

УДК 621.391

DOI: 10.31673/2786-8362.2026.013728

Варфоломєєва О.Г., к.т.н.; Колченко Г.Ф., к.т.н.;
Перепелиця Н.Л.; Клепач І.В.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СУЧАСНИМИ ЕЛЕКТРОННИМИ КОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Varfolomeieva O.H., Kolchenko H.F., Perepelitsa N.L., Klepach I.V. Some issues regarding the functioning of management systems for modern electronic communication networks. The principles of building electronic communication networks with the management system of such networks are considered and the requirements for creating a network and a management system in accordance with the Law of Ukraine "On Electronic Communications" are presented in the article.

An analysis of problems related to the construction and implementation of modern electronic communication network management systems was conducted. The variety of standard and non-standard interfaces, the presence of heterogeneous control systems, many technologies and generations of communication and control equipment - all this complicates the task of network management.

The hierarchical architecture of the control system according to the concept of the telecommunication management network (TMN) was investigated. The necessity to test network management systems for compliance with the Recommendations of the International Telecommunication Union has been substantiated. When choosing a specific management platform, the operator faces a problem related to comparing functionality, assessing the advantages and disadvantages of implementing a management system, and adapting the system to the operator's requirements and specifics, on the one hand, and to available network resources, on the other.

Mandatory requirements for network management systems have been identified, as well as the main parameters and protocols that need to be tested, and the main regulatory documents that need to be created or harmonized with international standards in the field of communications.

Keywords: electronic communication network, architecture, management, functions, parameters, protocols, testing

Варфоломєєва О.Г., Колченко Г.Ф., Перепелиця Н.Л., Клепач І.В. Деякі питання щодо функціонування систем управління сучасними електронними комунікаційними мережами. Розглянуто принципи побудови електронних комунікаційних мереж і систем управління цими мережами. Наведено вимоги до створення мереж та систем управління згідно з Законом України «Про електронні комунікації».

Проведено аналіз проблем щодо побудови і впровадження сучасних систем управління електронними комунікаційними мережами. Різноманітність стандартних і нестандартних інтерфейсів, наявність різнорідних систем управління, безліч технологій і поколінь обладнання зв'язку та управління - все це ускладнює завдання управління мережею.

Досліджено ієрархічну архітектуру системи управління згідно концепції телекомунікаційної мережі управління (TMN). Проведено обґрунтування необхідності тестування систем управління мережами на предмет відповідності їх Рекомендаціям Міжнародного союзу електрозв'язку. Під час вибору певної платформи управління перед оператором виникає проблема, яка стосується порівняння функціональних можливостей, оцінки переваг і недоліків впровадження системи управління, адаптації системи до вимог і специфіки оператора, з одного боку, і до наявних мережних ресурсів, з іншого.

Визначено обов'язкові вимоги до систем управління мережами, а також основні параметри і протоколи, які необхідно тестувати, і основні нормативні документи, які необхідно створити або гармонізувати з міжнародними стандартами в галузі зв'язку.

Ключові слова: електронна комунікаційна мережа, архітектура, управління, функції, параметри, протоколи, тестування

Вступ

Стрімке розширення номенклатури послуг зв'язку, що надаються, та поліпшення їх якості, що спостерігаються останнім часом у вітчизняних електронних комунікаційних мережах (далі – мережі), підвищують вимоги до автоматизованих систем управління мережами. Систему управління можна розглядати як інструмент, що забезпечує оптимальне використання мережних ресурсів і тим самим сприяє різноманітності послуг, що надаються, а також різноманітності способів роботи з клієнтами з метою їх утримання та збереження в умовах

жорсткої ринкової конкуренції. Для надання послуг для найрізноманітніших споживачів на належному рівні мережа повинна представляти собою єдину мережну інфраструктуру, що дозволяє працювати з різними типами і обсягами даних.

Відповідно до Закону України «Про електронні комунікації»:

1. Умовами застосування технічних засобів електронних комунікацій та кінцевого (термінального) обладнання в електронних комунікаційних мережах є їх відповідність технічним вимогам та/або технічним регламентам. Технічні засоби електронних комунікацій та кінцеве (термінальне) обладнання повинні мати виданий у встановленому законодавством порядку документ про відповідність.

2. Оцінка відповідності технічних засобів електронних комунікацій та кінцевого (термінального) обладнання здійснюється відповідно до Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» з урахуванням вимог цього Закону «Про електронні комунікації».

Аналіз останніх досліджень. Питанням побудови системи управління сучасними телекомунікаційними мережами присвячено багато робіт українських та закордонних вчених. Розробці методів синтезу систем управління присвячені роботи таких вчених як Варакин Л.С., Вітербі Е.Д., Лазарев В.Г., Аріпов М.Н., Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Нетес В.А., Нечипоренко В.І., Якубайтіс Е.А.

В [1,3] розглянуто основні принципи побудови мережі наступного покоління. В [2] представлено архітектуру системи управління телекомунікаційними мережами на рівні управління бізнесом, а також наведено розширену модель управління. В [5,6] досліджено модель управління згідно концепції NGOSS. В [7,8] визначено основні вимоги до створення системи управління інфокомунікаційними мережами.

Постановка завдання. У даній статті проведено аналіз проблем щодо побудови і впровадження сучасних систем управління електронними комунікаційними мережами і визначено обов'язкові вимоги до систем управління мережами, а також основні параметри і протоколи, які необхідно тестувати, і основні нормативні документи, які необхідно створити або гармонізувати з міжнародними стандартами в галузі зв'язку.

Метою роботи є визначення переліку необхідних заходів щодо впровадження і ефективного функціонування систем управління в електронних комунікаційних мережах України.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розвиток мережі сам по собі спричинив появу складних завдань, пов'язаних з мережним управлінням в єдиній інфраструктурі: забезпечення безпеки мережної передачі даних різних клієнтів одночасно з підтриманням необхідного для різних додатків рівня обслуговування.

Отже, інтенсивний розвиток мереж стимулює високий попит на системи управління мережами. Не менш високою є і відповідна пропозиція з широким розкидом функціональних, технічних і вартісних характеристик.

Створення систем управління мережами немислиме без орієнтації на певні стандарти, оскільки програмне забезпечення для управління та мережне обладнання розробляють сотні компаній. Оскільки мережа неоднорідна, інструменти управління не можуть відображати специфіку однієї системи або мережі.

Сьогодні ринок заповнений різними продуктами, які, судячи з опису, призначені для управління мережами – від найменших до найбільших. Всі виробники пропонують «системи управління мережами», але далеко не кожен з них забезпечує виконання всіх функцій управління мережею.

При цьому, необхідно врахувати, що більшість операторів електронних комунікацій (далі – оператор), якій як суб'єкт господарювання, володіє, здійснює експлуатацію та управління електронними комунікаційними мережами та/або пов'язаними засобами, використовують у своїх мережах обладнання різних виробників. Різноманітність стандартних і нестандартних інтерфейсів, наявність різнорідних систем управління, безліч технологій і поколінь

обладнання зв'язку та управління - все це ускладнює завдання управління мережею. Як при такому достатку учасникам ринку зробити безпомилковий вибір? Наскільки рішення цього завдання полегшує процедура сертифікації обладнання, яке використовується в мережах і в центрі управління мережами?

Сам термін «сертифікація» означає процедуру, за допомогою якої третя сторона письмово засвідчує, що продукція, процес або послуга, що виробляється будь-яким постачальником, відповідає встановленим вимогам. Таке визначення наводиться в документах Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) та Міжнародної електротехнічної комісії, зокрема в Посібнику «Загальні терміни та визначення в галузі стандартизації та суміжних видів діяльності».

Основними цілями сертифікації систем управління є:

- сприяння операторам у компетентному виборі продукції;
- захист споживача від недобросовісності виробника (продавця, виконавця);
- підтвердження показників якості продукції, заявлених виробником

У процесі сертифікації обладнання взаємодіють між собою три сторони:

- орган з сертифікації;
- заявник сертифікації, який є або виробником, або продавцем продукції;
- випробувальний центр/лабораторія, відповідальна за проведення випробувань.

Орган з сертифікації сертифікує продукцію, видає сертифікати та ліцензії на застосування знака відповідності, призупиняє або скасовує дію виданих ним сертифікатів, надає заявнику на його вимогу необхідну інформацію в межах своєї компетенції. Випробувальні лабораторії (центри), акредитовані в установленому для відповідної системи сертифікації порядку, проводять тестування конкретної продукції або певні види випробувань і видають протоколи таких робіт для цілей сертифікації.

Кінцевим результатом процедури сертифікації є отримання сертифіката відповідності – документа, оформленого за встановленими в системі сертифікації правилами. Сертифікат вказує, що належним чином ідентифікована продукція, процес або послуга відповідає конкретному стандарту, вимогам або іншому нормативному документу. Вся сертифікована продукція підлягає маркуванню знаком відповідності (при серійному виробництві) або маркувальними наклейками (при одиничному виконанні).

Система управління мережами призначена для забезпечення в будь-яких ситуаціях оптимального використання всього існуючого обладнання мереж із заданими якістю та надійністю обслуговування користувачів і представляє собою сукупність програмно-технічних комплексів, каналів інформаційної мережі та технічного персоналу, що забезпечує виконання функцій управління.

В даний час питаннями стандартизації мереж займаються кілька міжнародних організацій. Однак, найбільшу популярність отримала діяльність двох з них – Телекомунікаційного форуму (TMN Forum) і Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T).

Системи управління мережами створюються відповідно до базових принципів, які викладені в рекомендаціях Міжнародного союзу електрозв'язку, базуються на принципах взаємодії відкритих систем і мають п'ятирівневу ієрархічну структуру:

- рівень елементів мережі, який надає необхідну для середовища TMN інформацію від окремих мережних елементів і отримує від середовища TMN команди управління. Цей рівень є межею між інфраструктурою TMN і зовнішнім середовищем по відношенню до неї і складається з елементів мережі, які представляють собою засоби телекомунікацій і додаткове обладнання, тобто є об'єктами управління;
- рівень управління елементами мережі, який здійснює контроль, відображення робочих характеристик і параметрів, технічне обслуговування, тестування, конфігурування елементів тощо;
- рівень управління мережею, який забезпечує управління елементами мережі при їх взаємодії між собою, управління всіма ресурсами мережі;
- рівень управління послугами, який забезпечує надання послуг із заданою якістю та здійснює білінг послуг;

- рівень управління діяльністю (бізнесом), який дозволяє вирішувати організаційні, фінансові та інші питання адміністративного характеру. Ці функції повинні реалізовуватися автоматизованою системою управління діяльністю оператора.

Відповідно до концепції TMN процес управління мережею включає в себе наступні функції управління:

- управління при відмовах (Fault Management, FM);
- управління конфігурацією мережі (Configuration Management, CM);
- управління розрахунками з користувачами та постачальниками послуг (Accounting Management, AM);
- управління робочими характеристиками (Performance Management, PM);
- забезпечення безпеки роботи мережі (Security Management, SM).

Перевірка функцій управління на нижньому рівні (елементи мережі) являє собою:

- перевірку можливостей локального та дистанційного конфігурування мережного елемента;
- перевірку можливостей локального та дистанційного діагностування мережного елемента;
- перевірку функціонування агента одного або декількох протоколів управління, наприклад агента SNMP та/або агента CMIP.

У маршрутизаторах, комутаторах і концентраторах в якості базового інструментарію для збору керуючої інформації частіше застосовуються SNMP-агенти. Агент у протоколі SNMP – це суб'єкт управління, який забезпечує менеджерам, розміщеним на керуючих станціях мережі, доступ до значень змінних інформаційної бази управління (Management Information Base – MIB) і, таким чином, надає їм можливість реалізувати функції з управління та спостереження за пристроєм. MIB представляє набір змінних, що характеризують стан об'єкта управління. Ці змінні можуть відображати такі параметри, як кількість пакетів, оброблених пристроєм, стан його інтерфейсів, час функціонування пристрою тощо. MIB поділяється на модулі, деякі модулі приймаються у вигляді стандартів, деякі модулі створюються розробниками обладнання. Список об'єктів, що визначається розробником як доступний для системи управління, описується мовою ASN.1 (Abstract Syntax Notation One, ISO 8824:1987, ITU-X.208), що визначається стандартом SMI (Structure and Identification of Management Information) і зберігається в інформаційній базі управління. Таким чином, всі об'єкти, які фірма-виробник робить доступними за протоколом SNMP, описуються у відповідному піддереві MIB.

На рівні управління елементами мережі (EML) система управління підтримує функції конфігурації та моніторингу певного набору мережних елементів або на рівні роботи з конкретними пристроями (комутатор глобальних мереж, магістральний маршрутизатор, пристрій доступу тощо), або на рівні роботи з підмережею.

На рівні управління мережею (NML) система управління здійснює збір інформації від рівня управління елементами і оперує наскрізною топологією мережі (з'єднання мережних елементів). Додатки NML здійснюють управління і моніторинг мережі, як одного цілого.

Перевірка функцій управління на рівнях управління елементами мережі та управління мережею складається з таких компонентів:

- Перевірка загальних технічних характеристик (максимальна кількість робочих станцій, максимальна кількість мережних елементів):
 - перевірка можливості управління обладнанням різних технологій і різних виробників;
 - взаємодія з системами управління мережними елементами;
 - перевірка базових класів об'єктів управління (мережа, з'єднання, мережний елемент тощо);
 - взаємодія з іншими системами управління мережею.
- Перевірка функцій управління при відмовах (рівні управління мережею та управління елементами мережі), в тому числі:

- робота зі звітами про пошкодження
- отримання інформації про пошкодження в реальному часі;
- формування критеріїв виникнення пошкоджень;
- управління індикацією пошкоджень;
- управління журналом подій.
- Перевірка функцій управління конфігурацією, в тому числі:
 - розширення мережі;
 - зміна конфігурації обладнання;
 - додавання та видалення мережного елемента.
- Перевірка функцій управління робочими характеристиками, в тому числі:
 - функції збору даних;
 - функції збереження даних;
 - управління пороговими величинами;
 - управління журналом робочих характеристик.
- Перевірка функцій управління безпекою, в тому числі:
 - захист від несанкціонованого доступу;
 - забезпечення цілісності даних;
 - забезпечення конфіденційності інформації.
- Перевірка функцій управління розрахунками;
- Перевірка протоколу SNMP;
- Перевірка протоколу CMIP.

Перевірка системи управління мережами, в основному, зводиться до перевірки її функціональних можливостей і реалізації основних протоколів управління. При виборі певної платформи управління перед оператором виникає проблема, що стосується порівняння функціональних можливостей, оцінки переваг і недоліків впровадження системи управління, адаптації системи до вимог і специфіки оператора, з одного боку, і до наявних мережних ресурсів, з іншого. Різноманітність функціональних можливостей продуктів, їх складність і, нарешті, складність адекватної їх оцінки до моменту остаточного впровадження обумовлює необхідність незалежної експертизи. При проектуванні своєї мережі і впровадженні системи управління оператору слід усвідомлювати, що сертифікований продукт дає йому гарантію дотримання існуючих на даний момент стандартів. Це, в свою чергу, є гарантією не тільки експлуатаційної надійності, але, що не менш важливо, сумісності з різним обладнанням, в тому числі й інших виробників, які використовують ті ж стандартні протоколи. В таблиці 1 наведено перелік обов'язкових вимог до систем управління мережами.

Особливо актуальним у наш час стає вирішення проблем управління безпекою систем управління. Інформація, що передається в системах, може піддаватися різноманітним загрозам, що призводять до спотворення її змісту, втрат, що може викликати некоректну роботу обладнання та перевантаження мереж.

У системі забезпечення інформаційної безпеки систем управління існує багато невирішених питань, найважливішим з яких є відсутність критерію, що характеризує величину безпеки, не кажучи вже про відсутність багатьох загальноприйнятих визначень найважливіших термінів.

Поряд із загрозами несанкціонованого доступу (НСД) до змісту переданих повідомлень, з'явилися нові, що становлять небезпеку спотворення переданої інформації, припинення нормального функціонування систем управління, до яких відносяться комп'ютерні віруси та спам. З їх появою виникла принципово нова проблема - забезпечення інформаційної безпеки систем.

Крім того, серйозною загрозою безпеці систем управління є широке використання в них техніки, електронних компонентів і програмного забезпечення іноземного виробництва. Необхідно проводити перевірки обладнання та програмного забезпечення, що поставляється з-за кордону з метою виявлення фактів наявності в них закладених пристроїв і програм, які реалізують недеklarовані функції.

Таблиця 1

Перелік обов'язкових вимог до систем управління мережами

Параметр, що тестується	Нормативний документ (НД) на вимоги
1 Перевірка загальних технічних характеристик системи управління (СУ)	ТС виробника
2 Перевірка функціонування системи управління (СУ) в режимі емуляції мережі	ТС виробника
3 Взаємодія з системами управління різних ієрархій управління	ITU-T Rec. M.3010 пп. 9,10
4 Перевірка базових класів об'єктів управління	ITU-T Rec. M.3100
<i>5 Управління конфігурацією апаратного і програмного забезпечення системи управління</i>	
5.1 Перевірка інсталяції програмного забезпечення СУ в автономному режимі та режимі розподіленого управління	ТС виробника
5.2 Перевірка можливостей конфігурування графічного інтерфейсу СУ	ТС виробника
5.3 Перевірка засобів діагностики і відновлення програмного забезпечення СУ	ТС виробника
6 Перевірка функцій управління мережними елементами (рівень управління мережними елементами) для кожного типу обладнання	
6.1 Перевірка функцій управління конфігурацією	ITU-T Rec. M.3400 ITU-T, п.7
6.2 Перевірка функцій управління при відмовах	ITU-T Rec. M.3400 ITU-T, п.6
6.3 Перевірка функцій управління робочими характеристиками	ITU-T Rec. M.3400, п.5
6.4 Перевірка функцій управління безпекою	ITU-T Rec. M.3400, п.9
7 Перевірка функцій управління мережею (рівень управління мережею)	
7.1 Перевірка функцій управління конфігурацією	ITU-T Rec. M.3400 ITU-T, п.7
7.2 Перевірка функцій управління при відмовах	ITU-T Rec. M.3400 ITU-T, п.6
7.3 Перевірка функцій управління робочими характеристиками	ITU-T Rec. M.3400, п.5
7.4 Перевірка функцій управління безпекою	ITU-T Rec. M.3400, п.9
7.5 Перевірка функцій управління розрахунками	ITU-T Rec. M.3400 п.8
8 Перевірка функціонування протоколів управління	
8.1 Перевірка функціонування протоколу SNMP (V1/V2/V3)	IETF RFC 1157, RFC 2578
8.2 Перевірка функціонування протоколу CMIP	ITU-T Rec. X.711 пп.6, 7

Основою політики забезпечення безпеки є законодавчі акти та нормативно-технічні документи, вітчизняні та міжнародні стандарти тощо.

Сформований стан справ вимагає невідкладного вирішення таких завдань, як:

- розробка правових актів;
- вдосконалення нормативної бази;

- проведення наукових досліджень;
- розвиток науково-технічних основ інформаційної безпеки.

На наш погляд, необхідно звернути увагу на обов'язковість систем управління мережами. На даний час цьому питанню приділяється занадто мало уваги. Системи управління найчастіше розглядаються як певний «додаток» до обладнання мереж, що зовсім не відповідає дійсності.

Під час вибору певної платформи управління перед оператором виникає проблема, яка стосується порівняння функціональних можливостей, оцінки переваг і недоліків впровадження системи управління, адаптації системи до вимог і специфіки оператора, з одного боку, і до наявних мережних ресурсів, з іншого. Різноманітність функціональних можливостей систем управління, що пропонуються, їх складність і, нарешті, труднощі адекватної їх оцінки до моменту остаточного впровадження, обумовлює необхідність незалежної експертизи (наприклад, сертифікації).

Для підтримки рівня автоматизації систем управління, що забезпечує максимальне задоволення вимог споживача, доцільно розвивати процес сертифікації (оцінки) систем управління за такими напрямками:

- оснащення випробувальних лабораторій сучасним випробувальним обладнанням та засобами вимірювання, які дозволяють проводити сертифікаційні випробування сучасних систем управління;
- вдосконалення системи підготовки та підвищення кваліфікації фахівців, включаючи стажування в провідних закордонних центрах;
- актуалізація нормативної бази, яка застосовується під час створення систем управління (включаючи пряме застосування стандартів, директив і рекомендацій міжнародних організацій);
- створення повноцінної вітчизняної бази нормативних документів з питань створення та функціонування систем управління мережами. Звідси впливає необхідність систематичного аналізу документів міжнародних організацій, вітчизняних законодавчих актів і нормативних документів з цих питань та розробка нових нормативних документів, на відповідність яким можна було б створювати сучасні системи управління мережами.

Хотілося б детальніше зупинитися на останньому пункті. Необхідно виконати великий обсяг робіт з ліквідації існуючого нормативного дефіциту в галузі з питання функціонування систем управління мережами. Удосконалення нормативно-правової та нормативно-технологічної бази має забезпечити гармонізацію загальних підходів до управління мережами відповідно до міжнародних принципів. Звідси впливає необхідність систематичного аналізу документів міжнародних організацій, вітчизняних законодавчих актів і нормативних документів, приведення їх у відповідність і розробка нових нормативних документів, спираючись на які можна було б створювати системи управління сучасними мережами на належному рівні. Фахівцями, наприклад, відзначається недостатня опрацьованість такого аспекту нормативного забезпечення, як система показників ефективності системи управління. До серйозних проблем відноситься і ігнорування стохастичної природи подій і явищ, які виникають в процесі управління мережами, абстрагування від їх економічного змісту в нормативному, методичному та прикладному аспектах.

Відповідно до Закону України «Про електронні комунікації (стаття 37) стандартизація у сферах електронних комунікацій та радіочастотного спектра:

1. Стандартизація у сферах електронних комунікацій та радіочастотного спектра здійснюється відповідно до Закону України «Про стандартизацію» з урахуванням вимог рекомендацій Міжнародного союзу електрозв'язку.

2. У сферах електронних комунікацій та радіочастотного спектра застосовуються нормативні документи Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ), а також документи Європейської конференції адміністрацій пошт та телекомунікацій (СЕПТ), Європейської комісії з комунікацій (ЕСС), Європейського інституту телекомунікаційних стандартів (ETSI) шляхом посилання на них у нормативно-правових актах.

Висновки

Отже, пріоритетними напрямками стандартизації є:

- розробка першочергових базових стандартів з термінології, програмної інженерії, інформаційних баз даних, а також з усіх аспектів атестації, тестування та сертифікації у сфері управління мережами зв'язку;
- правила та загальні вимоги до інформаційних процесів, ресурсів та послуг управління.

Пріоритетними напрямками розвитку систем управління мережами є:

- розробка першочергових базових стандартів з термінології, програмної інженерії, інформаційних баз даних, а також з усіх аспектів атестації, тестування та сертифікації у сфері управління мережами;
- правила та загальні вимоги до інформаційних процесів, ресурсів та послуг управління.

На наш погляд, першочерговим завданням є розробка та гармонізація зі стандартами ITU-T, ISO/IEC, IETF таких нормативних документів:

- Системи управління комунікаційними мережами України. Терміни та визначення.
- Системи управління телекомунікаційними мережами України. Основні вимоги (гармонізація з Рек. ITU-T M.3010, M.3020).
- Системи управління мережами. Базові протоколи управління. Простий протокол управління мережами (гармонізація з Рек. IETF RFC 1157).
- Системи управління мережами України. Основні функції (гармонізація з Рек. ITU-T M.3010, M.3400).
- Системи управління телекомунікаційними мережами України. Узагальнена мережна інформаційна модель (гармонізація з Рек. ITU-T M.3010, M.3100).
- Системи управління мережами України. Вимоги до безпеки та захисту (гармонізація з Рек. ITU-T M.3010, M.3016).

Список використаної літератури:

1. Principles for the Management of Next Generation Networks // ITU-T Recommendation M.3060/Y.2401. - 2016.
2. ITU-T Recommendation M.3050. Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) - Introduction, 2007
3. Principles for a Telecommunications Management Network // ITU-T Recommendation M.3010. –2010.
4. TMF053, NGOSS Architecture. Technology Neutral Specification, 2002.
5. TMF, TR 127: NGOSS: Development and Integration Methodology.
6. NGOSS distilled: The essential guide to next generation telecoms management / ed. by C. M. J, L. Corporation. [Great Britain] : Lean Corporation, 2005. 215 p.
7. Стеклов В.К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В.К. Стеклов, Б.Я. Костік, Л.Н. Беркман; за заг.ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2005. – 400 с.
8. Шульга В.П., Галаган Н.В., Беркман Л.Н., Нестеренко К.С., Варфоломєєва О.Г., Л.В. Дакова, Голубенко О.Г. Система управління інфокомунікаційними мережами на базі об'єктно-орієнтованого підходу: Монографія.- К; ФОП Білецький Р.Г.-2025-380 с.

Автори статті

Варфоломєєва Оксана – кандидат технічних наук, доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0000-0002-2294-4518

Колченко Галина – кандидат технічних наук, доцент, начальник відділу ТОВ «ВЦ «Омега», Київ, Україна.

ORCID: 0009-0001-0319-2322

Перепелиця Наталія – старший викладач, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0009-0008-8280-5318

Клепач Ігор – аспірант, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

ORCID: 0009-0004-4394-3233

Authors of the article

Varfolomeieva Oksana – Candidate of Sciences (technical), Associate Professor, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0002-2294-4518

Kolchenko Halyna – Candidate of Sciences (technical), Associate Professor, LLC “TC “Omega”, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0009-0001-0319-2322

Perepelitsa Nataliia – senior lecturer, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0009-0008-8280-5318

Klepach Ihor – postgraduate, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0009-0004-4394-3233

Надійшла до редакції: 30.03.2026

Прийнята до друку: 06.04.2026

Опубліковано: 25.05.2026

© 2026 Варфоломеева О.Г., Колченко Г.Ф., Перепелиця Н.Л., Клепач І.В.

Цей матеріал ліцензовано за умовами CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>