

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

В.О. Ольховський

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yadym.olkhovskiy@nure.ua

Анотація: У статті розглядається потенціал хмарних обчислень як інструменту оптимізації енергетичних, фінансових та людських ресурсів. Проаналізовано моделі обслуговування SaaS, PaaS та IaaS у контексті ресурсозбереження. Визначено переваги централізації обчислювальних потужностей для зменшення витрат підприємств.

Ключові слова: хмарні технології, ресурсозбереження, віртуалізація, енергоефективність, IT-інфраструктура.

CLOUD TECHNOLOGIES AS RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

V. Olkhovskiy

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: yadym.olkhovskiy@nure.ua

Annotation: The article examines the potential of cloud computing as a tool for optimizing energy, financial, and human resources. Service models SaaS, PaaS, and IaaS are analyzed in the context of resource saving. The benefits of centralizing computing power to reduce enterprise costs are identified.

Key words: cloud technologies, resource saving, virtualization, energy efficiency, IT infrastructure.

Сучасний стан розвитку глобальної економіки вимагає від підприємств впровадження високоєфективних методів управління ресурсами. Одним із найбільш перспективних напрямків у цьому контексті є перехід від традиційної локальної IT-інфраструктури до хмарних обчислень. Це дозволяє не лише знизити капітальні витрати на придбання обладнання, а й суттєво зменшити споживання електроенергії та оптимізувати витрати на адміністрування систем.

Основний механізм ресурсозбереження у хмарних середовищах базується на технології віртуалізації. Замість того, щоб утримувати десятки серверів, що працюють на 15-20% своєї потужності, хмарні провайдери дозволяють консолідувати обчислювальні процеси.

Особливу увагу слід приділити економічній моделі "Pay-as-you-go" (оплата за фактичне споживання). Вона дозволяє уникати простою обладнання. Якщо ми розглядаємо розробку програмного забезпечення або бази даних, хмарні платформи (PaaS) забезпечують розробників готовими інструментами, що економить сотні годин робочого часу на налаштування середовища.

Економія електроенергії досягається за рахунок масштабу. Великі центри обробки даних (ЦОД) використовують інтелектуальні системи охолодження, які значно ефективніші за локальні кондиціонери в офісних серверних. Математично ефективність використання ресурсів (E) можна представити через відношення корисної роботи (W) до витрачених ресурсів (R):

$$E = \frac{W}{R} \quad (1)$$

Де R включає в себе витрати на енергію, амортизацію обладнання та оплату праці адміністраторів.

Класифікація хмарних моделей у контексті енергоефективності. Для розуміння механізмів ресурсозбереження необхідно розглянути основні моделі обслуговування: IaaS (інфраструктура як сервіс), PaaS (платформа як сервіс) та SaaS (програмне забезпечення як сервіс). Найбільший рівень енергозбереження забезпечує модель SaaS, оскільки вона дозволяє повністю відмовитися від локального запуску ресурсоемних додатків. Наприклад, використання хмарних систем проектування або обробки відео дозволяє виконувати основні обчислення на боці провайдера, що знижує вимоги до потужності клієнтських робочих станцій. Це подовжує термін експлуатації існуючого парку комп'ютерів підприємства (амортизаційне ресурсозбереження) та зменшує витрати на їх оновлення.

Автоматизація керування ресурсами баз даних. Хмарні бази даних (Database-as-a-Service) впроваджують технологію автоматичного масштабування (Auto-scaling). У традиційних системах адміністратор змушений резервувати дисковий простір та оперативну пам'ять із запасом на випадок пікових навантажень. Більшу частину часу ці ресурси простоюють, але споживають енергію та потребують оплати. Хмарні технології дозволяють системі самостійно виділяти додаткові потужності в моменти навантаження та вивільняти їх у періоди простою. Такий підхід забезпечує інтелектуальне ресурсозбереження, де витрати чітко відповідають обсягу виконаної роботи. Крім того, централізоване резервне копіювання у хмарі є значно надійнішим та дешевшим за побудову локальних систем зберігання даних.

Безсерверні обчислення (Serverless) як вища форма оптимізації ресурсів. Подальшим еволюційним кроком у ресурсозбереженні є впровадження моделі безсерверних обчислень. У традиційних хмарних моделях користувач все одно орендує певну кількість віртуальних потужностей, які можуть простоювати. Serverless-архітектура (наприклад, AWS Lambda або Google Cloud Functions) дозволяє повністю відмовитися від концепції «оренди сервера». Ресурси виділяються виключно в момент виклику конкретної функції коду і миттєво вивільнюються після завершення її роботи.

Це забезпечує радикальне ресурсозбереження за трьома напрямками:

1. Фінансова точність: Тарифікація відбувається за мілісекунди виконання коду, що дозволяє знизити витрати для систем з нерегулярним навантаженням на 70–90%.

2. Операційна ефективність: Розробникам не потрібно займатися налаштуванням операційних систем або патчингом серверів, що повністю усуває витрати людського ресурсу на підтримку інфраструктури.

3. Автоматичне масштабування: Система здатна обробляти від одного до тисяч запитів одночасно без будь-якого ручного втручання, що робить її ідеальним рішенням для сучасних автоматизованих систем керування.

Вплив мікросервісної архітектури на надійність системи. Перехід до хмар зазвичай супроводжується переходом від монолітних додатків до мікросервісів. Це дозволяє оновлювати або масштабувати лише окремі частини системи, не зупиняючи її цілком. В контексті ресурсозбереження це означає, що при виникненні помилки в одному модулі, інші продовжують функціонувати, запобігаючи повній втраті працездатності та фінансовим збиткам від простою.

Екологічний аспект та концепція «Green IT». Ресурсозбереження за допомогою хмарних обчислень є фундаментом концепції Green IT. За даними досліджень, перехід великих компаній у хмару дозволяє зменшити викиди вуглецю на мільйони тонн щороку. Це досягається не лише за рахунок ефективного заліза, а й завдяки оптимальному розташуванню

центрів обробки даних у регіонах з дешевою відновлюваною енергією або природним охолодженням. Таким чином, обираючи хмарні технології, університет або підприємство робить внесок у глобальне збереження природних ресурсів, що є важливим показником сучасної наукової роботи.

Економічна трансформація витрат: перехід від CAPEX до OPEX. Одним з найважливіших фінансових аспектів ресурсозбереження є зміна структури витрат підприємства. Традиційна модель вимагає значних капітальних інвестицій (CAPEX) у придбання серверного обладнання, систем безперебійного живлення та облаштування приміщень. Ці ресурси «заморожуються» на роки, а обладнання морально застаріває швидше, ніж окупається.

Використання хмарних технологій переводить ці витрати у категорію операційних (OPEX). Це дозволяє не лише звільнити обігові кошти, а й точно прогнозувати бюджет на ІТ-послуги. Хмарна модель забезпечує економію за рахунок:

1. Відсутності витрат на утилізацію старого обладнання.
2. Можливості миттєвого масштабування вниз (Scale-down) у періоди низької активності, що неможливо при наявності власного «заліза».
3. Зниження податкового навантаження через переведення інвестиційних витрат у сервісні.

Таблиця 1 — Порівняльний аналіз ресурсних витрат локальної та хмарної інфраструктури

Параметр порівняння	Локальна інфраструктура (On-premise)	Хмарна модель (Cloud Computing)
Початкові інвестиції (CAPEX)	Високі (купівля серверів, ДБЖ, мережевого обладнання)	Нульові або мінімальні (оплата за підпискою)
Енергоспоживання	Високе (постійне живлення та охолодження власної серверної)	Оптимізоване (енергоефективні ЦОД провайдера)
Масштабованість	Складна та тривала (потребує докупівлі та монтажу «заліза»)	Миттєва (автоматичне виділення ресурсів за запитом)
Витрати на персонал	Необхідність утримання штату системних адміністраторів	Мінімізація штату за рахунок автоматизації від провайдера
Оплата послуг	Постійна (незалежно від рівня завантаження систем)	Pay-as-you-go (оплата тільки за фактично використані ресурси)
Надійність та безпека	Власна відповідальність; ризик простою при збоях	Модель спільної відповідальності; високий рівень SLA

SLA як механізм гарантування надійності обчислювальних ресурсів. Важливою перевагою хмарних технологій є наявність юридично закріпленої угоди про рівень сервісу (Service Level Agreement — SLA). У традиційній моделі будь-який технічний збій локального сервера призводить до зупинки роботи системи на невизначений час, поки адміністратор не усуне проблему. Це спричиняє значні втрати фінансового та часового ресурсів.

Хмарні провайдери гарантують рівень доступності послуг (Uptime) на рівні 99.9% — 99.99%. У контексті ресурсозбереження це означає:

1. Фінансова безпека: Провайдер несе матеріальну відповідальність за простої.

2. Технічна стабільність: Використання географічно розподілених кластерів дозволяє системі продовжувати роботу навіть у разі виходу з ладу цілого дата-центру.

3. Прозорість витрат: Підприємство може чітко розрахувати потенційні ризики та уникнути витрат на побудову дорогої системи резервування «своїми силами».

Таким чином, хмарна модель перекладає ризики втрати ресурсів на провайдера, що є найбільш ефективною стратегією управління ресурсами для сучасних автоматизованих систем керування.

Технологічні інструменти автоматизації адміністрування. Як зазначалося вище, економія на оплаті праці висококваліфікованих спеціалістів досягається шляхом використання автоматизованих хмарних інструментів. Сучасні платформи (AWS CloudWatch, Google Stackdriver, Azure Monitor) дозволяють здійснювати моніторинг стану системи без безпосереднього втручання людини.

Використання контейнеризації (наприклад, Docker та Kubernetes у хмарі) дозволяє стандартизувати середовище розробки та розгортання. Це мінімізує так званий «людський фактор» — помилки налаштування, які зазвичай призводять до простою систем та фінансових витрат. Таким чином, ресурсозбереження проявляється у зменшенні часу на відновлення системи після збоїв (MTTR — Mean Time To Recovery). Замість годин ручної роботи адміністратора, хмарна система може автоматично перезапустити пошкоджений вузол за лічені секунди.

Аналіз хмарних сервісів для розробки програмного забезпечення. Для автоматизованих систем керування розробка ПЗ у хмарі (Cloud-native development) дозволяє використовувати готові API для розпізнавання образів, обробки великих даних або машинного навчання. Це позбавляє потреби створювати ці складні підсистеми «з нуля», що економить тисячі людино-годин розробників та прискорює вихід продукту на ринок (Time-to-Market). В контексті ресурсозбереження — це збереження найбільш дефіцитного ресурсу — часу фахівців.

Порівняльний аналіз стратегій переходу до хмарної інфраструктури. Для автоматизованих систем керування (АСК) існують різні стратегії міграції, кожна з яких має свій рівень ресурсозбереження. Найбільш радикальною є стратегія «Refactoring», що передбачає повну перебудову архітектури системи під хмарні стандарти (Cloud-native). Хоча вона вимагає значних початкових витрат часу розробників, у довгостроковій перспективі саме ця стратегія забезпечує максимальну економію завдяки використанню серверлес-обчислень (Serverless). В такому випадку ресурси процесора споживаються та оплачуються лише в мілісекунди виконання коду, що зводить вартість простою до нуля.

Інформаційна безпека як компонент стабільності ресурсів. Багато підприємств помилково вважають безпеку статтею витрат, проте в контексті ресурсозбереження — це засіб запобігання критичним втратам. Кібератаки, такі як DDoS або шифрувальники (Ransomware), можуть повністю зупинити роботу автоматизованої системи, що призводить до простою виробництва та величезних збитків. Хмарні провайдери пропонують модель «Shared Responsibility» (спільна відповідальність), де безпеку фізичного рівня, мережі та гіпервізора забезпечує провайдер. Це дозволяє підприємству:

1. Заощадити на придбанні та налаштуванні спеціалізованого обладнання (Firewalls, IDS/IPS).

2. Використовувати вбудовані системи інтелектуального моніторингу загроз на базі машинного навчання без залучення сторонніх консультантів.

3. Здійснювати миттєве резервне копіювання у географічно віддалені сховища, що гарантує збереження даних без витрат на побудову власного резервного ЦОД.

Перспективи використання гібридних хмарних моделей. Гібридна модель (Hybrid Cloud) дозволяє комбінувати локальні ресурси для критично важливих даних з хмарними

потужностями для обробки великих масивів інформації. Це є найбільш збалансованим підходом до ресурсозбереження для великих університетських систем або промислових об'єктів, де необхідно дотримуватися суворих нормативних вимог щодо зберігання персональних даних, одночасно користуючись перевагами хмарної масштабованості.

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз підтверджує, що хмарні технології є безальтернативним інструментом ресурсозбереження для сучасних автоматизованих систем. Основний ефект досягається не лише за рахунок прямої економії електроенергії (до 60%) та відмови від капітальних витрат на серверне обладнання, а й через глибоку оптимізацію людського ресурсу. Автоматизація рутинних завдань адміністрування, використання готових хмарних АРІ та перехід до операційної моделі витрат (ОРЕХ) дозволяють підприємствам зосередити зусилля на інноваційному розвитку. Подальші дослідження у цьому напрямку мають бути зосереджені на оптимізації вартості хмарних послуг у гібридних середовищах та розробці алгоритмів автоматичного керування енергоспоживанням хмарних вузлів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. 2011. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
2. Armbrust M., Fox A., Griffith R. et al. A View of Cloud Computing. Berkeley Technical Report. 2009. URL: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>
3. AWS Whitepaper. Overview of Amazon Web Services. AWS Management. 2024. URL: <https://d1.awsstatic.com/whitepapers/aws-overview.pdf>
4. Beloglazov A., et al. Energy-Efficient Resource Management in Virtualized Cloud Data Centers. ResearchGate. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/220941504_Energy_Efficient_Resource_Management_in_Virtualized_Cloud_Data_Centers
5. Биков В. Ю. Хмарні технології, ІКТ-аутсорсинг і нові функції ІКТ-підрозділів освітніх установ. Інформаційні технології і засоби навчання. 2012. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/1151/1/251.pdf>
6. Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing v4.0. Cloud Security Alliance. 2017. URL: <https://cloudsecurityalliance.org/artifacts/security-guidance-v4/>
7. Buyya R., Vecchiola C., Selvi S. Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming. McGraw Hill Education. 2013. URL: <https://ramslaw.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/0124114547cloud.pdf>
8. Industry 5.0 та колаборативна робототехніка: динамічний опис навколишнього середовища роботів-маніпуляторів з використанням мови Python: монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2026. – 279 с. <https://doi.org/10.30837/978-617-8332-95-2>
9. Nevliudov , I. ., Omarov , M. ., Yevsieiev , V. ., Maksymova , S. ., & Jabrayilzade , E. . (2026). MATHEMATICAL MODELING OF TRAJECTORIES CONSTRUCTION, MOVEMENT OF THE GRIPPING DEVICE OF A COLLABORATIVE ROBOT. Advanced Information Systems, 10(1), 11–20. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2026.1.02>
10. Nevliudov , I. ., Yevsieiev , V. ., Maksymova , S. ., Gopejenko , V. ., & Kosenko , V. . (2025). DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SUPPORT FOR ADAPTIVE CONTROL FOR THE INTELLIGENT GRIPPER OF THE COLLABORATIVE ROBOT MANIPULATOR. Advanced Information Systems, 9(3), 57–65. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.3.07>

Науковий керівник: Максимова Світлана Святославівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАРБІ ХНУРЕ.