

5. Стоян В.А. Про моделювання задач динаміки гіперболічних систем / В. А. Стоян, С. Д. Волощук // Доповіді Національної академії наук України. — 2003. — № 2. — С. 71-77.

6. Стоян В.А. Математичне моделювання лінійних, квазілінійних і нелінійних динамічних систем : монографія / В. А. Стоян. — К.: Київський університет, 2011. — 320 с.

7. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. — М. : Наука, 1966. — 576 с.

УДК 330.46

Камінський О. Є.,
к.е.н, доцент кафедри
інформаційного менеджменту

АДАПТАЦІЯ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ СУКУПНОЇ ВАРТОСТІ ВОЛОДІННЯ (ТСО) ДЛЯ СЕРВІСІВ «ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ»

АННОТАЦИЯ. Целью статьи является совершенствование формальной математической модели расчета совокупной стоимости владения (ТСО) для анализа сервисов «облачных вычислений». Рассмотрена специфика облачных вычислений и сформулирована проблема оценки затрат перехода на парадигму облачных вычислений. После проанализированных недостатков существующих моделей и методов выявлена необходимость к проведению дальнейших исследований по развитию и детализации методов расчета совокупной стоимости владения для облачных ИТ-сервисов.

Ключевые слова: информационные технологии, компьютерные услуги, облачные вычисления.

ABSTRACT. The aim of the article is to improve the formal mathematical model for calculating the total cost of ownership (TCO) analysis services «cloud computing». The specific features of cloud computing and formulated the problem of estimating the cost of transition to the cloud computing paradigm. After analyzed the shortcomings of existing models and methods identified the need for further research on the development and detailing methods of calculating total cost of ownership for IT cloud services.

Key words: information technology, computer services, cloud computing.

Одним із сучасних напрямів підвищення ефективності використання інформаційних технологій є перехід до концепції «хмарних обчислень». Але парадигма «хмарних обчислень» містить досить факторів ризику, наприклад, так звані *приховані витрати* [1], які дискредитують існуючі переваги. Таким чином, підпри-

ємства повинні вести додатковий аналіз прямих і непрямих витрат для пом'якшення певних факторів ризику і бути в курсі факторів, які можуть впливати на витрати.

Постановка проблеми. Для розрахунку фінансових витрат на ІТ беруться витрати, тим чи тим чином пов'язані з ІТ: зарплата співробітників ІТ-відділу, придбання обчислювальної техніки, комплектуючих, витратних матеріалів і т.д. Strebel і Stage [2] розробили економічну модель, яка порівнює витрати на внутрішню ІТ-інфраструктуру (витрати на сервери і системи зберігання даних) і зовнішню, яка надається за допомогою сервісу «хмарних обчислень» (плата за годину використання CPU, часу персоналу, сховища, витрати Інтернет-провайдера та вхідних і вихідних витрат на передачу даних). Їх першим відкриттям було те, що «хмарні обчислення» є більш рентабельними, і більшість бізнес-додатків і процесів готові до переходу на використання сервісів «хмари». Але вони вважають, що економічна ефективність зменшується з збільшенням числа віртуалізованих додатків, так як внутрішні сервери організацій можуть бути використані більш ефективно. Однак вони дійшли висновку, що застосування «хмарних обчислень» є вигідним через високі потреби у зберіганні великих обсягів даних.

Аналіз витрат і вигод проводився також у роботі Д. Кондо [3], яка була сфокусована на моделі «IaaS». Аналіз вигод концентрується на продуктивності системи. Його загальний висновок, що в довгостроковій перспективі запропоновані «хмарні обчислення» є економічно більш вигідними, але вимагають високих стартових інвестицій.

Результати систематичного огляду наукових досліджень вказують, що тема ТСО в концепції «хмарних обчислень» не обговорюється широко. Наприклад, деякі фахівці в цій галузі стверджують, що точний і всебічний підхід ТСО для «хмарних обчислень» є важливим, так як це може привести до значного зниження сукупної вартості володіння і відповідних факторів ризику [4]. Втім вони не забезпечують додаткову інформацію про те, як розробити таку модель або інструмент. Таким чином, вдосконалення комплексної моделі ТСО, яка застосовується для моделей IaaS, PaaS і SaaS, фокусується на особливостях таких моделей обслуговування і включає в себе широкий спектр видів витрат і факторів є необхідною для розвитку інноваційної парадигми «хмарних обчислень».

Мета статі. Метою статті є вдосконалення формальної математичної моделі розрахунку сукупної вартості володіння (ТСО)

для аналізу сервісів «хмарних обчислень». ТСО є одним із найважливіших економічно орієнтованих підходів, який широко розповсюджений у науці і практиці.

Матеріали і результати досліджень. Розглянемо структуру прикладних витрат. Структура витрат та ідентифікація типів витрат були сформульовані на основі даних про роботу реальних послуг хмарних обчислень і наукових праць. У табл. 1 наведено аналіз різних виявлених типів витрат, які представляють окремі фази процесу прийняття рішень, і відповідні чинники витрат, які є унікальними за товаром або типом витрат [9].

Таблиця 1

ТИПИ ВИТРАТ

Тип	Опис
Стратегічне рішення: Вибір сервісів «хмарних обчислень» і типу «хмар»	Стратегічне рішення про пошук хмари: аналіз IT-інфраструктури та бізнес-додатків, аналіз показників ефективності, вибір інструментів; вибір типу «хмарного сервісу» (IaaS, PaaS, SaaS або комбінації); вибір типу «хмари» (публічна, приватна і гібридна хмара); визначення вимог до обслуговування (апаратна конфігурація для IaaS, мовна підтримка програмування для PaaS і функціональність для SaaS)
Оцінка і вибір провайдера «хмари»	• Процес пошуку постачальників, що пропонують потрібну послугу, відповідно до раніше визначених вимог. • Оцінка сервісів і їх аналіз: оцінка функціональних можливостей «хмарних обчислень»; виявлення найкращої альтернативи. • Оцінка постачальника і аналізу рівня QoS: визначення репутації провайдера, аналіз угод про рівень обслуговування (якість обслуговування QoS) і вимог до безпеки
Плата за обслуговування	Схеми ціноутворення залежать, як від виду послуг, так і від конкретних постачальників. Плату за обслуговування може бути розраховано на основі схеми ціноутворення
Реалізація, конфігурації, інтеграції та міграція	• Впровадження та налаштування служб, у тому числі, авторизації доступу (створення груп і користувачів, призначення їм конкретних прав). • Інтеграція або злиття з іншими системами і бізнес-процесами. Це включає в себе можливість злиття двох «хмар» у гібридну «хмару». • Міграція системи (портування даних)

Тип	Опис
Підтримка	Телефон, адреса електронної пошти і підтримка через форум, твіттер.
Початкове і постійне навчання персоналу	Внутрішнє (власними співробітниками) або зовнішнє навчання: Навчання користувачів та адміністративний тренінг
Технічне обслуговування та модифікації	• Модифікація сервісів, щоб гарантувати працездатність • Тестування працездатності сервісів; налаштування параметрів; зміни тарифів • Моніторинг і звітність. • Управління рівнем обслуговування: перевірка виконання постачальником контрактних зобов'язань (аспекти якості обслуговування)
Системні помилки	• Втрата робочого часу • Штрафні санкції за непостачання послуг • Втрата репутації
Backsourcing, відкат системи назад	• Портування даних із «хмари» • Відновлення системи

Розглянемо цінові схеми «хмарних обчислень», тобто проведемо аналіз схем ціноутворення «хмарних обчислень» окремо для моделей обслуговування «IaaS», «PaaS» і «SaaS». Аналіз ґрунтується на даних з літературних джерел, які описують основні фактори вартості [3, 5].

Починаючи з моделі «IaaS» стає очевидним, що на ринку існує широкий спектр різних схем ціноутворення. В основному можна виділити три різні схеми ціноутворення: безкоштовні послуги, комплекті пакетів послуг, та ціноутворення яке залежить від використання. Крім того, категорію ціноутворення яке залежить від використання можна поділити на ціноутворення «на одного користувача» і ціноутворення на основі базових компонентів. Тип доступу до послуг також є суб'єктом цінової політики провайдера «хмари». Нарешті, схеми ціноутворення моделі «SaaS» можна поділити на дві категорії: «безкоштовно» (без реєстрації і з обов'язковою реєстрацією) і «готовий комплект за фіксованою щомісячною оплатою». Порівняно з «IaaS» і «PaaS» схемами ціноутворення «SaaS» моделі є досить простим. Вартість повного пакету залежить від сфери послуг «хмари», враховуючи число користувачів. Наприклад, кілька послуг «хмари», що надаються провайдером Google взагалі безкоштовні.

Щоб відповідати вимогам прозорості моделі ТСО, у першу чергу треба визначити вартісні фактори, які впливають на типи

витрат, а потім представити загальний вигляд основної формули, яка застосовується для кожного типу витрат. Співвідношення факторів витрат F до певних типів витрат t подані в табл. 2.

Таблиця 2

ТИПИ ВИТРАТ І ПОВ'ЯЗАНІ З НИМИ ФАКТОРИ ВАРТОСТІ

Тип витрат	Фактор вартості
Стратегічні рішення: Вибір провайдера «хмари» і типа «хмари» (<i>SR</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>), консалтингові послуги (<i>cns</i>), інформація для прийняття рішень (<i>inf</i>)
Оцінка і відбір послуг (<i>EV</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>), консалтингові послуги (<i>cns</i>), інформація для прийняття рішень (<i>inf</i>)
Плата за обслуговування IaaS (<i>claaS</i>)	Обчислювальна потужність (<i>cp</i>), обсяг сховища (<i>stor</i>), вхідний трансфер даних (<i>itd</i>), вихідний трансфер даних (<i>otd</i>), вхідний трансфер даних провайдера (<i>ipdt</i>), кількість запитів (<i>q</i>), домен (<i>dom</i>), SSL сертифікат (<i>ssl</i>), ліцензія (<i>lic</i>), основний збір за обслуговування (<i>ozo</i>)
Плата за обслуговування PaaS (<i>cPaaS</i>)	Залежні від користувача основні витрати (<i>user</i>), обсяг сховища (для команди розробників) (<i>stor</i>), вхідний трансфер даних (<i>itd</i>), вихідний трансфер даних (<i>otd</i>), вхідний трансфер даних провайдера (<i>ipdt</i>), додатковий обсяг сховища даних користувача (<i>updates</i>), додатковий обсяг сховища документів (<i>updocs</i>), запити до інтерфейсу прикладного програмування (<i>api</i>), поштові повідомлення (<i>e-mail</i>), бази даних (<i>bd</i>), забезпечені логіни (<i>login</i>), зв'язок з додатками інших постачальників (<i>intpr</i>)
Плата за обслуговування SaaS (<i>cSaaS</i>)	Доступ до системи послуг (<i>cds</i>), користувач (<i>user</i>)
Реалізація, конфігурація, інтеграція і міграція (<i>rcim</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>), процес перенесення (<i>port</i>)
Підтримка (<i>supp</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>), витрати на підтримку (<i>sc</i>), рішення проблем (<i>prob</i>)
Початкове і постійне навчання (<i>educ</i>)	Час підготовки внутрішніх співробітників (<i>teduc</i>), час участі внутрішніх співробітників в навчанні (<i>tlect</i>), інструктивні матеріали (<i>ins</i>), зовнішні консалтингові послуги (<i>cns</i>)
Технічне обслуговування та модифікація (<i>tech</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>)
Системні помилки (<i>sfail</i>)	Збитки за період (<i>zbt</i>)
Backsourcing, відкат системи назад (<i>bsv</i>)	Витрати часу (<i>vt</i>), процес перенесення (<i>port</i>)

Абревіатури з факторів витрат також застосовуються в математичній моделі. Щоб перетворити цей результат у математичний опис, визначимо, що тип витрат $t \in T$, якщо $T = \{sr, ev, claaS, cPaaS, cSaaS, rcim, supp, educ, tech, sfail, bsv\}$. Крім того фактор вартості $f \in F$, якщо $F = \{vt, cns, inf, cp, stor, itd, otd, ipdt, q, dom, ssl, lic, ozo, user, updat, updocs, api, e-mail, bd, login, intrpr, cds, vt, port, sc, prob, teduc, tlect, ins, zbt\}$. Для моделі ми припускаємо, що ТСО «хмарних» сервісів еквівалентна сукупності всіх видів витрат:

$$TCO_{\text{хмар}} = \sum C^t, \text{ якщо } t \in T. \quad (1)$$

Надалі, загальний обсяг типу затрат t (показаний в експоненті) дорівнює загальній сумі всіх залучених факторів вартості f (показаних в індексі) (див. формулу 2).

$$C^t = \sum C_{f,i}^t, \text{ якщо } t \in T, f \in F. \quad (2)$$

Розглянемо повний період часу, протягом якого «хмара» буде використана або вже використовується відповідно. Цей період поділяється на кілька облікових періодів i . Як правило, кожен такий період включає один місяць, так як саме цей період часу найчастіше обумовлений провайдером в договорах. Весь період часу складається з n періодів (див. формулу 3).

$$C_f^t = \sum_i^n C_{f,i}^t, \text{ якщо } i = \{1, \dots, n\}, t \in T \text{ та } f \in F. \quad (3)$$

Крім того, ми вводимо змінну $a_{f,i}^t$, яка представляє собою спожиту або необхідну чисельність у період i та $p_{f,i}^t$, яка характеризує питомі витрати або ціни:

$$C_{f,i}^t = a_{f,i}^t \cdot p_{f,i}^t. \quad (4)$$

Стратегічні рішення про виборі «хмари» (SR). Вибір провайдера «хмари» і типу «хмари» (sr) — це витрати, пов'язані з прийняттям стратегічних рішень щодо переходу на «хмарні обчислення» та вибором відповідних «хмар», які розташовуються залежно від витрат часу (vt), необхідного для прийняття рішень (у грошовому еквіваленті), витрати для здобуття інформації, на якій може бути засноване прийняття рішення (inf), у тому числі аналіз наукової літератури та дослідження ринку, а також витрати на зовнішні консультаційні послуги (cns). Зведені витрати часу є сумою загальних витрат часу всіх залучених до проекту

співробітників. Вона визначається способом множення погодинної $p_{vt,m}^{sr}$ заробітної плати працівника, витрат часу $a_{vt,m}^{sr}$ і розраховується ця сума по всіх залучених співробітниках m :

$$C_{vt}^{sr} = p_{vt,m}^{sr} \cdot a_{vt,m}^{sr}. \quad (5)$$

Витрати для прийняття рішень надбавляються в періоди $i < 1$. Крім того, загальна вартість придбаних інформаційних матеріалів C_{inf}^{sr} може бути описана як сукупність цін всіх придбаних матеріалів. Нарешті, витрати на консультаційні послуги C_{cns}^{sr} рахуються в цілому, як показано у (3).

І отже, фактори вартості типа витрат (sr) повністю розраховуються за формулою

$$C^{sr} = C_{vt}^{sr} + C_{cns}^{sr} + C_{inf}^{sr}. \quad (6)$$

Оцінка і відбір послуг «хмари» (EV). Витрати, що викликані процесом оцінки та вибору провайдерів «хмари» залежать від кількості часу, який співробітники інвестували в цей процес (vt) і від витрат на зовнішніх консультантів, які підтримують цей процес (cns). Розрахунки C_{vt}^{ev} і C_{cns}^{ev} є аналогічними до розрахунку змінних C_{vt}^{sr} і C_{cns}^{sr} (див. (5)).

Плата за обслуговування для моделі «IaaS» (cIaaS). Для *IaaS* плата за обслуговування залежить від факторів вартості f , які представлені в табл. 2. Витрати в конкретному періоді для використання обчислювальних потужностей розраховуються шляхом множення кількості використаних процесорів $a_{cp,i}^{cIaaS}$ за період i на ціну одного обчислювального пристрою $p_{cp,i}^{cIaaS}$ за період i . Ціна змінюється залежно від конкретних характеристик системи, таких як обсяг RAM, кількість обчислювальних блоків, обсяг сховища даних (у Гб), варіант операційної системи (Linux або Windows) і платформа (32-біт або 64-біт). Загальні витрати на цей фактор вартості є результатом додавання всіх вимушених витрат за всі періоди n :

$$C_{cp}^{cIaaS} = \sum_{i=1}^n p_{cp,i}^{cIaaS} \cdot a_{cp,i}^{cIaaS}. \quad (7)$$

Це схема розрахунку застосовується також для витрат щодо сховища даних ($stor$), вхідного трансферу даних (itd), вихідного трансферу даних (otd), вхідного трансферу даних провайдера

(*ipdt*) до інших веб-сервісів одного і того ж постачальника, і запитів (*q*). Загальні витрати на домени (*dom*), сертифікати SSL (*ssl*), ліцензії на програмне забезпечення (*lic*) та основну плату за послуги (*ozo*), визначаються шляхом множення кількості використаних періодів *n* на відповідну ціну p_f^t фактора витрат *f* відповідного типу вартості *t*, за формулою:

$$C_{dom}^{claaS} = n \cdot p_{dom}^{claaS}. \quad (8)$$

Плата за обслуговування для моделі PaaS (cPaaS). Знову ж таки для цієї моделі «хмари» застосовуються фактори вартості для типу витрат *cPaaS*. По-перше, ціни на послуги залежать від базових договорів користувачів і нараховуються за період *i*. Однак ці витрати не можуть перевищувати максимальну величину $C_{userMax}^{cPaaS}$ за період *i*:

$$C_{userMax}^{cPaaS} = \sum_{i=1}^n C_{user,i}^{cPaaS} = a_{user,i}^{cPaaS} \cdot p_{user,i}^{cPaaS}, \text{ якщо } C_{user,i}^{cPaaS} \leq C_{userMax}^{cPaaS}. \quad (9)$$

Обсяг сховища даних для всієї системи зберігання визначається $C_{stor,i}^{cPaaS}$ і розраховується так само, як і для *IaaS*:

$$C_{stor}^{cPaaS} = p_{stor,i}^{claaS} \cdot a_{db,i}^{claaS}. \quad (10)$$

Те саме стосується і витрат на здійснення вхідного та вихідного трансферу даних. Основний збір за обслуговування $C_{user,i}^{cPaaS}$ дає право кожному користувачеві на певний обсяг сховища даних і сховища документів, що залежить від обсягів контракту. Це сховище користувач може збільшити за додаткову плату на період *i*

$$C_{updates}^{cPaaS} = \sum_{i=1}^n p_{user,i}^{cPaaS} \cdot a_{updates,i}^{cPaaS}. \quad (11)$$

Витрати на запити до API можуть бути визначені за допомогою формули

$$C_{api,i}^{cPaaS} = p_{api,i}^{claaS} \cdot a_{api,i}^{claaS}. \quad (12)$$

Таким чином, формула для розрахунку загальних витрат факторів вартості обчислювальних потужностей є однаковою для *PaaS* і *IaaS*. Витрати на бази даних (*bd*), забезпечені логіни (*login*) та з'єднання (*intpr*) з програмними додатками інших провайдерів

може бути розрахована способом множення кількості входжень кожного фактора вартості f за період i відповідної ціни $p_{f,i}^t$:

$$C_{db,i}^{cPaaS} = \sum_{t=1}^n p_{db,i}^{cIaaS} \cdot a_{db,i}^{cIaaS}. \quad (13)$$

Плата за обслуговування моделі SaaS (cSaaS). Витрати для SaaS часто визначаються на основі ціни на доступ до «хмари» за період $p_{cds,t}^{cSaaS}$. Крім того, вони також можуть залежати від числа користувачів $a_{cds,t}^{cSaaS}$. Загальні витрати за період залежить від фактора вартості cds і дорівнює загальній сумі всіх витрат, викликаних цим фактором за всі періоди n :

$$C_{cds}^{cSaaS} = \sum_{i=1}^n p_{user,i}^{cSaaS} \cdot a_{cds,i}^{cSaaS}. \quad (14)$$

Загальна вартість плата за послуги моделі SaaS дорівнює сумі загальних витрат за всіма індивідуальними чинниками типів витрат f . У зв'язку з тим, що типи вартості $cSaaS$ залежить тільки від одного фактора вартості, загальні витрати на плату за обслуговування для SaaS можуть бути визначені, як

$$C^{cSaaS} = \sum_f C_f^{cSaaS} = C_{user}^{cSaaS}. \quad (15)$$

Реалізація, конфігурація, інтеграція і міграція служб і даних (rcim). Загальні витрати на цю статтю витрат залежать від витрат часу (vt), на виконання необхідних завдань при реалізації, конфігурації, інтеграції та міграції служб і даних «хмари». Важливим фактором витрат у цій категорії є необхідність портування даних від клієнта до провайдера ($port$). Як уже згадувалося, провайдери навантажують вхідний трансфер даних для своїх клієнтів.

Витрати за первісний трансфер даних у «хмару» з метою міграції системи належать саме до цього типу витрат. Вони розраховуються шляхом множення обсягу даних за одиницю (тобто гігабайт) за ціною одного блоку даних. Деякі провайдери пропонують послуги доставки жорсткого диска для перенесення даних клієнта в «хмару». Втім цей підхід не зосереджується на обсязі даних, а орієнтований на кількість жорстких дисків і час завантаження даних. Фактор вартості «портування» не ставиться в залежність від тимчасових цінових зрушень, оскільки передбачається, що даний процес може бути завершено протягом одного періоду t .

$$C_{port}^{rcim} = p_{port}^{rcim} \cdot a_{port}^{rcim}. \quad (16)$$

Витрати часу C_{port}^{rcim} розраховуються аналогічно за формулою (3).

Підтримка клієнтів (supp). Тип витрат «Підтримка» залежить від вартості допоміжних послуг по телефону, електронній пошті, використання інтернет-форумів або чатів. Передбачається, що клієнт має доступ до Інтернету завжди, а не тільки для технічної підтримки. Тому цей тип витрат залежить від витрат часу (vt), необхідних для взаємодії з допоміжним персоналом. Деякі провайдери стягують платню з користувачів на основі витрат часу, необхідного для вирішення проблем користувача та підтримки. Фактор вартості C_{vt}^{supp} розраховується, як описано в загальній формулі (3). Загальні витрати на підтримку можуть бути визначені шляхом множення ціни одиниці послуги на загальну кількість одиниць ($C_{sc}^{supp} = a_{sc}^{supp} \cdot p_{sc}^{supp}$). Крім того, витрати на вирішення проблем залежить від кількості споживаних одиниць послуг, і ціни за одиницю послуг ($C_{prob}^{supp} = a_{prob}^{supp} \cdot p_{prob}^{supp}$).

Початкове і постійне навчання співробітників (educ). Загальні витрати за типом витрат «початкове та постійне навчання» можна розділити на внутрішнє навчання (наприклад, співробітники в якості тренерів) і зовнішнє навчання (навчальні курси сторонніх зовнішніх компаній). Може бути кілька одночасно внутрішніх і зовнішніх тренінгів. Витрати, пов'язані з внутрішнім навчанням залежать від кількості часу на підготовку, інвестованого в одного або кількох працівників ($teduc$), кількості часу, витраченого співробітниками-тренерами ($tlect$) і вартості інструкційних матеріалів (ins)

$$\begin{aligned} C_{внутр}^{educ} &= \sum C_{teduc,m}^{educ} + \sum C_{tlect,m}^{educ} + C_{ins,m}^{educ} = \\ &= \sum (p_{teduc,m}^{educ} \cdot a_{teduc,m}^{educ}) + \sum (p_{tlect,m}^{educ} \cdot a_{tlect,m}^{educ}) + C_{ins}^{educ}. \end{aligned} \quad (17)$$

Витрати, пов'язані з зовнішнім навчанням розраховуються аналогічно.

Технічне обслуговування та модифікація (tech). Цей тип витрат залежить від витрат часу (vt) для базового технічного обслуговування та модифікацій, внесених до реалізації «хмари» C_{vt}^{tech} . Фактор вартості «перемикання тарифів» також включений у формулу. Якщо ціни змінилися у зв'язку зі зміною тарифу, нові значення для p_{fi}^{tech} необхідно буде змінити для цього типу витрат

і відповідного періоду часу i . Зміна провайдера «хмари» визначається так само аналогічно, як реалізації нової «хмари» i , відповідно, не входить у формальну модель. Розрахунок витрат часу (vt) для відповідних задач проводиться за формулою 4.

Системні помилки (sfail). Наслідки збою системи сильно залежать від взаємопов'язаності послуг «хмари» і бізнес-процесів клієнта та їх значимості для бізнес-цілей компаній. Отже, загальна сума витрат на потенційні відмови системи має бути визначена для кожної компанії індивідуально. Можливі фактори вартості є, наприклад, втрата продуктивного робочого часу, вказані у контракті штрафи за затримку або збитки для репутації компанії, які важко оцінити. Таким чином, можна вивести загальну формулу, яка представляє збиток на період (zbt):

$$C_{zbt}^{sfail} = \sum_{i=0}^n p_{zbt,i}^{sfail} \cdot a_{zbt,i}^{sfail}. \quad (18)$$

Backsourcing, відкат системи до початкового стану (bsv). Backsourcing системи включає витрати на перенесення даних назад з «хмари» ($port$), а також певні витрати часу для цього (vt). Однак витрати, викликані перенесенням даних в іншу «хмару» або при переході до іншої системи, є частиною сукупної вартості володіння новою системою обслуговування, а не частиною сукупної вартості володіння попереднього «хмарного» сервісу. Витрати визначаються так само, як і витрати на портування даних в «хмару» ($C_{port}^{bsv} = a_{port}^{bsv} \cdot p_{port}^{bsv}$) і також залежать від необхідних витрат часу, для стратегічного рішення можна зробити так: $C_{vt}^{bsv} = \sum a_{vt,m}^{bsv} \cdot p_{vt,m}^{bsv}$.

Висновки. Аналіз відповідних статей витрат і факторів сервісів «хмарних обчислень» є важливим елементом щодо прийняття рішень у використанні «Cloud Computing». У результаті дослідження ми виявили, що процес оцінки і вибору провайдера «хмари» часто проводиться безсистемно і не вистачає наукових методів, щоб системно підійти до цього питання. Запропонований удосконалений метод дає можливість проаналізувати непрямі і приховані витрати при переході на парадигму «хмарних обчислень». Також даний метод враховує питання безпеки та управління ризиками аспектів «хмарних обчислень». Тим не менш, підхід ТСО слід розглядати як одну з частин комплексного управління ІТ витратами і в якості лише додаткового методу для оцінки провайдерів «хмар», оскільки даний підхід не враховує

якісні або функціональні аспекти «хмарних обчислень». Подальші дослідження зможуть вирішити зазначені проблеми.

Література

1. *Martens, B; Pöppelbuß, J; Teuteberg, F.* (2011): Understanding the Cloud Computing Ecosystem: Results from a Quantitative Content Analysis. Proceedings of the 10th International Conference on Wirtschaftsinformatik.
2. *Strebel, J; Stage, A.* (2010): An economic decision model for business software application deployment on hybrid Cloud environments. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik.
3. *Kondo, D; Javadi, B; Malecot, P; Cappello, F; Anderson, DP* (2009): Cost-Benefit Analysis of Cloud Computing versus Desktop Grids. Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing.
4. *Ellram, LM; Siferd, SP* (1998): Total cost of ownership: A key concept in strategic cost management decisions. *Journal of Business Logistics* 19(1):55-84.
5. *Rimal, BP; Choi, E; Lumb, I* (2009): A Taxonomy and Survey of Cloud Computing Systems. 2009 Fifth International Joint Conference on INC IMS and IDC.

УДК: 330.51(075)

Катуніна О. С., докторант

кафедри економіко-математичного моделювання,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ КОНКУРЕНЦІЇ НА ЗОВНІШНЬОМУ РИНКУ

АНОТАЦІЯ. У роботі проаналізовано сучасні підходи до розробки інструментарію прогнозування процесів насичення споживчого ринку. За допомогою моделі Вольтерра взаємодії видів досліджено можливі наслідки конкуренції однотипної промислової продукції двох країн на світовому ринку. Аналіз виконано із використанням якісної теорії диференціальних рівнянь. Встановлено, що в більшості випадків одночасна присутність на ринку конкуруючої продукції не може існувати протягом тривалого часу. Встановлено зв'язок між параметрами системи, при яких виникає можливість керувати наслідками конкуренції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: конкуренція, моделі Вольтерра, якісна теорія диференціальних рівнянь.

Аннотация. В работе проанализированы современные подходы к разработке инструментария прогнозирования процессов насыщения потре-