

Д. В. Кисюк; С. М. Захарченко, канд. техн. наук, проф.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМАХ КОЛЕКТИВНОГО ДОСТУПУ

*У статті представлено комплексний аналіз практичних аспектів впровадження та оптимізації хмарних сервісів у системах колективного доступу, орієнтованих на розподілену обробку даних. Основна увага приділена ключовим викликам, що виникають при переході до хмарної інфраструктури, зокрема забезпеченню енергоефективності, рівномірного розподілу ресурсів, гнучкості масштабування та підвищенню продуктивності обчислювальних систем. Розкрито сутність технологій віртуалізації як бази для реалізації моделей DaaS (Desktop as a Service) і SaaS (Software as a Service), які забезпечують дистанційний доступ користувачів до персоналізованих віртуальних середовищ та програмних продуктів. Окрему увагу приділено структурі хмарного середовища, яка включає віртуальні службові вузли, сервери баз даних, сховища, ліцензування, моніторингу та управління, а також агенти доступу, які забезпечують повноцінне функціонування хмарної системи. Описано функціональну модель управління ресурсами віртуального середовища, що дозволяє ефективно здійснювати початкове і динамічне розміщення віртуальних машин з урахуванням змін навантаження, а також оптимізувати процеси міграції, мінімізуючи негативний вплив на продуктивність і якість обслуговування відповідно до SLA. Крім того, наведено практичні рекомендації щодо організації синхронізації локальних і хмарних сховищ, структурування директорій, підключення нових пристроїв, запобігання конфліктам синхронізації та втраті даних. Запропоновано варіанти адміністрування інформаційного середовища з урахуванням розділення функцій керування структурою та контентом, що дозволяє підвищити керованість, безпеку та ефективність доступу до ресурсів. Матеріали статті можуть бути корисними для ІТ-фахівців, адміністраторів систем, розробників хмарних платформ, а також для організацій, що впроваджують цифрову трансформацію у сфері розподілених обчислень і колективного доступу до ІТ-ресурсів.*

**Ключові слова:** хмарні обчислення, колективний доступ, віртуалізація, розподілена обробка даних, центр обробки даних, DaaS, SaaS, віртуальні машини, енергоефективність, синхронізація даних, хмарні сховища, управління ресурсами, оптимізація навантаження, хмарна архітектура, VDI.

### Вступ

В останні роки робота систем колективного доступу зазнала цифрової трансформації, в рамках якої оператори хмарних послуг повинні надавати цифрові послуги в оновлених умовах. Хмарні сервіси для розподілення даних є одним з найважливіших напрямків організації систем колективного доступу. В його основі лежить технологія віртуалізації, яка дозволяє реалізувати основні вимоги хмарних сервісів, такі як використання ресурсів на вимогу і еластичність ресурсів, за рахунок горизонтального і вертикального масштабування додатків і міграції віртуальних машин в реальному часі. Інфраструктура та архітектурні рішення центрів розподіленої обробки даних, орієнтованих на хмарні сервіси, принципово не відрізняються від традиційних віртуалізованих центрів обробки даних (далі – ЦДО). Однак еволюція до хмарних ЦДО одночасно висуває більш жорсткі вимоги до продуктивності інфокомунікаційної системи, систем охолодження та живлення в умовах високої щільності навантаження. Основною проблемою сучасних дата-центрів є споживання колосальних обсягів електроенергії, значна частина якої йде на допоміжні системи, зокрема систему охолодження, яка починає посилено працювати в разі нерівномірного розподілу температури в залі. Крім того, незважаючи на те, що багато дата-центрів вже заповнені, значна частина обчислювальних ресурсів використовується неефективно.

Для мінімізації споживання енергії, тепловиділення, рівномірного використання ресурсів та забезпечення якості обслуговування відповідно до угод SLA необхідно вдосконалювати процес розподілу ресурсів, включаючи методи початкового та динамічного розміщення віртуальних машин, а також масштабування. Перерозподіл ресурсів у хмарному центрі обробки даних відбувається шляхом міграції віртуальних машин, що є дорогою операцією, додатково навантажує мережу та сервери, впливаючи на якість послуг та моніторинг серверів. Тому, щоб здійснювати ефективний моніторинг та прогнозування стану серверів, необхідно оцінити загальний час міграції віртуальних машин.

Наразі існує велика кількість робіт, присвячених окремим питанням оптимального розподілу [1, 2, 6] та управління ресурсами хмарних центрів обробки даних [3, 4, 5]. Зокрема вивчено проблеми початкового розміщення, динамічного розподілу ресурсів, питання масштабування, живої міграції віртуальних машин. Однак проблема оптимізації використання хмарних сервісів для розподіленої обробки даних в системах колективного доступу залишається недостатньо дослідженою. Розвиток хмарних обчислень дуже вплинув на ІТ-галузь за останні кілька років, багато великих компаній і операторів зв'язку стали модернізувати і будувати нові ЦОД для надання хмарних сервісів [7]. Для замовників хмарні послуги мають переваги, пов'язані з можливістю купити стільки обчислювальних ресурсів, скільки їм необхідно [8]. При цьому можна вибрати найкращу модель обслуговування з розширеного комплексу моделей. Для провайдера впровадження та використання хмарних платформ також має багато переваг, серед яких забезпечення якості обслуговування, підвищення стійкості до відмов та розширення спектру наданих послуг. Однак у сучасних ЦОД-ах виникає низка проблем, пов'язаних із збільшенням їх завантаження до 60 %, великим обсягом енергоспоживання та складністю управління тисячами серверів. Існує кілька ключових технологій, на які спираються хмарні обчислення [8]. Головною є віртуалізація. Зазвичай на одній фізичній машині розміщується кілька хмарних серверів, під якими розуміють як віртуальні машини, й встановлені ними додатки. Це дозволяє підвищити коефіцієнт використання наявних у ЦОД обчислювальних ресурсів, економити місце та електроенергію. Однак у зв'язку з тим, що навантаження на додатки є нерівноцінним протягом доби і може мати випадкові сплески, віртуальні сервери повинні розміщуватися динамічно, щоб досягти кращої продуктивності та якомога повніше використовувати обчислювальні ресурси. Тому проблема ефективного розподілення даних в системах спільного доступу за допомогою хмарних сервісів є актуальною. З огляду на це **метою статті** є здійснити загальну характеристику методів оптимізації застосування хмарних сервісів для розподіленої обробки даних в системах колективного доступу та розробити узагальнену модель досліджуваного процесу.

### **Практична схема методів оптимізації застосування хмарних сервісів для розподіленої обробки даних в системах колективного доступу**

Хмарні сервіси передбачають віртуалізацію та перенесення обчислювальних ресурсів до центрів обробки даних постачальників хмарних послуг. Хмарна система може працювати на основі механізму DaaS, спрямованого на надання кожному користувачеві віртуальної машини та віртуального оточення (віртуального робочого столу) з усім необхідним для роботи встановленим програмним забезпеченням. Доступ до віртуального оточення здійснюється працівниками віддалено з використанням комп'ютерів організації або мобільних пристроїв (ноутбуків, планшетних комп'ютерів, смартфонів).

Альтернативний механізм розподіленої обробки даних в системах колективного доступу передбачає надання віддаленого доступу до конкретного програмного продукту з використанням моделі SaaS (Software as a Service). Для реалізації даних функцій сервер взаємодіє з інтерфейсом управління хмарою провайдера, але не безпосередньо, а використовуючи власний проміжний API. Це дозволяє не прив'язуватися до специфічного API

провайдерів хмарних послуг, також дає можливість використовувати одночасно різних провайдерів з різним API. Так, віртуальний сервер бази даних (далі БД) – зберігає всю інформацію, що відноситься до конкретної системи колективного доступу. Зокрема, тут зберігається поточний розклад, інформація про облік використання ресурсів (білінг), відомості служби каталогів LDAP, які використовуються для авторизації користувачів та перевірки їх прав доступу до різних компонентів системи. Віртуальний сервер сховища – надає власне користувацьке сховище даних, а також шлюз доступу до провайдера (через проміжний API). Воно використовується для зберігання дискових образів віртуальних машин, а також для віртуальних дисків із даними користувачі (підключаються іншими дисками до віртуальних машин) (рис. 1).

До робочих віртуальних вузлів відносяться віртуальні кабінети, які представляють собою групи віртуальних машин з віртуальним оточенням, що включає необхідні для робочого процесу програми і матеріали. Також є агенти зв'язку з системою, що використовуються для автоматичного розгортання ПЗ, моніторингу завантаженості обчислювальних ресурсів та контролю за дотриманням обмеження.



Рис. 1 Загальна характеристика моделі оптимізації застосування хмарних сервісів для розподіленої обробки даних в системах колективного доступу

Описана загальна структура розподіленої обробки даних може бути охарактеризована таким чином:

- віртуальні службові вузли працюють незалежно від типу віртуалізації та хмарного гіпервізора (для підвищення переносимості);
- у кожного віртуального службового вузла може бути кілька екземплярів з метою забезпечення ефективності їхньої роботи;
- віртуальні службові вузли підтримують синхронізацію з віртуальним сервером обслуговування системи незалежно від його фізичного розташування, використовуючи ім'я DNS;
- вся інформація про розташування та параметри вузлів, розклад запуску, стан завдань, образів та дисків міститься в базі даних, яка реалізована у вигляді окремого віртуального сервера з метою підвищення масштабованості та надійності;
- точкою входу в систему є віртуальний сервер доступу, що виконує дві основні функції –

реалізацію порталу самообслуговування та реалізацію сервера доступу користувачі до протоколів віддаленого робочого столу через Web-шлюз;

- для реалізації ліцензійних обмежень призначений віртуальний сервер ліцензування, що використовується для активації передналаштованих образів операційних систем та програмного забезпечення (включаючи плаваючі ліцензії);

- для стеження за завантаженням системи, дотриманням правил ліцензування та обмеження провайдера на кожній запущеній віртуальній машині працює агент управління у вигляді окремої програми, що зв'язується з сервером обслуговування та сервером ліцензування;

- доступ до програмного забезпечення користувачі отримують через протоколи віддаленого робочого столу (VNC, RDP, X11);

- програмним або браузерним клієнтам доступ до віддаленої програми перенаправляється на екземпляр віртуальної машини, асоційованим з поточним розкладом клієнта.

Схема доступу клієнтів до хмарних додатків за нашою ідеєю полягає в наступному: за допомогою спеціальної програми або браузера клієнт підключається до зворотного проксі-сервісу `nginx`, який перенаправляє запит залежно від його типу або на портал самообслуговування, або на NoVNC-шлюз, яким дозволяє протокол HTTPS передавати повноцінним віддаленим екран VNC, RDP і X11. Вибір на який саме сервер перенаправити конкретного клієнта визначається згідно зі складеним розкладом. Ці відомості зберігаються у базі даних.

На самих робочих серверах встановлені VNC сервери, що дозволяють працювати з фрейм-буфером і транслювати лише одне вікно програми. Це дає можливість одновіконним програмам працювати з кількома користувачами на одному сервері практично без збільшення накладних витрат. Оскільки ця система повинна мати високу продуктивність у піковий годинник і економити ресурси під час простою, екземпляри віртуальних машин запускаються лише за розкладом, складеним на основі заявок адміністраторів організацій.

### **Додаткові рекомендації щодо вдосконалення розподіленої обробки даних в системах колективного доступу**

Важливим аспектом використання хмарних сервісів для ефективного розподілення даних в системах спільного доступу є введення в експлуатацію нового локального пристрою. Він підключається до особистого облікового запису користувача хмарного сховища акумулятора. На початковій стадії підключення користувачеві слід відкоригувати місце розташування директорії, що синхронізується, після чого вибрати сукупність папок для синхронізації з урахуванням доступної ємності внутрішнього носія і часу, що відводиться на первинну синхронізацію. Директорії, що створюються для підключення до різних хмарних сховищ, щоб уникнути конфліктів синхронізації повинні бути незалежними. Для мінімізації проблем із довгими іменами файлів пов'язані з хмарними сховищами директорії доцільно поміщати на кореневий рівень файлової структури одного логічного диска (наприклад, `D:\OneDrive` для сховища Microsoft OneDrive).

Якщо на локальному пристрої працюють декілька користувачів, підключення кожного з них до персонального хмарного сховища відбувається незалежно. У цьому випадку директорії, що синхронізуються з хмарними сховищами, слід розміщувати на кореновому рівні різних логічних дисків. За наявності єдиного логічного диска існує два варіанти:

1. Погодитися на розміщення однойменних директорій, що синхронізуються, різних користувачів у встановлених системою персональних вкладених папках директорії `C:/users/` (можливі проблеми з довгими іменами файлів і кириличними символами).

2. Створити в кореневій директорії спеціальні папки (найменування відповідає ПІБ користувача латиницею), в які переміщуються відповідні папки OneDrive кожного користувача. Основне хмарне сховище-акумулятор необхідно встановлювати відповідно до

агента синхронізації, облігатно вбудованого в операційну систему пристрою, що використовується для консолідації даних в інформацію, створення медіаресурсів та їх редагування (високопродуктивні ультрабуки, ноутбуки, десктопи з утилітарними інтерфейсами введення-виводу та великим). Директорія для накопичення даних у хмарному сховищі-акумуляторі (data) зосереджує папки, призначені для накопичення даних з локальних та хмарних сховищ-фіксаторів мобільних пристроїв (смартфони, планшети), периферичного обладнання (фото- та відеокамери, диктофони, програмні та сканери, дигітайзер, завантажені файли та ін.). Аудіовізуальні файли та інші об'ємні дані можна накопичувати у вкладених папках директорії data хмарного сховища-акумулятора, які не синхронізуються з локальними пристроями.

Під час створення інформації дані доцільно переміщати до спеціалізованих папок хмарного сховища-акумулятора (design, setup, support, products, works тощо) або окремі хмарні сховища інфоменеджери. За необхідності окрема папка хмарного сховища може бути підключена до локального пристрою або відключена від нього. Наприклад, об'ємні дистрибутиви настановних програм та медіапродукти можна розміщувати у вкладених паках директорій setup і products, позбавлених зв'язку з локальними пристроями. Тимчасове підключення вкладеної папки до локального пристрою забезпечує надходження її файлів з хмари та подальше оновлення вмісту.

Адміністрування великих хмарних сховищ-акумуляторів можливо оптимізувати через візуалізацію на локальному пристрої файлів, які не синхронізуються з ним і попереднього перегляду їх властивостей (мініатюри, анотації, метадані) з можливістю індивідуальних налаштувань зв'язку (розміщений локально/в хмарі/локально та в хмарі).

Сьогодні управління ресурсами хмарних та локальних сховищ зручно здійснювати за допомогою програм асоціативного картування. Щоб уникнути конфліктів синхронізації, дані, що довго створюються (об'ємні архіви, аудіовізуальні ряди та інші великі файли) варто спочатку розміщувати в папках, не пов'язаних з хмарними сховищами. Ці папки розміщуються в спеціальній кореневій директорії локального пристрою, ім'я якої відповідає назві основного сховища-акумулятора з розширенням «New». Внутрішня структура вкладених папок директорії \*.new дублює відповідну частину дерева файлової структури сховища-акумулятора. Наприклад, на верхньому рівні папки \*.new можуть бути папки archive, data, setup, products. Всередині папки архіву можуть знаходитися папки 1C, Brains, EndNote, Outlook, що містять вкладені тимчасові папки, які після наповнення переносяться до хмарного сховища. Імена тимчасових папок відповідають інтервалу зворотних дат наповнення папки (ГГГГММДД-ГГГГММДД, де ГГГГММДД та ГГГГММДД – дати створення першого та останнього накопиченого файлу, відповідно). Коли розмір даних усередині папки ГГГГММДД-ГГГГММДД локального пристрою наближається до ємності використовуваних для постійного резервного зберігання зовнішніх HDD, SSD, BD, DVD та ін., створюється її копія на вищезгаданих носіях, після чого папка переноситься в однойменну батьківську директорію від нього після завершення синхронізації.

Доступ до вмісту хмарних сховищ може бути ускладнений або блокований через проблеми з підключенням до Інтернету або через зміну протоколів безпеки. Випадкове видалення файлу або директорії призводить до їх знищення на всіх пристроях, які синхронізують вміст через хмарні сховища. Аналогічна проблема може виникнути при підключенні пристрою з порожніми директоріями, створеними та підключеними до хмарного сховища раніше інших пристроїв, але не брали участь у подальшому оновленні вмісту. Для зниження ризиків втрати даних, інформації та медіаресурсів доцільним вважаємо регулярно синхронізувати дані хмарних сховищ-фіксаторів із локальними системами розподіленого зберігання даних, після чого архівувати їх у хронологічному порядку на зовнішніх жорстких дисках та оптичних носіях.

Деякі хмарні сховища (Microsoft OneDrive) пропонують опції поєднання персональних

хмарних сховищ із корпоративними, а також можливість доступу через інтерфейс браузера до всіх файлів на всіх підключених локальних пристроях користувача, що значно збільшує ефективність керування розподіленими інформаційними ресурсами. Хмарні сховища надають можливість зв'язування їх вмісту з веб-сторінками. Проте вважаємо, що ефективним є роз'єднання процесів управління структурою та вмістом інтернет-сайтів у стаціонарній фазі їхнього життєвого циклу. Для цього необхідно створювати окремі центри управління структурою та контентом інтернет-сайтів, які адмініструються вебмайстрами та контентменеджерами відповідно. Центр управління структурою координує створення та модифікацію повноважень підключення хмарних ресурсів, а також шляхів їх поширення всередині сайту та за його межами (кроспостинг у соціальні мережі, реплікація на доменах-близнюках тощо). Центр управління контентом контролює первинну публікацію даних, інформації та підключення хмарних медіаресурсів до заздалегідь створеної структури сайту та його інформаційних сателітів. Подібний розподіл управлінських компетенцій інформаційного середовища значно збільшує ефективність повнотекстового пошуку серед елементів асоціативних карт та асоційованих із ними хмарних інформаційних ресурсів.

### Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що впровадження хмарних сервісів у системи колективного доступу до розподіленої обробки даних є ефективним засобом модернізації інформаційної інфраструктури сучасних організацій. В основі такої інтеграції лежить віртуалізація, яка забезпечує масштабованість, гнучке управління ресурсами та раціональне використання обчислювальних потужностей. Досягнення мети статті полягає в тому, що запропоновано модель організації хмарного середовища з урахуванням DaaS і SaaS концепцій, яка дозволяє адаптувати систему під конкретні потреби користувачів, оптимізувати процеси розгортання, моніторингу та міграції віртуальних машин.

Практична реалізація архітектури віртуальних вузлів, серверів доступу, обслуговування та сховищ забезпечує безперервність надання послуг, високу продуктивність у пікові години навантаження та ефективне збереження ресурсів у періоди простою. Важливим досягненням є розробка рекомендацій щодо організації локального та хмарного зберігання, уникнення синхронізаційних конфліктів, резервного копіювання і візуалізації даних. Запропоноване структурування хмарного простору дозволяє значно підвищити безпеку, масштабованість та зручність управління інформаційними ресурсами.

Таким чином, наведена в статті модель може бути покладена в основу побудови ефективних, надійних і енергоефективних систем колективного доступу до хмарних обчислювальних ресурсів, що відповідають сучасним вимогам цифрової трансформації та розвитку інфраструктури розподілених даних.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abouelyazid M. Machine Learning Algorithms for Dynamic Resource Allocation in Cloud Computing: Optimization Techniques and Real-World Applications. *Journal of AI-Assisted Scientific Discovery*. 2021. Т. 1, № 2. URL: <https://scienceacadpress.com/index.php/jaasd/article/view/81> (дата звернення: 10.05.2025).
2. A Systematic Literature Review on Task Allocation and Performance Management Techniques in Cloud Data Center / N. Chauhan et al. *arXiv Is Hiring a DevOps Engineer*. №48 (3). P. 571–608. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.13135> (дата звернення: 10.05.2025).
3. Manavi M., Zhang Y., Chen G. Resource Allocation in Cloud Computing Using Genetic Algorithm and Neural Network. *arXiv:2308.11782*. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.11782> (дата звернення: 10.05.2025).
4. Resource Allocation for Content Distribution in IoT Edge Cloud Computing Environments Using Deep Reinforcement Learning / P. Neelakantan et al. *Journal of High Speed Networks*. 2024. V. 30, № 3. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.3233/JHS-230165> (дата звернення: 10.05.2025).
5. Petrovska I., Kuchuk H. Adaptive Resource Allocation Method for Data Processing and Security in Cloud Environment. *Advanced Information Systems*. 2023. V. 7, № 3. P. 67–73. URL: <http://ais.khpi.edu.ua/article/view/287497> (дата звернення: 10.05.2025).
6. Shahane V. Optimizing Cloud Resource Allocation: A Comparative Analysis of AI-Driven Techniques. Наукові праці ВНТУ, 2025, № 2

*Advances in Deep Learning Techniques*. 2023. Т. 3. №2. Р. 23–49. URL: <https://thesciencebrigade.com/adlt/article/view/211> (дата звернення: 10.05.2025).

7. Wang Y., Yang X. Intelligent Resource Allocation Optimization for Cloud Computing via Machine Learning. *arXiv:2504.03682*. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.03682> (дата звернення: 10.05.2025).

8. Application of Machine Learning Optimization in Cloud Computing Resource Scheduling and Management / Y. Zhang et al. *arXiv:2402.17216*. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.17216> (дата звернення: 10.05.2025).

Стаття надійшла до редакції 06.06.2025.

Стаття пройшла рецензування 09.06.2025.

**Кисюк Дмитро Васильович** – старший викладач кафедри обчислювальної техніки, e-mail: [kneimad@gmail.com](mailto:kneimad@gmail.com).

**Захарченко Сергій Михайлович** – канд. техн. наук, професор кафедри обчислювальної техніки, e-mail: [zakharchenko.sergii@vntu.edu.ua](mailto:zakharchenko.sergii@vntu.edu.ua).

Вінницький національний технічний університет.