми миттєво виконують команду  $U$  і тому  $U^\circ = U$ , тобто можна й не розрізняти  $U^\circ$  і  $U$ .

Для цілеспрямованого, функціонування управляючого пристрою йому крім інформації (2) необхідно повідомити:

– мету  $Z^*$  управління, тобто до чого йому слід прагнути в процесі управління (в практичному значенні поняття *мети* використовується і відображається у формулюванні –

ідеальна спрямованість, яка дозволяє передбачити перспективу або реальні можливості, що забезпечують своєчасність завершення певного етапу на шляху до ідеального спрямування);

– алгоритм управління – вказівку, як досягти цієї мети.

Поняття мети інтуїтивно зрозуміле – це те, до чого ми прагнемо. Під алгоритмом в даному випадку ми розуміємо чітке недвозначне правило, інструкцію, вказівку, що і як слід робити, щоб домогтися заданої мети (цілі)  $Z^*$  в ситуації  $I$ , що склалася. (Але інструкція не може бути названа алгоритмом, хоча і має його структуру). Тепер, володіючи інформацією про стани мережі, об'єкта і мети, можна уявити управління  $U$  як результат роботи алгоритму:

$$U = \varphi(I, Z^*) \quad (3)$$

де  $\varphi$  – алгоритм управління, який представляє собою оператор  $\varphi = \varphi(*, *)$ , що переробляє інформацію про середовище (мережу), об'єкт і цілі в управління  $U$ , реалізація котрого  $U^\circ$  повинна переводити об'єкт в необхідний стан  $Z^*$ .

Об'єкт можна класифікувати за низкою ознак [1-3, 7]. Основними факторами будь-якого керування, які притаманні будь-якій системі управління об'єктом, є:

- мета управління ( $Z^*$ );
- число параметрів об'єкту;
- обсяг апріорної інформації про стан об'єкта і мережі ( $I$ );
- вплив на об'єкт, тобто власне управління ( $U$ );
- алгоритми управління ( $\varphi$ ).

Зауважимо, що слово «управління» зазвичай використовують у двох сенсах. У широкому сенсі це процес досягнення поставлених цілей, а у вузькому - всякий цілеспрямований вплив на об'єкт. Якщо виключити з переліку основних факторів управління хоча б один, управління стане неможливим. За числом варійованих параметрів розрізняють одно- і багатопараметричні об'єкти. Залежно від обсягу апріорної інформації можуть бути екстремальні об'єкти, для яких існує математичний опис, і залежність показника якості від параметрів, відома. Для таких об'єктів є достатній обсяг апріорної інформації. Існує також великий клас об'єктів, для яких немає ніякого математичного опису. Малий обсяг апріорної інформації про такі об'єкти послужив мотивом називати їх об'єктами типу «чорний ящик».

Вибір і обґрунтування мети(об'єкту) передбачають визначення показників якості (критеріїв ефективності роботи системи управління) і цільових функцій, які якнайповніше відображають цілі. Цей етап є одним з основних, оскільки від правильності вибору параметрів об'єкту (показника якості) залежить рішення задачі в цілому.

Таким чином, управління в широкому сенсі визначається множиною цілей  $\{Z^*\}$ , які надходять в систему управління ззовні. Ці цілі ставить суб'єкт, який є користувачем майбутньої системи управління об'єктом. Суб'єкт виступає в якості замовника на створення системи управління.

**Показники ефективності функціонування системи управління.** Сучасні телекомунікаційні мережі характеризуються різноманітністю застосування устаткування. Одночасно експлуатуються системи передавання і комутації різних типів і поколінь. При аналізі таких мереж найефективнішим є апарат складних систем.

Ефективність роботи системи управління телекомунікаційною мережею може бути розділена на дві групи. Одна група характеризує продуктивність роботи СУ, друга – надійність.

Продуктивність СУ вимірюється за допомогою показників двох типів – часових, оцінюючих затримку, що вноситься системою управління при виконанні обміну даними, і

показників пропускної спроможності, що відображають кількість інформації, переданої мережею в одиницю часу. Ці два типи показників є взаємно зворотними, і, знаючи один з них, можна обчислити інший.

Як часова характеристика продуктивності системи управління використовується такий показник як *час транзакції*. Термін "*час транзакції*" може використовуватися в дуже широкому значенні, тому у кожному конкретному випадку необхідно уточнити, що розуміється під цим терміном. У загальному випадку, час транзакції визначається як інтервал часу між виникненням запиту споживача до якої-небудь послуги системи управління і отриманням відповіді на цей запит. Очевидно, що зміст і значення цього показника залежать від типу послуги, від того, до якого серверу відбувається звертання, а також від поточного стану елементів мережі – завантаженості сегментів, через які проходить запит, завантаженості серверу тощо. Ще одним важливим критерієм ефективності системи управління є її пропускна спроможність.

Важливими показниками функціонування СУ є показники *надійності* і *відмовостійкості*, які відображають здатність правильно функціонувати протягом тривалого періоду часу. Ця властивість має три складових: власне надійність, готовність і зручність обслуговування. Підвищення надійності полягає в запобіганні несправностям, відмовам і збоєм за рахунок застосування електронних схем і компонентів з високим ступенем інтеграції, зниження рівня завад, полегшених режимів роботи схем, забезпечення режимів їх роботи, а також за рахунок вдосконалення методів збірки апаратури. Надійність вимірюється *інтенсивністю відмов* і *середнім часом напрацювання на відмову*. Надійність мереж як розподілених систем багато в чому визначається надійністю кабельних систем і комутаційної апаратури – роз'ємів, кросових панелей, комутаційних шаф тощо, що забезпечують власне електричну або оптичну зв'язність окремих вузлів між собою. Надійність системи управління мережею визначаються надійністю серверів і робочих станцій системи управління, а так само надійністю її мережі.

**Алгоритмічний аналіз управління** є основою для прийняття рішення про створення системи управління. При цьому аналізі слід враховувати фактор складності об'єкта управління. Справа в тому, що управління простим об'єктом не представляє труднощів. Всі труднощі управління визначаються складністю об'єкта, тому варто починати саме з об'єкта, а не з алгоритму управління ним. Проаналізуємо зміст *«складного об'єкту управління»*, який досить точно відповідає тому поняттю, яке використовується в теорії управління [4, 5].

Розглянемо основні (але не формальні) ознаки складного об'єкта управління [6, 7]:

1. *Відсутність математичного опису і необхідність* у ньому є обов'язковою ознакою складного об'єкта управління. Під математичним описом маємо на увазі наявність алгоритму (правил, інструкції) обчислення стану  $Y$  об'єкта за спостереженнями входів - керованого  $U$  і некерованого, але спостережуваного  $X$ .

Математично задача зводиться до відшукування найкращих показників управління.

При проектуванні системи управління необхідно врахувати, що апріорні імовірності  $P(Y_i)$  виникнення тієї або іншої непередбаченої ситуації в мережі наперед не можуть бути визначені і умови виникнення аварійних ситуацій можуть визначатися за максимальним значенням умовного ризику:

$$R_{\max} = \max_i \sum_{i=1}^k P(\hat{y}_i | y_i) L_i,$$

де  $L_i$  – деякий нормований коефіцієнт, що характеризує величину втрат в тій або іншій ситуації.

Проте знаходження “найгіршого” розподілу представляє, як правило, вельми складну самостійну задачу, так що практично зводиться деколи до чисто евристичного вибору “найгіршого” розподілу. Так, наприклад, за відсутності яких-небудь апріорних відомостей як “найгірше” часто вибирають нормальний розподіл.

Прості об'єкти управління можуть теж не мати математичного опису. Однак якщо простими об'єктами можна управляти без їх математичної моделі, то складними вже не можна. Вимога точності робить простий об'єкт управління складним. Загальна вимога до будь-якої моделі полягає в тому, що вона має бути адекватною реальному пристрою, тобто математичне описування має із заданою точністю відображати істотні властивості конкретного об'єкта. Цей висновок дозволяє сформулювати наступне твердження: якщо керувати складною системою з використанням формальних методів, то доведеться створити обов'язково її математичну модель.

2. *Стохастичність* поведінки складних об'єктів управління є також дуже важливою ознакою, що характеризує труднощі процесів аналізу та управління ними. Ця ознака зумовлена не стільки наявністю якихось спеціальних джерел випадкових перешкод в об'єкті управління, скільки складністю об'єкта і пов'язаним з цим неминучою великою кількістю різного роду другорядних (з погляду цілей управління) процесів – випадкових чинників. Це ускладнює прогнозування поведінки об'єкта управління, особливо тоді, коли є великий спектр зовнішніх впливів. Тому поведінка такого об'єкта часто виявляється несподіваним для дослідника, причому цю несподіванку зручніше розглядати як випадковий фактор і трактувати як зашумленість, ніж розбиратися в механізмі другорядних процесів в складному об'єкті. У цьому разі доцільно використовувати вірогідність моделі прогнозування.

Побудова статистичної моделі об'єкта пов'язана з деякими труднощами. Перш за все це вимагає збирання представницького статистичного матеріалу на реальному функціонуючому об'єкті. Це можливо не завжди. Розробник може отримати завдання на проектування системи управління об'єктом, якого ще просто не існує, отже, статистичного матеріалу теж немає. Для багатьох систем характерне нестационарне функціонування, що унеможливорює побудову однієї статистичної моделі об'єкта і вимагає побудови сукупності таких моделей і формування моделі зміни моделей [10].

Будь-який складний об'єкт містить велику кількість такого роду несподіванок, які і є свідченням його складності. Проявляється цікава тенденція-називати випадковим те, що другорядне і несуттєве для реалізації цілей управління в цьому об'єкті. Насправді, якщо розібратися, ця «випадковість» може виявитися зовсім і не випадковою. Але в даному випадку дуже зручно вважати випадковим все те, що незрозуміло. У статистичній теорії управління поняття «*статистичний*» і «*стохастичний*» еквівалентні.

3. *Здатність до еволюціонування* в часі. Структура таких систем і їх функціонування не залишаються незмінними в часі. Проілюструвати твердження можна на прикладі телекомунікаційної мережі, яка є об'єктом управління. Нині телекомунікаційна мережа, яка виникла шляхом еволюції від розрізнених локальних мереж через об'єднання мереж в єдину світову Глобальну інформаційну інфраструктуру, використовується не тільки за своїм прямим призначенням, але і є мережею передавання даних між ЕОМ.

Складність прогнозування можливої еволюції структури для об'єкта типу різнорівневої телекомунікаційної мережі унеможливорює застосування централізованої системи управління, яка забезпечила б роботу мережі. Лише перехід до децентралізованого

управління, управління локальними підсистемами з локальними функціями забезпечив би доцільне використання можливостей різнорідної телекомунікаційної мережі.

4. «*Нетерпимість*» до управління є, мабуть, самою прикрою ознакою складного об'єкта управління, утруднює управління ним. Справа в тому, що складний об'єкт існує і функціонує незалежно від суб'єкта і його потреб. Управління має зовнішній характер по відношенню до об'єкта. Природно, що будь-яке управління порушує «нормальне» функціонування об'єкта, тобто змінює його самостійну поведінку і робить залежним від суб'єкта. Наприклад, для об'єкта типу різнорідної телекомунікаційної мережі наявність великої кількості суперечливих критеріїв управління. Як правило, ці критерії навіть не підлягають чіткому формулюванню. Це, насамперед, вірогідність керуючої інформації, її мінімальна кількість, затримка, вартість. Складно однозначно відповісти на запитання про те, скільки різних керуючих впливів можна використовувати. Особливо ця обставина виявляється в активних об'єктах, що містять у собі людський фактор. Тут важко розраховувати на те, що власні цілі такого складного об'єкта співпадуть з цілями управління. Швидше вони будуть в чомусь суперечити один одному. Це і викликає негативну реакцію складного об'єкта на управління, якщо мета управління не узгоджена з його власною метою.

5. *Нестационарність* складного об'єкта управління природно впливає з його складності. Ця риса проявляється в дрейфі характеристик об'єкта, в «упливанні» його параметрів, тобто в еволюції об'єкта з часом. Чим складніший об'єкт, тим рельєфніше проявляється ця його риса, що створює серйозні труднощі при синтезі моделі такого складного об'єкта і управлінні ним. Чим складніший об'єкт, тим швидше він змінюється.

Наслідком нестационарності є наступна суттєва ознака складного об'єкта.

6. *Невідтворюваність експериментів*. Проявляється ця ознака в різній реакції об'єкта на одну й ту ж ситуацію або управління в різні моменти часу. Складний об'єкт весь час ніби перестає бути самим собою, тобто  $E$  постійно змінюється. Це потрібно враховувати при синтезі моделі об'єкта управління, для чого вводиться її корекція. Всі ці обставини призводять до того, що мета управління таким об'єктом повною мірою ніколи не досягається. Дійсно, для синтезу управління  $U$  потрібен час, за якого об'єкт змінюється непередбаченим чином, в результаті це управління вже напевно не приведе до бажаного результату  $Z^*$ .

Ефективним способом боротьби з перерахованими властивостями складного об'єкта управління є екстраполяція поведінки системи, тобто з'ясування напряму її еволюції. У цьому випадку управління  $U$  проводиться з попередженням, з урахуванням зміни об'єкта. Інший спосіб полягає в скороченні циклу управління, щоб за час синтезу управління об'єкт сильно не змінився.

**Висновок.** Швидка еволюція сучасних телекомунікаційних технологій постійно створює нові послуги, які сприяють удосконаленню методів прогнозування розвитку засобів і телекомунікаційних мереж, складних систем управління, їх проектування та експлуатації. Тому проведення алгоритмічного аналізу і синтезу систем управління складними об'єктами на сьогодні є актуальною задачею.

В результаті проведеного аналізу складного об'єкта управління визначено, що вибір і обґрунтування мети (об'єкту) передбачають визначення показників якості (критеріїв ефективності роботи системи управління) і цільових функцій, які якнайповніше відображають цілі. Отже, складний об'єкт управління відрізняється від системи взагалі тим, що він створений елементами, пов'язаними відношенням, що володіють властивістю здатності об'єкта перебувати у станах із заданої цільової множини.

Зазначена необхідність станам складного об'єкта відповідати цільовій множині системи і утворює залежність об'єкта від цілей управління. Встановлено, що всі труднощі управління визначаються складністю об'єкта, тому аналіз необхідно починати саме з об'єкта, а не з алгоритму управління ним.

Сформульовано основні характерні ознаки складного об'єкта управління: *необхідність* математичного опису обов'язковим; *стохастичність* поведінки; *здатність* до еволюціонування; *«нетерпимість»* до управління; *нестационарність* складного об'єкта управління природно випливає з його складності; *невідтворюваність* експериментів.

### **Література**

1. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж : підручник для ВНЗ / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – Київ : Техніка, 2002. – 792 с.
2. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку : – підручник для ВНЗ / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький. Київ : Техніка, 2004. – 576 с.
3. Стеклов В. К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В. К. Стеклов, Б. Я. Костік, Л. Н. Беркман. – Київ : Техніка, 2005. – 400 с.
4. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – Москва : Мир, 1989. – 544 с.
5. Гаранин М. В. Системы и сети передачи информации / М. В. Гаранин, В. И. Журавлев, С. В. Кунегин. – Москва: Радио и связь, 2001. – 320с.
6. Окунев Ю. Б. Принципы системного перехода к проектированию в технике связи / Ю. Б. Окунев, В. Г. Плотников. – Москва : Связь, 1976. – 184с.
7. Поповський В. В. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В. В. Поповський, С. О. Сабурова, В. Ф., Олійник, Ю. І. Лосєв, Д. В. Агєєв, Т. Г. Калєкіна, О. В. Лемешко, О. Ю. Євсєєва, Ю. Ю. Коляденко, І. В. Стрєлковська, Л. О. Титарєнко, Д. А. Зайцев. – Харків : СМІТ, 2006. – 564 с.
8. Стеклов В. К. Вимоги до системи управління інтелектуальною надбудовою / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, О. І. Чумак // Радиотехника. – 2001. – №123. – С. 104-109.
9. Якубайтис Э.А. Открытые информационные сети / Э. А. Якубайтис. – Москва : Радио и связь, 1991. – 208 с.
10. Торошанко Я. І. Моделювання системи управління телекомунікаційною мережею із затримками сигнальної і управляючої інформації / Я. І. Торошанко, Л. І. Танцюра, Л. О. Харлай, К. В. Хмара // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2015. – №4. – С. 24-29.

### *Автор статті*

**Дишук Анатолій Станіславович** – директор центру документального інформаційного забезпечення та контролю, Державний університет телекомунікацій. Тел.: +380 (67) 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru

### *Author of the article*

**Dyshchuk Anatoliy Stanislavovych** – director of center of the documentary informative providing and control, State University of Telecommunications. Тел.: +380 (67) 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru

Дата надходження в редакцію: 14.01.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л. Н. Беркман