

УДК 330.46

Камінський О.Є., к.е.н., доцент

Київський національний економічний університет  
імені В.Гетьмана

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕЛІ «ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ»**

У статті проаналізовано основні підходи до оцінки ефективності моделі хмарних обчислень. Запропоновано вдосконалення нерівності для розрахунку економічної ефективності використання хмарних обчислень. Показані основні переваги і основні ризики використання хмарних обчислень.

Ключові слова: хмарні обчислення, економіка хмарних обчислень, економічна ефективність, інформаційні ризики.

Kaminskiy O.

## **ECONOMIC EFFICIENCY MODEL "CLOUD COMPUTING"**

The paper analyzes the main approaches to the evaluation model of cloud computing. An improvement of inequality to calculate the economic efficiency of cloud computing. The following main advantages and the main risks of using cloud computing.

Keywords: cloud computing, cloud computing economy, economic efficiency, information risks.

Каминский О.Е.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕЛИ «ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»**

В статье проанализированы основные подходы к оценке эффективности модели облачных вычислений. Предложено совершенствование неравенства расчета экономической эффективности использования облачных вычислений. Показаны основные преимущества и основные риски использования облачных вычислений.

Ключевые слова: облачные вычисления, экономика облачных вычислений, экономическая эффективность, информационные риски.

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями.** В даний час можна спостерігати стрімкий розвиток та впровадження моделі «хмарних обчислень» (cloud computing). У щорічному дослідженні, що

проводиться серед ІТ-директорів та стосується інвестицій в технології, «хмарні обчислення» перемістилися з шістнадцятої позиції на другу. Фахівцями в 2010 році було висловлено думку, що «хмарні обчислення», поряд з мобільними технологіями та технологіями обробки великих масивів даних, являють собою «третю платформу» ІТ-індустрії: першою були мейнфрейми, другою – персональні комп'ютери (ПК). В даний час для ІТ-керівників найважливішими проблемами є доцільність переходу на хмарну платформу і оцінка економічної вигоди і ризиків від впровадження хмарних обчислень.

Переваги моделі «ПЗ-як-послуга» – як для користувачів, так і для провайдерів – добре відомі. Провайдерам простіше управляти встановленням нових версій, виправлень і оновлень програмного забезпечення, забезпеченням власне функціонування програмного забезпечення, зберіганням і управлінням призначеними для користувача даними, забезпеченням контролю версій. Користувачі мають доступ до послуги скрізь, де є доступ в мережу Інтернет, використовують розвинені можливості спільної роботи і зберігання даних в захищеній інфраструктурі. «Хмарні обчислення» не відмінюють всіх перерахованих переваг, проте вони дають провайдерам моделі «ПЗ-як-послуга» ще одну альтернативу – розгорнути програмне забезпечення в «хмарі». Точно так само, як послуга з виробництва чіпів дає можливість компаніям без виробничих потужностей розвернути виробництво напівпровідникових приладів, «хмара» дає можливість провайдерам «ПЗ-як-послуга» розгортати програмне забезпечення, і масштабувати його залежно від попиту, без будівництва власних центрів обробки даних.

**Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми.** Модель «ПЗ-як-послуга» дає можливість користувачам перекласти вирішення деяких проблем на провайдерів послуг. Модель «хмарних обчислень» дає можливість провайдерам «ПЗ-як-послуга», як користувачам «хмари», в свою чергу перекладати вирішення деяких своїх проблем на провайдерів «хмари».

З точки зору апаратного забезпечення, в моделі «хмарних обчислень» слід виділити три нові аспекти:

1. Відсутність необхідності первинних інвестицій в устаткування, що дозволяє запускати бізнес-проект, використовуючи невеликий об'єм ресурсів, і нарощувати їх відповідно до зростання потреб.

2. Ілюзія нескінченності комп'ютерних ресурсів, доступних за запитом, що робить непотрібним планування щодо нарощування та введення в експлуатацію нового устаткування.

3. Можливість платити за використані комп'ютерні ресурси в оперативно-короткострокові проміжки часу в межах їх використання (тобто процесорний час за годину, і зберігання даних по днях), вивільняти ресурси при втраті потреби в їх використанні, і таким чином уникати витрат на консервацію і супровід невживаних інформаційних та технічних ресурсів.

Всі три аспекти важливі, бо вони відображають ті необхідні умови, які зробили «хмарні обчислення» технічно і економічно можливими. Має сенс ще раз повторити, що технологічні можливості існували і раніше, проте потрібно було розробити і реалізувати нову схему продажу послуг для того, щоб виникла нова парадигма «хмарних обчислень». Хмарні обчислення (прилюдна форма), відрізняються від традиційних центрів трьома фундаментальними принципами [2] :

а) по-перше, надання послуг за запитом, метод мультиплексування запитів від декількох споживачів в загальний пул ресурсів, які динамічно розділяються;

б) по-друге, абсолютний розмір «хмар» істотно перевершує розміри традиційних центрів обробки даних, навіть потужних підприємств.;

в) по-третє, для традиційних центрів обробки даних шлях до зниження витрат – це консолідація і концентрація, в той же час як для хмар – це розподіл (ствердження справедливо, як для моделі «ПЗ-як-послуга», так і для моделей «платформа-як-послуга», «інфраструктура-як-послуга»). «Хмари» також отримують переваги за рахунок економічно вигідного географічного положення. «Хмари» будують в місцях з наявністю дешевої електроенергії, охолодження, землі, поряд з каналами зв'язку. Теоретично, компанії зі своїми власними центрами обробки даних, могли б побудувати їх в місцях, орієнтуючись на ті ж самі критерії. Проте історично, центри обробки даних компаній знаходяться зовсім в інших місцях: або поряд з основним виробництвом компанії, яке успадковане від попереднього власника, або через причини, що мали економічний сенс декілька десятиліть тому. «Хмари» будують сьогодні, і тому є можливість розташувати їх з врахуванням багаточисельних обставин, включаючи і екологічні причини.

**Цілі статті.** «Хмарні обчислення» є свого роду буфером для користувачів, при змінах вартості устаткування, тому слід чекати, що використання «хмари» може бути ефективнішим, ніж будівництво власного центру обробки даних. Саме тому метою статті є дослідження методів оцінки економічної ефективності моделі «хмарних обчислень» для використання її замість традиційної моделі IT-інфраструктури.

**Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Для того, аби оцінити економічну доцільність вживання «хмарної» моделі обчислень, і стати споживачем моделей вжитку «ПЗ-як-послуга», «платформа-як-послуга», або купувати комп'ютерну корисність, слід врахувати наступні обставини:

1. Модель «хмарних обчислень» істотно гнучкіша, ніж будь-яка інша модель вжитку комп'ютерних послуг, що означає можливість вживання адаптивної стратегії. А саме, для «хмарних обчислень» виникають досить широкі можливості виправлення ситуації, коли нам потрібно оцінити ризики ухвалення рішень на основі помилкових прогнозів. Такі широкі можливості виникають за рахунок еластичності цієї моделі.

2. Вартість апаратних рішень постійно знижується. Проте знижується нерівномірно за типами устаткування вартість ЦПП і пристроїв зберігання даних знижується швидше, ніж вартість використання комп'ютерних мереж[2]. У моделі «хмарних обчислень» користувач платить лише за фактичне використання корисності, в моделі традиційного центру обробки даних – за використання ресурсів устаткування.

В процесі ухвалення рішення необхідно ретельно оцінити очікуваний рівень середнього і пікового завантаження устаткування. Розрахувати варіанти вартості рішень, які використовуватимуться при піковому навантаженні і яка вартість експлуатації цих рішень при низькому навантаженні. Розрахувати операційну вартість, для аналогічних сценаріїв, для різних технологій «хмарних обчислень».

Для відповіді на питання слід проаналізувати витрати при традиційній і «хмарній моделі». У таблиці 1 проведено аналіз витрат при використанні ймовірних сценаріїв впровадження «хмарних» технологій на підприємстві. В першому сценарії додаток розробляється з нуля за традиційною моделлю. У другому випадку розробка спочатку ведеться на основі «хмарних» технологій. У

третьому випадку компанія вже має готове додаток і переводить його цілком в «хмари». У четвертому випадку продовжується використання існуючого традиційного програмного забезпечення без доопрацювання. У кожному випадку доводиться мати справу з разовими і періодичними витратами: перші мають місце тільки при розробці та впровадженні програми, а другі доводиться нести регулярно, доки програмний додаток не буде знято з експлуатації.

Згідно з даними таблиці, при розробці нових програм застосування традиційної моделі менш привабливо, ніж «хмарних» технологій. Якщо говорити про разові витрати, то «хмарні» технології вимагають більш високих витрат не тільки на розробку ПЗ, а і на закупівлю обладнання. При цьому в довгостроковій перспективі доведеться нести значні витрати, пов'язані з використанням власних обчислювальних потужностей (оплата оренди приміщення, рахунків за електрику та інтернет, заробітна плата співробітникам), які в сучасних умовах тільки зростатимуть.

Основні витрати при обслуговуванні ІТ-інфраструктури компанії – утримання власної служби експлуатації. Якщо сюди додати ще витрати на навчання, сертифікацію, закупівлю необхідних інструментів, то витрати наближаються до мільонів гривень. При цьому необхідно відзначити, що завантаження співробітників служби експлуатації в звичайному режимі порівняно невисоке: зайнятість співробітників високої кваліфікації, дорогих технічних фахівців протягом робочого дня не перевищує 30–35% часу [2].

Привабливість моделі «хмарних обчислень» тут так само є очевидною:

1. Для компаній–стартапів вартість однієї години власного центру обробки даних буде дуже високою, внаслідок великих витрат на закупівлю обладнання з нуля і набір кадрів;

2. Для сезонного бізнесу і бізнесу з великою дисперсією завантаження центрів обробки даних (наприклад, туроператори, онлайн-магазини, сфера побутових послуг);

3. Для бізнесу з низьким або погано передбачуваним завантаженням апаратних потужностей.

Якщо навантаження виявиться істотно нижче очікуваного, то компанії не доведеться переплачувати за простої потужності, а якщо вона перевершить очікування, то додати відсутні ресурси на «хмарному» майданчику буде істотно легше, ніж закупити додаткове обладнання для встановлення у власному центрі обробки даних.

Таблиця 1

Витрати при різних сценаріях впровадження хмарних технологій

Види витрат	Розробка нового додатку		Повна міграція додатків в хмарні технології	Продовження експлуатації додатку за традиційною моделлю
	за традиційною моделлю	За допомогою «хмарних» технологій		
<b>Разові витрати</b>				
На обладнання	Високі	Ні	Ні	Ні
На розробку або вдосконалення додатків	Високі	Високі	Середні	Ні
Утилізацію обладнання	Ні	Ні	Середні	Ні
навчання персоналу	Низькі, середні	Середні	Середні	Ні
<b>Періодичні витрати</b>				
на аренду хмарних сервісів	Ні	Середні	Середні	Ні
на технічну підтримку	Ні	Середні	Середні	Ні
заробітну плату співробітникам	Високі	Середні	Середні	Високі
аренду приміщення та інфраструктури	Високі	Ні	Ні	Високі

Розрахунок прибутку від впровадження моделі «хмарних обчислень» можливо проводити, використовуючи рівняння, запропоноване в [2]:

$$T_{hm} (P - C_{hm}) \geq T_{inf} \left( \frac{P - C_{inf}}{Z} \right) \quad (1)$$

Де  $T_{hm}$  — використані часи роботи в «хмарі»;

$P$  – прибуток;

$C_{hm}$  – вартість однієї години роботи «хмарі»

$T_{inf}$  – використані години роботи в традиційній ІТ-інфраструктурі підприємства;

$C_{inf}$  – вартість однієї години роботи традиційного IT-інфраструктурі підприємства;

$Z$  – середнє навантаження

Формула (1) має таке допущення, що приватна «хмара» також розглядається, як власна IT-інфраструктура, а під «хмарою» розуміються зовнішні «хмари» (тобто незалежні постачальники «хмарних» послуг). У лівій частині формули представлені доходи, які компанія може отримати, використовуючи модель «хмарних обчислень», в розрахунку на задані години роботи в «хмарі». Права частина формули, це доходи, які компанія може отримати при використанні власної внутрішньої IT-інфраструктури.

Різниця полягає в тому, що відповідно до формули 1 при використанні власної IT-інфраструктури слід враховувати фактор середнього завантаження потужностей. Наприклад, якщо потужності IT-інфраструктури використовуються тільки на 10%, то при розрахунку доходу вартість однієї години роботи такого центру обробки даних множать на 10, що знижує прибуток від цього варіанта.

Відзначимо, що в економічному відношенні ідеальний варіант, це коли значення середнього завантаження центру наближається до 1. [2]

Однак формула 1 не враховує наступні чинники:

1. Період, за який порівнюються доходи (ліва і права частини нерівності), повинен бути однаковий;

2. Стовідсоткове середнє завантаження на практиці є недосяжним (подібна ситуація свідчить про катастрофічне перевантаження потужностей, тому оптимальне завантаження потужностей IT-інфраструктури становить приблизно 60%);

3. У вартість однієї години роботи в IT-інфраструктурі підприємства вже одразу закладені надлишки ціни при завантаженні вище середнього. Незавантажене обладнання придбано, підключено, на нього закуповується і встановлюється програмне забезпечення, обладнання підтримується в робочому стані, споживає електроенергію;

4. Обслуговуючий персонал також найнятий з урахуванням всіх потужностей, а не реального завантаження, він отримує заробітну плату.

Таким чином, при розділенні витрат у розрахунку на одну годину роботи IT-інфраструктури підприємства на середнє

завантаження відповідно до формули 1, необгрунтовано збільшуються витрати на ІТ-інфраструктуру.

Щоб врахувати перелічені чинники, можна замінити вартість однієї години роботи ІТ-інфраструктури на середні витрати на використані потужностей ІТ-інфраструктура, тобто вартість середнього завантаження центрів обробки даних без урахування вартості змісту надлишків потужностей. Однак проблема в тому, що вартість використаних потужностей ІТ-інфраструктури не є очевидним параметром для компанії і вимагає обчислень, кількісні ж показники є тільки по всіх витратах на ІТ-інфраструктуру.

У зв'язку з викладеним вище пропонується наступне рівняння для розрахунку вигідності хмарних обчислень:

$$\left( \frac{P_{t_{hm}} - C_{t_{hm}}}{t_{hm}} \right) \geq \left( \frac{P_{t_{inf}} - C_{t_{inf}}}{t_{inf}} \right) \quad (2)$$

Де:

$P_{t_{hm}}$  – дохід з використанням хмарних послуг за період  $t_{hm}$  ;

$P_{t_{inf}}$  – дохід з використанням власної ІТ-інфраструктури за період  $t_{inf}$ ;

$C_{t_{hm}}$  – витрати на хмарні послуги за період  $t_{hm}$ ;

$C_{t_{inf}}$  – комплексні витрати на ІТ-інфраструктуру підприємства за період  $t_{inf}$ , що включають середню вартість комп'ютерного обладнання (початкова вартість обладнання, поділена на період всього циклу використання і помножена на період, який розглядається), а також вартість утримання власної ІТ-інфраструктури за той же період, з урахуванням заробітної плати співробітників, придбання програмного забезпечення і оплати рахунків.

В формулі 2, як і в формулі 1, ІТ-інфраструктура є власністю компанії, та не відноситься до хмарних обчислень, навіть якщо вона є настільки потужною, що володіє «хмарними» характеристиками (тобто є майже приватною «хмарою»). Причому, якщо є така можливість, то розрахунок краще вести за один і той же період, тоді він буде точнішим. Це досить легко зробити, якщо частина бізнесу працює з використанням власної інфраструктури, а частина – за допомогою постачальників хмарних послуг.

Впровадження хмарних технологій дозволяє не тільки повністю відмовитися від витрат, пов'язаних із закупівлею та подальшою експлуатацією власного обладнання, а й економити на заробітній платі тих співробітників, які переважно відповідали б за роботу обладнання,

а не додатків. Для існуючих систем застосування «хмарних» технологій дозволяє позбутися від періодичних витрат, пов'язаних з підтримкою власного обладнання. У цьому випадку мають місце витрати, пов'язані з переробкою програми та згортанням власного центру обробки даних. Залежно від конкретних завдань і умов кожної організації, найбільш доцільним в економічному плані може виявитися будь-який з описаних вище сценаріїв. Однак використання хмарних технологій привабливе тим, що дозволяє вивільнити частину коштів, які пішли б на рішення ІТ-задач, не за напрямками основного бізнесу.

**Висновки.** Аналіз економічної привабливості хмарних обчислень у зовнішній хмарі явно відображає економічні переваги в порівнянні з традиційною моделлю, яка передбачає розміщення обчислювальних потужностей на власному майданчику. Це особливо справедливо для стартапів, бізнесу з нерівномірним або слабо передбачуваним завантаженням, коли неможливо передбачити максимально можливе навантаження при зростанні або зменшенні обсягу бізнесу, перехід на нові види діяльності, що в свою чергу також створює необхідність переоснащення інфраструктури. У разі непередбачувано великих навантажень у відсутності швидкої можливості масштабування хмарні сервіси можуть врятувати від істотних збитків або навіть втрати бізнесу.

1. Глобальний індекс розвитку хмарних технологій за період з 2010 до 2015 р. (Cisco Global Cloud Index, 2010 — 2015). [http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns1175/networking\\_solutions\\_sub\\_solution.html](http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns1175/networking_solutions_sub_solution.html)
2. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing / M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A.D. Joseph and al. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley. Technical Report No. UCB/EECS-2009-28. <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html>. February 10, 2009.