

# ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ INFORMATION RESOURCES AND MATHEMATICAL MODELING

УДК 681.58

**Stanislav O. Dovgii**, Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, D. S. (Computer science), professor, Director-organizer  
ORCID ID: 0000-0003-1078-0162 *e-mail*: s.dovgii@gmail.com

**Oleh V. Kopyika**, D. S. (Computer science), professor, Head of department  
ORCID ID: 0000-0003-0189-3915 *e-mail*: okopyika@gmail.com

**Oleksii S. Kozlov**, Postgraduate  
ORCID ID: 0000-0003-1889-3153 *e-mail*: alexey.ua84@gmail.com

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

## INFORMATION TECHNOLOGY OF IT-INFRASTRUCTURE MANAGEMENT ARCHITECTURE ELEMENTS

***Abstract.** The development of the System Architecture of the IT-infrastructure focused on the use of modern Data Centers is considered. At the same time, it is envisaged to create components that describe: general approaches to building a system architecture; IT-services – information technologies that solve the task of providing IT-services; logical model of IT-infrastructure. Formulated logic of IT-infrastructure construction: IT-infrastructure architectures define a set of services. IT-services are provided to three groups of clients. IT-services and clients are connected by 5 implementation scenarios. The integration of IT-services is determined by 5 architectures. As IT-services, we understand information technologies aimed at maintaining the following elements in a technically good state: network devices, computing equipment, data storage devices, automatic software deployment services, network services, perimeter protection services, directory services, file and print services, data management services, business application services, IT-management services, archiving and recovery services, certificate management services, integration services. Architectures define the fundamental principles of building IT-services and their relationship. Also, requirements for the creation of IT-services are formed on the basis of the architecture. One of the most important architectures is architecture of IT-infrastructure management. The architecture of the management system ensures the necessary level of IT-services of the Data Center due to the organization of three components – personnel, processes, technologies. The tasks of the architecture are: use of processes and information technologies to identify and minimize failures of IT-services; ensuring a high degree of integration of information technologies;*

ensuring response to changes in system parameters and performance of service functions in real time. As an example, the management function of the IT-service “network administration” (monitoring and control of configuration management services, coordination of changes, remote management and debugging) is considered. The algorithmic synthesis of programs and devices network management is considered, which consists in the construction of a functional scheme of control devices in two stages – abstract and structural synthesis, and all the steps of its solution and subsequent hardware synthesis are determined.

**Keywords:** system architecture; IT-infrastructure; standardization and unification

**С.О. Довгий, О.В. Копійка, О.С. Козлов**

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕМЕНТІВ АРХІТЕКТУРИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ**

**Анотація.** Розглянуто розвиток Системної Архітектури ІТ-інфраструктури, орієнтованої на використання сучасних Дата-центрів. При цьому передбачається створення компонентів, що описують: загальні підходи побудови системної архітектури; ІТ-сервіси – інформаційні технології, які вирішують завдання надання ІТ-послуг; логічну модель ІТ-інфраструктури. Сформульована логіка побудови ІТ-інфраструктури: архітектури ІТ-інфраструктури визначають набір сервісів. ІТ-сервіси надаються трьома групами клієнтів. ІТ-сервіси та клієнти пов'язані 5 сценаріями реалізації. Інтеграцію ІТ-сервісів визначають 5 архітектур. В якості ІТ-сервісів ми розуміємо інформаційні технології, спрямовані на підтримання в технічно справному стані таких елементів: мережні пристрої, обчислювальна техніка, пристрої зберігання даних, служби автоматичного розгортання програмного забезпечення, мережеві служби, служби захисту периметра, служби каталогу, служби файлів і друку, служби управління даними, служби бізнес-додатків, служби управління ІТ, служби архівування та відновлення, служби управління сертифікатами, служби інтеграції. Архітектури визначають фундаментальні принципи побудови ІТ-сервісів і їх взаємозв'язок. Також, на базі архітектури формуються вимоги до створення ІТ-сервісів. Однією з найважливіших архітектур є архітектура управління ІТ-інфраструктурою. Архітектура системи управління забезпечує необхідний рівень ІТ-сервісів Дата-центру за рахунок організації трьох компонентів – персоналу, процесів, технологій. Завданнями архітектури є: використання процесів та інформаційних технологій для виявлення та мінімізації відмов ІТ-сервісів; забезпечення високого ступеня інтеграції інформаційних технологій; забезпечення реагування на зміну параметрів систем і виконання сервісних функцій в режимі реального часу. Для прикладу розглянуто функцію управління ІТ-сервісом адміністрування мережі (моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями, координація змін, віддалене управління та налагодження). Розглянуто алгоритмічний синтез програм і пристроїв управління процесами адміністрування мережі, що полягає у побудові функціональної схеми пристроїв управління на двох етапах – абстрактний і структурний синтез, і визначені всі кроки його розв'язання та подальший апаратний синтез.

**Ключові слова:** системна архітектура; ІТ-інфраструктура; стандартизація та уніфікація

**DOI:** <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.4.91-113>

## **ВСТУП**

Враховуючи сучасні вимоги до інформаційно-комунікаційних технологій, при реалізації проєктів для крупних підприємств, економічно доцільно використовувати «хмарні технології». Сучасним трендом при цьому є побудова єдиного інформаційного простору для підприємства з використанням сучасної ІТ-інфраструктури [1–22]. Основними складовими єдиного інформаційного простору є: єдине транспортне середовище (програмно-конфігуровані мережі SDN (software-defined networking)); сервісно-орієнтована архітектура інформаційних систем; інфраструктурні та функціональні сервіси [23]. Технологічною основою є сервісні Дата-центри як сервіс DCaaS (DataCenter as a Service).

Основою сервісних Дата-центрів є набір ІТ-сервісів. В якості ІТ-сервісів ми розуміємо інформаційні технології, спрямовані на підтримання в технічно справному стані таких елементів: мережа; дані; ІТ-інфраструктура; інфраструктура інформаційних систем; безпека [24–32].

У цій статті розглядатимемо розвиток Системної Архітектури ІТ-інфраструктури, орієнтованої на використання сучасних Дата-центрів.

Метою даних досліджень є вироблення стратегії розвитку Системної Архітектури ІТ-інфраструктури на основі застосування передових методологій та концепцій провідних виробників апаратного та програмного забезпечення (HP, SUN, EMC, CISCO, Microsoft, ORACLE, Veritas).

### **КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ**

Реалізація концепції розвитку ІТ-інфраструктури за рахунок побудови Дата-центрів показана на рис. 1.

Такий підхід дозволяє проаналізувати існуючу ІТ-інфраструктуру та визначити шляхи побудови нової на базі протестованої, еталонної архітектури MSA [16].



Рис. 1. Концепція розвитку ІТ-інфраструктури

При цьому створюється система компонентів, що описують: загальні підходи побудови системної архітектури; IT-сервіси – технологічні системи, які вирішують завдання корпорації; логічну модель IT-інфраструктури.

У випадку переходу в Дата-центри і використання «хмарових технологій» основним елементом успішної побудови сучасної IT-інфраструктури є платформа загальносистемного забезпечення. Ця платформа призначена для більш раціональної реалізації усіх систем автоматизації діяльності підприємств та виробництва мережових послуг шляхом:

1. Спрощення.
2. Стандартизації.
3. Модульності.
4. Інтеграції.

#### **Спрощення**

Спрощені програмні застосування і системи легше адаптувати, використовувати, об'єднувати, управляти ними та їх модифікувати. Один із способів вирішення цього завдання – консолідація ресурсів. При цьому ми досягаємо простоти управління та зменшення кількості серверів, також скорочується час, необхідний на створення резервних копій і відновлення інформації, і, як наслідок, час простою.

#### **Стандартизація**

Стандарти збільшують вигоду від спрощення і можуть застосовуватися для різних процесів, процедур, технологій та програм. Стандартизація IT-інфраструктури досягається наступним чином:

1. Використанням промислово стандартизованих інтерфейсів, платформ і методів розробки програмного забезпечення.
2. Узгодженням загальних процесів і політик для управління змінами.
3. Синхронізацією IT-програм з поточними потребами бізнес-процесів, для яких вони призначені.
4. Підтримкою і сумісністю з існуючими підсистемами, технологіями та компонентами.
5. Розробкою загальних вимог до системи управління, безпеки, контролю версій, конфігурацій, ємностей та іншим.

#### **Модульність**

Побудова системи за принципом модульності дозволяє змінювати один з її компонентів, виключаючи при цьому вплив на інші.

Модульність досягається одним із способів:

1. Групування системи за ознакою цільових завдань.
2. Побудова систем таким чином, щоб вони могли поєднуватися або роз'єднуватися практично в реальному часі.
3. Можливість зміни будь-якої групи, конфігурації або компоненти, виключаючи вплив на інші елементи системи.
4. Доступність аутсорсингу для максимальної кількості процесів.

#### **Інтеграція**

Інтеграція завдяки однорідному середовищу полегшує внесення змін, управління і модифікацію.

Вищевказані принципи – спрощення, стандартизація, модульність, інтеграція – закладені і реалізовані в типовій системній архітектурі.

Сформулюємо наступний принцип побудови ІТ-інфраструктури: архітектури ІТ-інфраструктури визначають набір сервісів. ІТ-сервіси надаються трьом групам клієнтів. ІТ-сервіси та клієнти пов'язані 5 сценаріями реалізації. Інтеграцію ІТ-сервісів визначають 5 архітектур.

В якості ІТ-сервісів ми розуміємо інформаційні технології, спрямовані на підтримання в технічно справному стані таких елементів:

- мережні пристрої;
- обчислювальна техніка;
- пристрої зберігання даних;
- служби автоматичного розгортання ПЗ;
- мережеві служби;
- служби захисту периметра;
- служби каталогу;
- служби файлів і друку;
- служби управління даними;
- служби бізнес-додатків;
- служби управління ІТ;
- служби архівування та відновлення;
- служби управління сертифікатами, служби інтеграції.

Всі клієнти підприємства діляться на чотири основні групи. При необхідності, клієнти діляться всередині кожної категорії окремо: співробітники, партнери та партнерські організації, зовнішні споживачі.

Сценарії реалізації: Дата-центр, департамент, віддалений офіс, екстранет, Інтернет Дата-центр.

Архітектури: безпеки, управління, зберігання даних, програмних додатків, мережева.

Архітектури визначають фундаментальні принципи побудови ІТ-сервісів і їх взаємозв'язок. Також, на базі архітектури формуються вимоги до створення ІТ-сервісів.

### ***АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ***

Однією з найважливіших Архітектур є Архітектура системи управління ІТ-інфраструктурою.

Архітектура системи управління ІТ-інфраструктурою забезпечує необхідний рівень ІТ-сервісів Дата-центру за рахунок організації трьох компонентів – персоналу, процесів та технологій для управління ІТ-інфраструктурою.

Завданнями архітектури є:

1. Надати процеси та інформаційні технології для виявлення та мінімізації відмов ІТ-сервісів.

2. Забезпечити високий ступінь інтеграції інформаційних технологій управління.

3. Забезпечити реагування на зміну параметрів систем і виконання сервісних функцій в режимі реального часу.

Регламент організації процесів управління пропонується забезпечувати на основі практичної реалізації ІТІЛ, що охоплює команди і ролі фахівців, процеси взаємодії, готові операційні інструкції (Operation Guide) для кожного сервера та інструментарію (рис. 2).

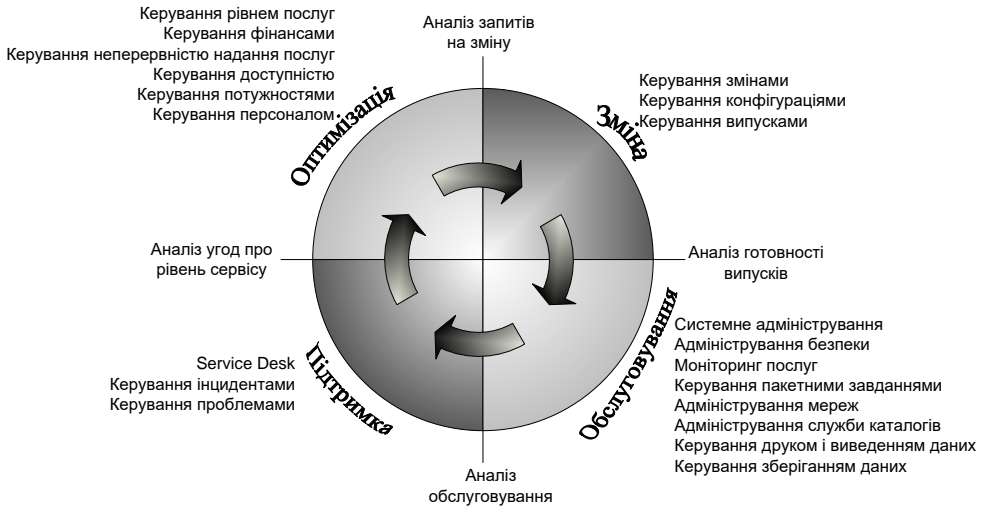


Рис. 2. Управління ІТ-сервісами Компанії

### Методологія управління

Методологія управління відповідає за організацію персоналу, процесів та інформаційних технологій для виконання завдань управління.

Життєвий цикл версій ІТ-сервісів підтримується чотирма наборами функцій – квадрантами:

1. Управління змінами.
2. Управління експлуатацією.
3. Управління підтримкою.
4. Управління оптимізацією.

Кожен квадрант включає сервісні функції, ролі, вхідні та вихідні документи. Наприклад, квадрант експлуатації включає в себе функцію регулярного тестового відновлення системи Exchange з резервної копії. Виконується згідно з журналом інженерами Дата-центру, до яких прив'язана роль Системного Адміністратора Exchange. Процедура описана в інструкції з експлуатації системи Exchange.

Крім моделей організації процесів управління, архітектура визначає інструментальні засоби управління ІТ-системами.

У Дата-центрі повинен існувати набір віртуальних команд фахівців, які відповідають за кожен ІТ-сервіс. Віртуальною командою називається тому, що її член може входити одночасно в іншу команду і перебувати в іншому підрозділі. Наприклад, служба безпеки Active Directory. У команді виконують роль Системного Адміністратора шість інженерів, які до того ж входять у команду управління Exchange. Функції управління – змінами, експлуатацією, підтримкою та оптимізацією виконуються для трьох груп систем: мережа і мережеві системи, сервери Дата-центру, робочі станції.

Перелік 14 технологій управління представлений в Табл. 1.

Табл. 1. Технології управління IT-сервісами Компанії

Назва задачі	Технологія для забезпечення задачі	Результат для архітектури управління
Резервне копіювання і відновлення	ПЗ для копіювання і відновлення, диски, стрічкові бібліотеки	Швидке і надійне копіювання і відновлення даних забезпечує доступність сервісів і захищеність (цілісність) IT.
Моніторинг і контроль сервісів	ПЗ для моніторингу та оповіщення, агенти моніторингу	Моніторинг мереж, систем, обладнання та програм для діагностики проблем і їх максимально швидкого вирішення.
Управління мережею	ПЗ для управління мережею	Моніторинг та управління мережами і мережевими пристроями для забезпечення адекватної мережевої продуктивності та доступності. Інтегрується з сервісом моніторингу та контролю для централізації оповіщень.
Управління пристроями	ПЗ управління апаратним забезпеченням, агенти управління	Моніторинг систем для ідентифікації відмов апаратного забезпечення і критичних подій. Інтегрується з сервісом моніторингу та контролю для централізації оповіщень.
Служба каталогу	ПЗ служби каталогу	Зберігання об'єктів для представлення користувачів, машин та інших ресурсів в середовищі для забезпечення централізованого управління ім'ям, аутентифікацією, авторизацією. Підтримка розподіленої структури служби для забезпечення доступності всім користувачам Компанії.
Управління змінами	БД управління змінами	Контроль змін у програмному забезпеченні, апаратному забезпеченні, процесах і пристроях. Забезпечення ефективності процесів експлуатації.
Управління конфігураціями	ПЗ системного управління, безпеки та аудиту конфігурацій	Документовані політики зміни конфігурацій і контроль стандартів систем, безпеки і ПЗ.

Назва задачі	Технологія для забезпечення задачі	для	Результат управління	для	архітектури
Відстеження інцидентів і проблем	Helpdesk ПЗ		Відстеження інцидентів від створення до дозволу. Відповідає за взаємодію між організацією підтримки і клієнтом.		
Бібліотека авторизованого ПЗ	Сервіс доступу до файлів з підтримкою реплікації.	з	Забезпечує сховище ПЗ, використовуваного в ІТ-інфраструктурі. Контролює поширення ПЗ в Компанії.		
Установка оновлень	ПЗ для установки оновлень, виправлень і сервіс паків	і	Оновлює системи та програми для забезпечення високого рівня безпеки. Автоматизує оновлення і підтримує каталог доступних оновлень.		
Управління додатками	ПЗ для встановлення та управління додатками	та	Автоматизує управління і установку ПЗ на робочі станції і сервери. Відповідає за перенацілювання (repurposing) серверів в режимі реального часу.		
Установка серверів і робочих станцій	ПЗ для управління іміджами та/або автоматичною установкою	та/або	Встановлення нових серверних систем та/або робочих станцій в Компанії. Забезпечує цілісність процесу створення нових систем для введення в експлуатацію.		
Віддалене управління	ПЗ віддаленої консолі		Забезпечення доступу до віддаленої системи для виконання функцій допомоги або управління.		
Налагодження	ПЗ служби терміналів		Забезпечує налагодження і рішення проблем, пов'язаних з ПЗ в ІТ-інфраструктурі.		

Архітектура управління визначає взаємозв'язок між функціями управління, процесами, інструментами та ролями (рис. 3).



Рис. 3. Вивчення функцій управління ІТ-сервісом Оператора



Взаємозв'язки між трьома компонентами архітектури управління визначені наступною таблицею.

Табл. 2. Взаємозв'язки між компонентами архітектури управління Оператора

Функція управління IT-сервісом (SMF)	Засоби (процеси та інструменти)	Роль
Управління Змінами (Change Management)	Процес резервного копіювання і відновлення управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем Бібліотека авторизованого ПЗ установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій координація змін	Менеджер змін власник змін Комітет узгодження змін (CAB)
Управління конфігураціями	управління конфігураціями управління змінами Відстеження інцидентів і проблем установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій Моніторинг та Контроль IT-Сервісів	Менеджер конфігурацій
Управління версіями (Release Management)	Процес резервного копіювання і відновлення управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем Бібліотека авторизованого ПЗ установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій координація змін	Менеджер введення в експлуатацію власник змін координатор комунікацій координатор документації координатор тестування координатор навчання
Управління безпекою	віддалене управління налагодження служба каталогів Моніторинг і контроль сервісів Процес резервного копіювання і відновлення управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем Бібліотека авторизованого ПЗ установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій координація змін	Менеджер безпеки Інженер безпеки Адміністратор Операційної Системи Інженер безпеки апаратного забезпечення Інженер безпеки мережі Інженер безпеки будівель Менеджер зовнішніх розробок аудитор безпеки
Системне адміністрування	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів служба каталогів	Менеджер експлуатації Адміністратор додатки

Функція управління IT-сервісом (SMF)	Засоби (процеси та інструменти)	Роль
	управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем Бібліотека авторизованого ПЗ установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій координація змін віддалене управління налагодження	
Адміністрування мережі	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями координація змін віддалене управління налагодження	Менеджер мережі архітектор мережі аналітик мережі Інженер мережі Аналітик захисту мережі
Моніторинг і контроль сервісів	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем координація змін налагодження	Ініціатор моніторингу IT-сервісів Менеджер Моніторингу оператор Моніторингу Спеціаліст підтримки Зовнішній Постачальник Послуг Підтримки
Адміністрування IT-сервісу (служби каталогів)	Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем управління Додатками	Адміністратор IT-сервісу Архітектор IT-сервісу
Управління Зберіганням Інформації	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів служба каталогів управління конфігураціями координація змін	Адміністратор Сховища бібліотекар
Управління розкладом робіт	Моніторинг і контроль сервісів Відстеження інцидентів і проблем віддалене управління	Менеджер Навантаження
Управління проблемами	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем установка оновлень управління Додатками Установка серверів і робочих станцій координація змін	Менеджер проблем Інженер підтримки

Функція управління ІТ-сервісом (SMF)	Засоби (процеси та інструменти)	Роль
Управління інцидентами	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем Бібліотека авторизованого ПЗ управління Додатками координація змін віддалене управління налагодження	Менеджер Інцидентів Спеціаліст Сервіс Деск ведучий інциденту Інженер Підтримки
Сервіс Деск	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів служба каталогів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем	Менеджер Сервіс Деск Спеціаліст Сервіс Деск
Управління безперервністю ІТ-сервісів	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління Додатками	Менеджер доступності архітектор додатків архітектор інтеграції архітектор мережі Архітектор апаратної платформи
Управління людськими ресурсами	служба каталогів Відстеження інцидентів і проблем	Менеджер відділу кадрів
Фінансове управління	Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями координація змін	Фінансовий менеджер бюджетний комітет
Управління доступністю	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем управління Додатками координація змін налагодження	Менеджер доступності
Управління навантаженням	Процес резервного копіювання і відновлення Моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями Відстеження інцидентів і проблем управління Додатками координація змін налагодження	Менеджер навантаження
Управління рівнем сервісу	Моніторинг і контроль сервісів Відстеження інцидентів і проблем управління Додатками	Менеджер рівня сервісу

Функції управління реалізуються у формі Централізованої Моделі Управління. Кожна функція має одне подання в Дата-центрі (рис. 4).

Робоче місце є компонентом трьох ІТ-сервісів:

1. Сервіс Бізнес застосувань.
2. Обчислювальна техніка.
3. Сервіс розгортання ПЗ.

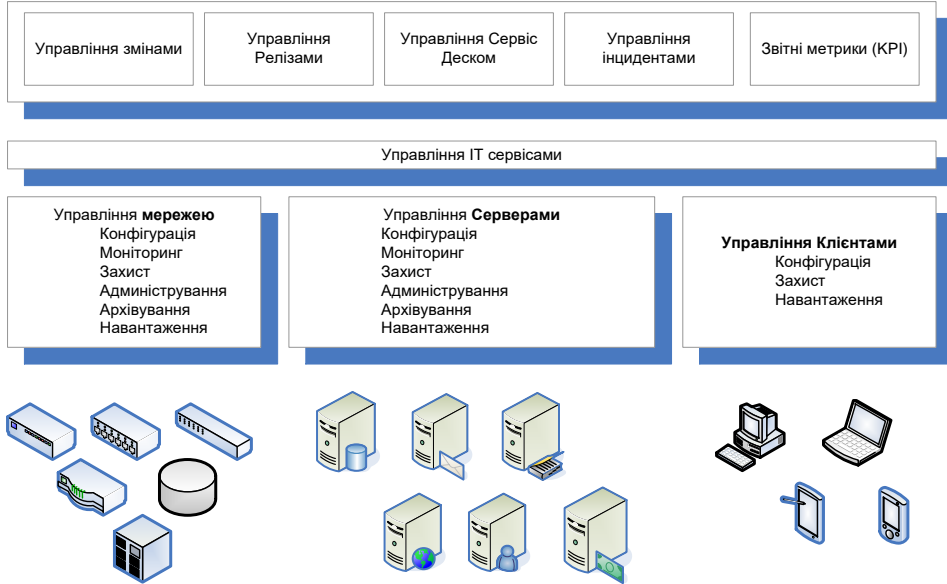


Рис. 4. Централізована модель управління ІТ-сервісами Компанії

Управління даними ІТ-сервісами включає в себе наступні функції (з прикладами):

1. Управління версіями (релізами) – управління стандартами робочих місць.
2. Системне адміністрування – виконання обов'язкових операцій з обслуговування сервісів, наприклад підключення нового робочого місця.
3. Управління змінами – створення нового стандарту робочого місця.
4. Управління конфігураціями – зміна налаштувань робочого столу.
5. Управління безпекою – аналіз ризиків несанкціонованої роботи користувачів з чужих робочих місць і обмеження.

Виконання кожної функції, крім системного адміністрування, виконується однією командою Оператора. Створення стандарту робочого місця, фіксування версії і авторизація стандарту, розгортання стандарту, зміна основних налаштувань робочих місць можуть виконуватися тільки в одному місці Оператора і не дублюються (рис. 5).

Такий підхід дозволяє:

1. Консолідувати інструментарій управління, скоротивши кількість систем управління, що використовуються Оператором (до 14 технологій).
2. Уніфікувати групи і завдання експлуатації.
3. Зменшити складність систем управління.

Основні функції управління, які централізуються, включають перелічені нижче.

### Управління Змінами

Централізація забезпечує цілісність процесу оцінки та авторизації змін. Результатом буде якість ІТ-сервісів, мінімізація вартості ресурсів, видимість змін на рівні всієї Компанії.

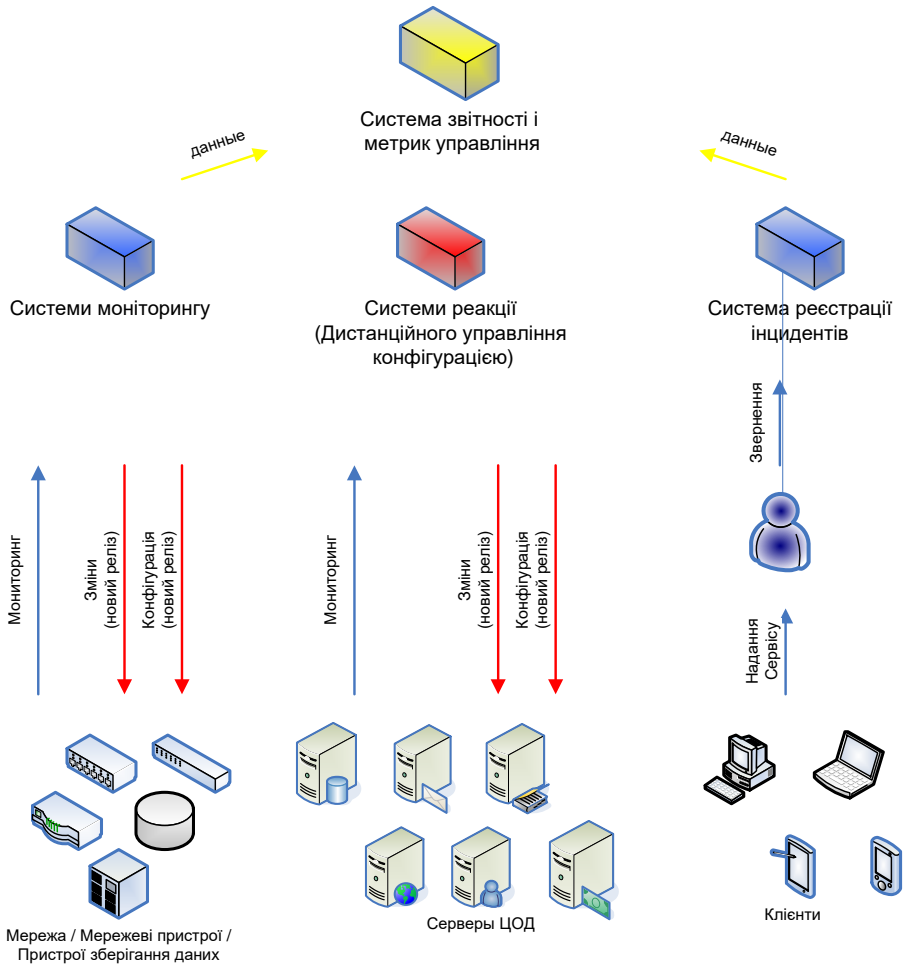


Рис. 5. Інформаційні потоки в системі управління ІТ-сервісами Оператора

### Управління версіями (релізами)

Централізація забезпечить цілісне управління створенням рішень, таким чином виключить дублювання і наявність у Оператора десятків і сотень версій одного рішення (наприклад, типів робочих місць). Крім того, управління релізами формалізує взаємодію між різними групами, що відповідають за введення рішення (компонента ІТ-інфраструктури) в експлуатацію.

### Сервіс Деск

Централізація – це прямиий шлях зменшення витрат і необхідних ресурсів для підтримки тисяч користувачів. Технічні ресурси Сервіс ДЕСКО повинні бути централізовані, проте на кожному майданчику Оператора повинні бути представники служби підтримки користувачів, які можуть допомогти користувачеві звернутися з інцидентом і на місці вирішити його.

### **Управління інцидентами**

Централізація технічних ресурсів для управління інцидентами дозволяє зменшити вартість і консолідувати знання, необхідні для аналізу і пошуку рішень. Крім того, централізація дозволяє створити цілодобову службу роботи з інцидентами.

### **Метрики**

Централізація звітності, метрик успішності дозволяє коригувати архітектуру управління відповідно з якісними і кількісними показниками. Єдина ієрархія звітів, показників продуктивності – надає загальну картину «здоров'я» ІТ-сервісів Оператора і дозволяє розглядати реалізацію Угод Рівня Сервісу (SLA).

### **Управління Зберіганням Даних**

Централізація процесів та інструментів управління розміщенням дискового простору, доступом, резервним копіюванням і відновленням даних можлива в Дата-центрі.

У централізованій моделі управління буде виняток – процеси управління ІТ-сервісами для клієнтів, продуктами компанії. У випадку з управлінням Дата-центром – Інтернет-процеси, метрики та інструменти повинні бути відокремлені. З іншого боку, співробітники Оператора можуть входити в обидві групи команд.

### **Елементи архітектури**

Повноцінна архітектура управління складається з наступного списку елементів.

Табл. 3. Елементи архітектури управління ІТ-сервісами Оператора

Ім'я елемента	Специфікація
Сервіс каталогу	Сервіс каталогу необхідний для управління аутентифікацією користувачів, авторизацією та іншими об'єктами ІТ-інфраструктури.
Системи виявлення вторгнень	Спеціалізовані системи призначені для виявлення несанкціонованого доступу до ІТ-сервісів Компанії. Дана система повинна бути інтегрована з системами моніторингу та контролю таким чином, щоб єдина група операторів отримувала інформацію про стан середовища і готувала дії реакції.
Системи антивірусного захисту	Обов'язковий компонент захисту ІТ-інфраструктури.
Сервіс сертифікатів	Сервіс забезпечує адміністрування захисту.
Сервіс служб моніторингу та контролю	Сервіс моніторингу забезпечує збір, консолідацію та надання інформації про параметри ІТ-сервісів і їх стан.
Резервне копіювання і відновлення	Процес і інструменти призначені для забезпечення цілісності даних.

Ім'я елемента	Специфікація
Служби управління інфраструктурою	Служби забезпечують можливість віддаленого і групового управління та підтримки ІТ-систем. Віддалена установка, віддалена зміна конфігурації, віддалене виконання операцій на одній, на групі систем або всіх системах.
Служби поновлення	Служба поновлення актуальна для підтримки програмного забезпечення на рівні останньої (захищеної) версії виробника.
Бібліотека авторизованого ПО	Бібліотека забезпечує зберігання ПЗ. Тільки авторизоване ПЗ (релізи) потрапляє в бібліотеку і поширюється для використання в Компанії.
Визначення ролей	Хоча цей компонент не є ні сервісом, ні службою, визначення ролей повинно застосовуватися в Компанії. Ролі є сполучною ланкою між – функціями управління, посадовими інструкціями і командами.
Каталог ІТ-сервісів	Компанія буде підтримувати каталог ІТ-сервісів, які знаходяться в стадії експлуатації.
Інструкції експлуатації	Інструкція з експлуатації повинна існувати для кожного ІТ-сервісу в Компанії. Інструкція описує, як виконувати завдання кожної з функцій управління SMF.

### **ФУНКЦІЯ УПРАВЛІННЯ ІТ-СЕРВІСОМ (SMF) (АДМІНІСТРУВАННЯ МЕРЕЖІ)**

Управління ІТ не є ергатичною системою, функції управління технологічними процесами у вузлах покладаються на пристрої автоматичного управління. Для прикладу розглянемо функцію управління ІТ-сервісом (SMF) Адміністрування мережі (моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями, координація змін, віддалене управління та налагодження).

У якості мережі будемо використовувати програмно-конфігуровані мережі (software-defined networking SDN). SDN – це підхід до управління мережею, який забезпечує динамічну, програмно ефективну конфігурацію мережевих елементів з метою покращення продуктивності мережі та моніторингу, що робить її більше схожою на хмарні обчислення, ніж на традиційне керування мережею [33]. SDN призначена для створення статичної архітектури традиційних мереж. SDN намагається централізувати дані про мережу в одному мережевому компоненті, відокремлюючи процес пересилання мережевих пакетів (площина даних) від процесу маршрутизації (площина керування) [34]. Площина управління складається з одного або кількох контролерів, які вважаються мозком мережі SDN, в якій об'єднано весь інтелект. Однак централізація має свої недоліки, коли йдеться про безпеку [33], масштабованість та гнучкість [33], і це головна проблема SDN [35].

SDN зазвичай асоціювалась з протоколом OpenFlow (для віддаленого зв'язку з елементами мережевої площини з метою визначення шляху мережевих пакетів через мережеві комутатори) з моменту появи останнього в 2011 році. Однак з 2012 року цей термін також використовували власні системи [36, 37]. До них належать відкрите мережеве середовище Cisco Systems і платформа віртуалізації мережі Nicira.

При технічному проектуванні адміністрування мережі синтез виконавчої частини кожної функціональної конструктивної одиниці (КО) системи, як правило, є добре відпрацьованою формальною процедурою, але синтез управляючої частини даної КО пов'язаний з врахуванням неформальних, специфічних умов застосування КО і потребує докладного розгляду.

### **АЛГОРИТМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПРОГРАМ І ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ АДМІНІСТРУВАННЯ МЕРЕЖІ**

Розглянемо алгоритмічний синтез програм і пристроїв для адміністрування мережі [38–40].

«Лінійним» є технологічний процес, який складає послідовність у часі функціональних і логічних операцій; лінійний процес (ЛП) відрізняється від складного процесу «сітьового» типу, в якому одночасно може реалізуватися декілька простих процесів. Управління простими (лінійними) технологічними процесами КО даної інформаційної функції реалізується пристроями управління (ПУ), чи мікропроцесорами, які представляють собою так звані дискретні автомати (ДА) з пам'яттю. Такі ДА можуть мати дві різних структури – ДА Мура і ДА Мілі.

Структурі ДА Мура відповідає система функціональних рівнянь

$$\left. \begin{aligned} z_i &= \varphi(x_i, z_{i-1}) \\ y_i &= \psi(z_i) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де  $z_{i-1}$  – стан ДА у попередній дискретний момент часу  $t_{i-1}$ ;

$x_i$  – вхідна команда (ознака умови скінчення попередньої операції процесу від виконавчого пристрою) в поточний дискретний момент часу  $t_i$ ;

$z_i$  – стан ДА, в який його переводить  $x_i$ ;

$y_i$  – вихідна команда ДА (команда на початок відповідної подальшої операції процесу виконавчому пристрою) в момент часу  $t_i$ .

Структурі ДА Мілі відповідає система функціональних рівнянь

$$\left. \begin{aligned} z_i &= \Phi(x_i, z_{i-1}) \\ y_i &= \Psi(x_i, z_{i-1}) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де  $z_{i-1}$  – стан ДА у попередній дискретний момент часу  $t_{i-1}$ ;

$x_i$  – вхідна команда (ознака умови ходу процесу) в поточний дискретний момент часу  $t_i$ ;

$z_i$  – стан ДА, в який його переводить  $x_i$ ;

$y_i$  – вихідна команда ДА (команда) в момент часу  $t_i$ .

Множина внутрішніх станів  $\{z\}$  ДА представляється комбінаціями станів бінарних елементів пам'яті («двоїчним» кодом); вибором функцій  $(\varphi, \psi)$  ДА Мура та  $(\Phi, \Psi)$  ДА Мілі стає можливим забезпечити перетворення інформації, відповідно до потрібних правил, за допомогою даних структур ДА.

Алгоритмічний синтез ПУ на ґрунті ДА підрозділяється на два етапи – абстрактний і структурний синтез.

Абстрактний синтез ПУ полягає в одержанні абстрактної моделі ДА – графа станів і переходів. Для цього схема алгоритму управління «відмічається» символами станів ДА, і потім аналізуються переходи ДА у суміжні стани при



усіх можливих вхідних командах (логічних умовах). Кожна вхідна команда  $x_i$  реально відповідає можливій комбінації логічних змінних «умов» –

$$\langle p_i(\overline{p_i}), i = \overline{1, m} \rangle, \quad (3)$$

де  $p_i$  – значення логічної змінної «істина»  $i$ -ої умови контролю перебігу процесу;  $\overline{p_i}$  – значення логічної змінної «помилка»  $i$ -ої умови.

Кожна вихідна команда  $y_j$  відповідає єдиній з команд управління, яку видає ПУ об'єкту управління –

$$\langle A_j, j = \overline{1, n} \rangle. \quad (4)$$

Для ПУ типу ДА Мура, як то впливає із (1), кількість станів ДА дорівнює кількості різних команд управління, тому на графі ДА його вершинами будуть

$$z_0(ПО, КО); z_1(A_1); \dots; z_n(A_n), \quad (5)$$

де стан  $z_0$  відповідає початку операцій (ПО) і кінцю операції (КО) процесу управління. Кожна дуга графу ДА повинна відповідати можливому операційному переходу в схемі алгоритму і мати «вагу» – логічний вираз умови переходу ДА у суміжний стан.

Для ПУ типу ДА Мілі, як це видно із (2), кількість станів ДА дорівнює кількості різних команд управління, тому на графі ДА його вершини з'єднуються дугами відповідно операційному переходу в схемі алгоритму і мають «вагу» – логічний вираз умови переходу ДА у суміжний стан та команду управління, яку видає ПУ при даному переході.

Структурний синтез ПУ полягає у побудові функціональної схеми ПУ і містить наступні кроки.

1) Вибір кількості і типу елементів процесу (ЕП).

Оскільки стани ДА надаються двоїчним кодом, то кількість ЕП для ДА Мілі і Мура при кількості їх станів  $m$  знаходиться за формулою –

$$N_{en} = E[\log_2 m]. \quad (6)$$

Звичайно в якості бінарних ЕП застосовуються елементи з установчими входами  $R(I)$  та  $S(O)$  і «прямим»  $q(I)$  та «інверсним»  $\overline{q}(O)$  входами.

2) Складання логічних функцій управління ЕП.

Завчасно кожному стану ДА присвоюється його значення в двоїчному коді

$$z_j = \langle q_n q_{n-1} \dots q_1 \rangle, \quad (7)$$

де кожне  $q$  приймає значення 1 або 0. Тоді у відповідності з першим рівнянням систем (1), (2) маємо –

$$\left. \begin{aligned} R_i &= \bigcup_{k=1}^m (\overline{q_i})_{k-1} \cdot (q_i)_k \cdot (x_{k-1,k}), \quad i = \overline{1, m} \\ S_i &= \bigcup_{k=1}^m (q_i)_{k-1} \cdot (\overline{q_i})_k \cdot (x_{k-1,k}), \quad i = \overline{1, m}. \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Тут  $m$  – кількість станів ДА;

$(k-1)$  – стан, з якого можливий перехід ДА у даний  $k$ -й стан;

$x_{k-1,k}$  – логічний вираз (слово) умови переходу;

$(q, \bar{q})_{k-1}$  – наявні стани ЕП для  $(k-1)$ -го стану ДА;

$(\bar{q}, q)_k$  – потрібні стани ЕП для  $(k)$ -го стану ДА.

3) Складання логічних функцій вихідних команд.

У відповідності до другого рівняння систем (1), (2) маємо:

для ДА Мура –

$$y_j = \bigcap_{i=1}^m q_i^{nomp}(z_j), j = A1, A2, \dots, KO, \quad (9)$$

де  $q_i^{nomp}$  – потрібний стан  $i$ -го ЕП відповідно до коду стану  $z_j$ ,

для ДА Мілі –

$$y_j = \bigcap_{i=1}^m q_i^{nomp}(z_{j-1}) \cdot \Psi_{j-1,j}, j = A1, A2, \dots, KO. \quad (10)$$

4) Синтез функціональної схеми ПУ.

Блок ЕП є їх простою сукупністю; логічний перетворювач ПУ синтезується у вигляді сукупності комбінаційних схем – вузлів формування усіх сигналів  $S, R, Y$ .

На цьому алгоритмічний синтез ПУ закінчується і надалі здійснюється апаратний (схемний) синтез ПУ.

## **ВИСНОВКИ**

1. Розглянуто розвиток Системної Архітектури ІТ-інфраструктури, орієнтованої на використання сучасних Дата-центрів. При цьому передбачається створення компонентів, що описують: загальні підходи побудови системної архітектури; ІТ-сервіси – технологічні системи, які вирішують завдання корпорації; логічну модель ІТ-інфраструктури.

2. Сформульовано наступний принцип побудови ІТ-інфраструктури: архітектури ІТ-інфраструктури визначають набір сервісів. ІТ-сервіси надаються трьом групам клієнтів. ІТ-сервіси та клієнти пов'язані 5 сценаріями реалізації. Інтеграцію ІТ-сервісів визначають 5 архітектур. В якості ІТ-сервісів ми розуміємо інформаційні технології, спрямовані на підтримання в технічно справному стані таких елементів: мережні пристрої, обчислювальна техніка, пристрої зберігання даних, служби автоматичного розгортання програмного забезпечення, мережеві служби, служби захисту периметра, служби каталогу, служби файлів і друку, служби управління даними, служби бізнес-додатків, служби управління ІТ, служби архівування та відновлення, служби управління сертифікатами, служби інтеграції.

3. Архітектури визначають фундаментальні принципи побудови ІТ-сервісів і їх взаємозв'язок. Також, на базі архітектури формуються вимоги до створення ІТ-сервісів.

4. Однею з найважливіших архітектур є архітектура управління ІТ-інфраструктурою.

5. Архітектура системи управління забезпечує необхідний рівень IT-сервісів Дата-центру за рахунок організації трьох компонентів – персоналу, процесів, технологій, для управління IT-інфраструктурою.

6. Завданнями архітектури є: використання процесів та інформаційних технологій для виявлення та мінімізації відмов IT-сервісів; забезпечення високого ступеня інтеграції інформаційних технологій управління; забезпечення реагування на зміну параметрів систем і виконання сервісних функцій в режимі реального часу.

7. Для прикладу розглянуто функцію управління IT-сервісом адміністрування мережі (моніторинг і контроль сервісів управління конфігураціями, координація змін, віддалене управління та налагодження).

8. Розглянуто алгоритмічний синтез програм і пристроїв управління процесами адміністрування мережі, що полягає у побудові функціональної схеми пристроїв управління на двох етапах – *абстрактний і структурний синтез*, і визначені всі кроки його розв’язання та подальший апаратний синтез.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. "Data Centres and Data Transmission Networks – Analysis". IEA. Retrieved 2022-03-06: веб-сайт. URL: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (Last accessed: 07.04.2022).
2. The European Commission H2020 EURECA Data Centre Project - Data centre energy efficiency guidelines, extensive online training material, case studies/lectures (under events page), and tools: веб-сайт. URL: <https://www.dceureca.eu/> (Last accessed: 07.04.2022).
3. "An Oregon Mill Town Learns to Love Facebook and Apple". *The New York Times*. March 6, 2018: веб-сайт. URL: <https://www.nytimes.com/2018/03/06/business/apple-facebook-data-center.html> (Last accessed: 07.04.2022).
4. "Google announces London cloud computing data centre". *BBC.com*. July 13, 2017: веб-сайт. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-40590080> (Last accessed: 07.04.2022).
5. "Cloud Computing Brings Sprawling Centers, but Few Jobs". *The New York Times*. August 27, 2016. *data center .. a giant .. facility .. 15 of these buildings, and six more .. under construction*: веб-сайт. URL: <https://www.nytimes.com/2016/08/27/technology/cloud-computing-brings-sprawling-centers-but-few-jobs-to-small-towns.html> (Last accessed: 07.04.2022).
6. John, Holusha. (2000). "Commercial Property/Engine Room for the Internet; Combining a Data Center With a 'Telco Hotel'". *The New York Times*. Retrieved June 23, 2019: веб-сайт. URL: <https://www.nytimes.com/2000/05/14/realestate/commercial-property-engine-room-for-internet-combining-data-center-with-telco.html> (Last accessed: 07.04.2022).
7. "Data center staff are aging faster than the equipment". *Network World*. August 30, 2018: веб-сайт. URL: <https://www.networkworld.com/article/3301883/data-center-staff-are-aging-faster-than-the-equipment.html> (Last accessed: 07.04.2022).
8. "This Wave of Data Center Consolidation is Different from the First One". February 8, 2018: веб-сайт. URL: <https://www.datacenterknowledge.com/manage/wave-data-center-consolidation-different-first-one> (Last accessed: 07.04.2022).
9. Kantor, Alice. (2021). "Big Tech races to clean up act as cloud energy use grows". *Financial Times*. Retrieved 2022-03-06: веб-сайт. URL: <https://www.ft.com/content/c719f655-149c-4ce0-a7a5-18527c7776cf> (Last accessed: 07.04.2022).
10. Rabih, Bashroush. (2018). A Comprehensive Reasoning Framework for Hardware Refresh in Data Centres. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*. 3 (4). 209–220.
11. Mohammad, Noormohammadpour. (2018). Cauligi Raghavendra Datacenter Traffic Control: Understanding Techniques and Tradeoffs. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 20 (2). 1492-1525. doi:10.1109/comst.2017.2782753.

12. Довгий, С.О., & Копійка, О.В. (1996). Автоматизована система для підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. К.: ВПЦ ТИРАЖ.
13. Волошин, О.Ф., & Машенко С.О. (2010). Моделі та методи прийняття рішень. навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., 2-ге вид., перероб. та допов. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет".
14. Rubinstein, A. (2013). *Lecture Notes in Microeconomic Theory*, 2nd., Princeton University Press. ISBN 978-0-691-15413-8.
15. Kopeika, O., Tarasenko, I., Kisselevskiy, A., Karichenskiy, A., & Valiulin, T. (2007). Softline applies TMF standards as a guide when building Resource Inventory solution for nation-wide carrier Ukraine Telecom. TM Forum Case Study Handbook. Volume 3. May.
16. Довгий, С.О. (2001) Приватизація, інвестиції та фондовий ринок: правові засади та практика. У 4-х т. К.: Укртелеком.
17. Jew, Jonathan. (2010). BICSI Data Center Standard: A Resource for Today's Data Center Operators and Designers. BICSI News Magazine. May/June.
18. Niles, Susan. (2011). Standardization and Modularity in Data Center Physical Infrastructure. Schneider Electric.
19. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. (2005) TIA STANDARD TIA-942. TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. April.
20. ANSI/BICSI 002-2011 Data Center Design and Implementation Best Practices. Committee Approval. January 2011 First Published: March.
21. TIA is accredited by the American National Standards Institute (ANSI) as a standards developing organization (SDO). URL: <http://www.tiaonline.org/standards/> (Last accessed: 07.04.2022).
22. Довгий, С.О. & Сергієнко, І.В. (2013). Інформаційно-аналітичне супроводження бюджетного процесу. К.: ТОВ «Інформаційні системи».
23. Концепции сетецентрического боевого управления ВС США, Великобритании и ОВС НАТО. Общее и различия. URL: [http://factmil.com/publ/strana/velikobritanija/koncepcii\\_setecentricheskogo\\_boevogo\\_upravlenija\\_vs\\_ssha\\_velikobritanii\\_i\\_ovs\\_nato\\_ob\\_shhee\\_i\\_razlichija\\_2010/9-1-0-420](http://factmil.com/publ/strana/velikobritanija/koncepcii_setecentricheskogo_boevogo_upravlenija_vs_ssha_velikobritanii_i_ovs_nato_ob_shhee_i_razlichija_2010/9-1-0-420) (Last accessed: 07.04.2022).
24. Choi, M.-J., Ju, H.-T., Hong, J. W.-K., & Yun D.-S. (2008). Design and Implementation of Web Services-based NGOSS Technology Specific Architecture, *Annals of Telecommunications, Special Issue on "Next Generation Network and Service Management"*. Vol. 63. No. 3-4. April.
25. Копейка, О.В. (2014). Архитектура системы управления ИТ-инфраструктурой в современных Дата-центрах. Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. № 29. С. 29-37.
26. Копійка, О.В. (2014). Архітектура мережі в сучасних дата-центрах. Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. № 2(30). 34-41.
27. Копейка, О.В. (2014). Архитектура системы безопасности ИТ-инфраструктуры в дата-центрах. Сучасний захист інформації. № 1. 48–57.
28. Копейка, О.В. (2014). Проектирование сервисов инфраструктуры приложений в дата-центрах. Телекомунікаційні та інформаційні технології. № 1. 19–27.
29. Копейка, О.В. (2014). Сетевые службы и службы сетевых устройств в дата-центрах // Системи управління, навігації та зв'язку: наукове періодичне видання. №4(28). 98-104.
30. Беркман, Л.Н. (2014). Теоретичні основи методології синтезу інформаційно-комунікаційних систем. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2014. №4. 12–20.
31. Довгий, С. (2000). Стан та проблеми розвитку телекомунікаційної мережі України, Наука та наукознавство.
32. Choi, M.-J., & Hong, J.W.-K. (2007). Towards Management of Next Generation Networks. *IEICE Transaction Communications E Series B*. Vol. 90. No. 11. 3004-3014.
33. Benzekki, Kamal & El Fergougui, Abdeslam., & Elbelrhiti Elalaoui, Abdelbaki. (2016). Software-defined networking (SDN): A survey. *Security and Communication Networks*. Vol. 9 (18). 5803–5833. doi:10.1002/sec.1737.

34. Montazerolghaem, Ahmadreza. (2020). Software-defined load-balanced data center: design, implementation and performance analysis. *Cluster Computing*. Vol. 24 (2). 591–610. doi:10.1007/s10586-020-03134-x. ISSN 1386-7857. S2CID 220490312.
35. Montazerolghaem, Ahmadreza. (2021). Software-defined Internet of Multimedia Things: Energy-efficient and Load-balanced Resource Management. *IEEE Internet of Things Journal*. Vol. 9 (3). 2432–2442. doi:10.1109/JIOT.2021.3095237. ISSN 2327-4662. S2CID 237801052.
36. Software-defined networking is not OpenFlow, companies proclaim. URL: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/> (Last accessed: 07.04.2022).
37. InCNTRE's OpenFlow SDN testing lab works toward certified SDN product. URL: <https://www.techtarget.com/news/> (Last accessed: 07.04.2022).
38. Стеклов, В.К., & Беркман, Л.Н. (2006). Теорія електричного зв'язку: Підручник для ВНЗ. К.: Техніка.
39. Стеклов, В.К., Беркман, Л.Н., & Кільчицький, Є.В. (2004). Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку. Підруч. Для вищ. навч. закл. К.: Техніка.
40. Стеклов, В.К., & Беркман Л.Н. (2002). Проектування телекомунікаційних мереж : підручник для ВНЗ. К. : Техніка. ISBN 966-575-070-4.

*Стаття надійшла до редакції 22.09.2022 і прийнята до друку після рецензування 05.12.2022*

## REFERENCES

1. "Data Centres and Data Transmission Networks – Analysis". IEA. Retrieved 2022-03-06 from <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (Last accessed: 07.04.2022).
2. The European Commission H2020 EURECA Data Centre Project - Data centre energy efficiency guidelines, extensive online training material, case studies/lectures (under events page), and tools. Retrieved from <https://www.dceureca.eu/> (Last accessed: 07.04.2022).
3. "An Oregon Mill Town Learns to Love Facebook and Apple". *The New York Times*. March 6, 2018. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2018/03/06/business/apple-facebook-data-center.html> (Last accessed: 07.04.2022).
4. "Google announces London cloud computing data centre". *BBC.com*. July 13, 2017. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/technology-40590080> (Last accessed: 07.04.2022).
5. "Cloud Computing Brings Sprawling Centers, but Few Jobs". *The New York Times*. August 27, 2016. *data center .. a giant .. facility .. 15 of these buildings, and six more .. under construction*. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2016/08/27/technology/cloud-computing-brings-sprawling-centers-but-few-jobs-to-small-towns.html> (Last accessed: 07.04.2022).
6. Holusha, John. (2000). "Commercial Property/Engine Room for the Internet; Combining a Data Center With a 'Telco Hotel'". *The New York Times*. Retrieved June 23, 2019 from <https://www.nytimes.com/2000/05/14/realestate/commercial-property-engine-room-for-internet-combining-data-center-with-telco.html> (Last accessed: 07.04.2022).
7. "Data center staff are aging faster than the equipment". *Network World*. August 30, 2018. Retrieved from <https://www.networkworld.com/article/3301883/data-center-staff-are-aging-faster-than-the-equipment.html> (Last accessed: 07.04.2022).
8. "This Wave of Data Center Consolidation is Different from the First One". February 8, 2018. Retrieved from <https://www.datacenterknowledge.com/manage/wave-data-center-consolidation-different-first-one> (Last accessed: 07.04.2022).
9. Kantor, Alice. (2021). "Big Tech races to clean up act as cloud energy use grows". *Financial Times*. Retrieved 2022-03-06 from <https://www.ft.com/content/c719f655-149c-4ce0-a7a5-18527c7776cf> (Last accessed: 07.04.2022).

10. Rabih, Bashroush. (2018). A Comprehensive Reasoning Framework for Hardware Refresh in Data Centres. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, 3 (4), 209–220.
11. Mohammad, Noormohammadpour. (2018). Cauligi Raghavendra Datacenter Traffic Control: Understanding Techniques and Tradeoffs. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20 (2), 1492-1525. <https://doi.org/10.1109/comst.2017.2782753>.
12. Dovgyi, S.O., & Kopiika, O.V. (1996). Automated system for the process of taking decisions during the liquidation of the inheritance of an accident at the CNPP. K.: VPC TYRAG [in Ukrainian].
13. Voloshyn, O.F., & Mashchenko, S.O. (2010). Decision-making models and methods. education manual for students higher education acc., 2nd ed., revision. and added. K.: Kyiv University Publishing and Printing Center [in Ukrainian].
14. Rubinstein, A. (2013). *Lecture Notes in Microeconomic Theory*, 2nd., Princeton University Press. ISBN 978-0-691-15413-8.
15. Kopeika, O., Tarasenko, I., Kisselevskiy, A., Karichenskiy, A., & Valiulin, T. (2007). Softline applies TMF standards as a guide when building Resource Inventory solution for nation-wide carrier Ukraine Telecom. *TM Forum Case Study Handbook*. Volume 3. May.
16. Dovgyi, S.O. (2001). Privatization, Investment and the Stock Market: Legal Principles and Practice. In the 4th grade: Ukrtelecom [in Ukrainian].
17. Jew, Jonathan. (2010). BICSI Data Center Standard: A Resource for Today's Data Center Operators and Designers. *BICSI News Magazine*. May/June.
18. Niles, Susan. (2011). Standardization and Modularity in Data Center Physical Infrastructure. Schneider Electric.
19. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. (2005). TIA STANDARD TIA-942. TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. April.
20. ANSI/BICSI 002-2011 Data Center Design and Implementation Best Practices. Committee Approval. January 2011 First Published: March.
21. TIA is accredited by the American National Standards Institute (ANSI) as a standards developing organization (SDO). Retrieved from <http://www.tiaonline.org/standards/> (Last accessed: 07.04.2022).
22. Dovgyi, S.O. & Sergienko, I.V. (2013). Informational and analytical support of the budget process. K.: TOV "Information systems" [in Ukrainian].
23. Concepts of network-centric combat control of the US Armed Forces, Great Britain and NATO Allied Forces. General and differences. Retrieved from [http://factmil.com/publ/strana/velikobritanija/koncepcii\\_setecentricheskogo\\_boevogo\\_up\\_ravlenija\\_vs\\_ssha\\_velikobritanii\\_i\\_ovs\\_nato\\_obshhee\\_i\\_razlichija\\_2010/9-1-0-420](http://factmil.com/publ/strana/velikobritanija/koncepcii_setecentricheskogo_boevogo_up_ravlenija_vs_ssha_velikobritanii_i_ovs_nato_obshhee_i_razlichija_2010/9-1-0-420) (Last accessed: 07.04.2022) [in Russian].
24. Choi, M.-J., Ju, H.-T., Hong, J. W.-K., & Yun D.-S. (2008). Design and Implementation of Web Services-based NGOSS Technology Specific Architecture, *Annals of Telecommunications*, Special Issue on "Next Generation Network and Service Management". Vol. 63. No. 3-4. April.
25. Kopiika, O.V. (2014). The architecture of the IT infrastructure management system in modern data centers. *Scientific Notes of the Ukrainian Scientific Research Institute of Communications*. No. 29. 29-37 [in Ukrainian].
26. Kopiika, O.V. (2014). Network architecture in modern data centers. *Scientific notes of the Ukrainian Research Institute of Communications*, 2(30), 34-41 [in Ukrainian].
27. Kopiika, O.V. (2014). The architecture of the IT infrastructure security system in data centers. *Current defender of information*. No. 1. 48–57 [in Russian].
28. Kopiika, O.V. (2014). Designing application infrastructure services in data centers. *Telecommunications and information technologies*. No. 1. 19–27 [in Russian].
29. Kopiika, O.V. (2013). Network services and network device services in Data Centers. *Control, navigation and communication systems*, 4 (28), 98-104 [in Russian].
30. Berkman, L.N. (2014). Theoretical bases of methodology of synthesis of information and communication systems. *Telecommunication and information technologies*, 4, 12-20 [in Ukrainian].

31. Dovgyi, S. (2000). The state and problems of the development of the telecommunications network of Ukraine, Science and scientific studies [in Ukrainian].
32. Choi, M.-J., & Hong, J.W.-K. (2007). Towards Management of Next Generation Networks. IEICE Transaction Communications E Series B. Vol. 90. No. 11. 3004-3014.
33. Benzekki, Kamal & El Fergougui, Abdeslam., & Elbelrhiti Elalaoui, Abdelbaki. (2016). Software-defined networking (SDN): A survey. Security and Communication Networks. Vol. 9 (18). 5803–5833. <https://doi.org/10.1002/sec.1737>.
34. Montazerolghaem, Ahmadreza. (2020). Software-defined load-balanced data center: design, implementation and performance analysis. Cluster Computing. Vol. 24 (2). 591–610. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03134-x>. ISSN 1386-7857. S2CID 220490312.
35. Montazerolghaem, Ahmadreza. (2021). Software-defined Internet of Multimedia Things: Energy-efficient and Load-balanced Resource Management. IEEE Internet of Things Journal. Vol. 9 (3). 2432–2442. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3095237>. ISSN 2327-4662. S2CID 237801052.
36. Software-defined networking is not OpenFlow, companies proclaim. Retrieved from <https://www.techtarget.com/searchnetworking/> (Last accessed: 07.04.2022).
37. InCNTRE's OpenFlow SDN testing lab works toward certified SDN product. Retrieved from <https://www.techtarget.com/news/> (Last accessed: 07.04.2022).
38. Steklov, V.K., & Berkman, L.N. (2006). Theory of electrical communication: Textbook for universities. K.: Technology [in Ukrainian].
39. Steklov, V.K., Berkman, L.N., & Kilchytskyi, E.V. (2004). Optimization and modeling of communication devices and systems. Understudy For higher education closing. K.: Technology [in Ukrainian].
40. Steklov, V.K., & Berkman, L.N. (2002). Designing telecommunication networks: a textbook for universities. K.: Technology. ISBN 966-575-070-4 [in Ukrainian].

*The article was received 22.09.2022 and was accepted after revision 05.12.2022*

**Довгий Станіслав Олексійович**

академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, Почесний директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

**Адреса робоча:** 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13  
**ORCID ID:** 0000-0003-1078-0162 **e-mail:** s.dovgii@gmail.com

**Копійка Олег Валентинович**

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

**Адреса робоча:** 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13  
**ORCID ID:** 0000-0003-0189-3915 **e-mail:** okopiyka@gmail.com

**Козлов Олексій Сергійович**

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

**Адреса робоча:** 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13  
**ORCID ID:** 0000-0003-1889-3153 **e-mail:** alexey.ua84@gmail.com