

УДК 378.174:004.588

**Олексюк Василь Петрович**

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики та методики її викладання  
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,  
м. Тернопіль, Україна  
oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua

## ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕЛІ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВНЗ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ APACHE CLOUDSTACK

**Анотація.** У статті розглянуто поняття, пов'язані з застосуванням хмарних технологій у навчальному процесі. Запропоновано модель хмарної інфраструктури вищого навчального закладу. Сформульовано концептуальні положення її проектування, які стосуються змістово-методичних та технологічних вимог. Обґрунтовано доцільність розгортання складених мереж у хмарній інфраструктурі, а також застосування гібридної моделі розгортання хмарних технологій. Описано досвід розгортання корпоративної хмари на основі платформи CloudStack. Наведено схему організації фізичних складників хмарної інфраструктури (гіпервізори, фізичні та віртуальні мережі, маршрутизатори, контролер домена, VPN-сервер).

**Ключові слова:** хмарні технології; хмарна інфраструктура; гібридна хмара; мережні технології; корпоративна хмара; віртуальні хмарні лабораторії; Apache Cloudstack.

### 1. ВСТУП

Протягом останніх років електронне навчання стало однією з найпопулярніших освітніх технологій. За цей час науковцями, педагогами, програмістами були створені засоби, що посідають чільне місце у системі підтримки е-навчання: електронні підручники, експертні системи, електронні навчально-методичні комплекси, системи управління навчанням (LMS), масові відкриті онлайн курси тощо. Визначальною рисою усіх згаданих засобів є надання доступу до навчальних ресурсів через мережу Інтернет. Технологічною основою сучасних засобів навчання є мережні технології, розвиток яких відбувається у напрямі надання віддаленого доступу до інформаційних (навчальних) та обчислювальних ресурсів. Існуючі інформаційно-освітні ресурси активно розвиваються, стрімко розширюється коло їх користувачів, подальшого розвитку набувають засоби, технології, інфраструктури корпоративних комп'ютерних мереж[4]. Зокрема, трендом сьогодення у галузі інформаційних технологій є доступ та використання обчислювальних ресурсів за вимогою (on-demand computing). Зазначений підхід описує концепція хмарних технологій. Ця концепція змінює існуючі уявлення щодо організації доступу та інтеграції додатків, тому виникає можливість управління більшими інформаційними інфраструктурами, у яких можна створювати і використовувати як індивідуальні, так і колективні "хмари" [3].

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Теоретичні аспекти інформатизації освіти, зокрема розроблення та застосування комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання досліджені у працях В.Ю. Бикова, А.М. Гуржія, М.І. Жалдака, В.М. Кухаренка, А. Ф. Манако, Н.В. Морзе, Л.Ф. Панченко, С.А. Ракова, Ю.С. Рамського, О.М. Спіріна, С.О. Семерікова, Є.М. Смирнової-Трибульської, О.В. Співаковського, Ю.В. Триуса та інших.

Проблемам застосування технологій хмарних обчислень та систем відкритого доступу в освіті присвячено низку робіт вітчизняних та зарубіжних науковців: В.Ю. Бикова, О.Г. Глазунової, Н.В. Морзе, О.М. Спіріна, М.П. Шишкіної, Б. Гірша

(B. Hirsch), А. Лабус (A. Labus) М. Мірцеї (M. Mircea), В. Роя (W Roy), Х. Вонга (Wang H.), С. Йогоями (S Yokoyama) та інших.

Чимало науковців [2], [5], [6], [9], [11], зазначають, що використання хмарних технологій створює передумови для забезпечення відкритості та повсюдності навчального процесу.

При цьому постає методична проблема створення хмаро-орієнтованого середовища вищого та загальноосвітнього навчального закладів. Під хмаро-орієнтованим середовищем ВНЗ розуміємо середовище діяльності учасників освітнього і наукового процесів, в якому для реалізації комп'ютерно-процесуальних функцій (змістово-технологічних та інформаційно-комунікаційних) цілеспрямовано розроблена віртуалізована комп'ютерно-технологічна (корпоративна або гібридна) інфраструктура [12, с. 9]. О.Г. Глазунова розглядає поняття «академічна хмара університету» як хмаро-орієнтоване електронне освітнє середовище навчального закладу, що є поєднанням технічних, програмно-технологічних, інформаційних ресурсів та сервісів, які функціонують на основі технологій хмарних обчислень і забезпечують навчальну діяльність студентів університету за допомогою локальної мережі навчального закладу та Інтернет-мережі [5, с. 16]. До базових характеристик хмаро-орієнтованого середовища належать самообслуговування, широкий доступ до мережі, об'єднання ресурсів, широка еластичність, вимірювання обслуговування, а також гнучкість, структурованість, інтерактивність, персоналізація та врахування вмотивованості [6, с. 11].

За умов створення хмаро-орієнтованого освітнього середовища розширюються межі доступу до якісних електронних ресурсів, що мають такі інноваційні характеристики, як адаптивність, мобільність, вільний мережний доступ, уніфіковану інфраструктуру, забезпечення універсального підходу до роботи [11]. Застосування хмарних обчислень у процесі навчання інформатичних дисциплін дає можливість віртуалізувати об'єкт вивчення, зробити його однаково доступним для всіх студентів, забезпечити підтримку та контроль з боку викладача. Ефективним засобом активізації науково-дослідницької діяльності є хмарні інформаційно-аналітичні технології [9].

**Метою статті** є проектування моделі ІТ-інфраструктури на основі хмарних технологій та аналіз досвіду розгортання корпоративної хмари в ІТ-інфраструктурі фізико-математичного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

## 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час дослідження використовувались такі методи: аналіз науково-технічної літератури у галузі хмарних технологій та їх впровадження у навчальний процес, моделювання та проектування академічної хмари ВНЗ.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Аналіз основних понять дослідження

Як було зазначено у статті ІТ-інфраструктуру можна розглядати як [7] інформаційну систему програмних, обчислювальних і телекомунікаційних засобів, а також організаційного та методичного забезпечення, що реалізує надання інформаційних, обчислювальних, телекомунікаційних ресурсів та послуг усім учасникам навчального процесу. На сучасному етапі розвитку інформаційно-

комунікаційних технологій, практично всі компоненти IT-інфраструктури можуть бути подані (мігровані) на хмарні платформи. Відповідно чимало вчених у галузі комп'ютерно-орієнтованих систем навчання вважають, що універсальною моделлю розгортання академічних хмар є комбінована (гібридна). Ми вважаємо, що перспективним напрямом впровадження хмарних технологій у вищих навчальних закладах є розгортання корпоративних хмар. Це з одного боку створить можливості для агрегування обчислювальних ресурсів, підвищення еластичності їх використання, а з іншого дозволить розмежувати їх залежно від навчального чи виробничого призначення.

У моделі академічної хмари будемо передовсім розглядати змістово-методичний та технологічний компоненти. Природно, що зміст навчання визначає технологічні вимоги до інформаційної системи. Проектована модель виконує подвійну роль: вона одночасно є засобом пізнання інформаційних систем, а також, оскільки заміняє реальні системи, є об'єктом вивчення науковців, викладачів і, можливо, студентів. Враховуючи, що спроектована хмарна інфраструктура може бути інтегрована з іншими засобами, слід визначити моделі електронного навчання, відповідно до яких доцільно організувати освітній процес.

Отже, у навчальному процесі академічна хмара має забезпечувати:

- вивчення інформаційних систем на основі їх навчальних моделей – віртуальних комп'ютерів та мереж;
- якомога більш точну відповідність віртуальних об'єктів реальним інформаційним системам, зокрема можливість застосування сформованих компетентностей у практичній діяльності;
- можливість для викладача або студента змінювати об'єкт вивчення для власних потреб;
- повсюдний доступ до хмарної інфраструктури через локальну мережу ВНЗ та Інтернет;
- персоналізований доступ до обчислювальних ресурсів, бажано з використанням єдиних даних автентифікації.

Відповідно в основу проекрованої моделі хмарної інфраструктури покладемо такі технологічні вимоги:

- забезпечення можливості розгортання значної кількості віртуальних комп'ютерів, які працюють під управлінням різних операційних систем;
- надання доступу засобами загальноприйнятих мережних стандартів, а також через протокол передавання гіпертексту;
- функціонування згідно моделі «інфраструктура як сервіс»;
- створення значної кількості віртуальних мереж, а також їх агрегування з фізичними мережами;
- автентифікація користувачів на основі стандартних баз даних;
- забезпечення перерозподілу обчислювальних ресурсів корпоративної хмари.

Дослідження проводилося у спільній науково-дослідній лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті ТНПУ імені Володимира Гнатюка й Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, зокрема було спроектовано та розгорнуто корпоративну хмару, доступну через віртуальну приватну мережу (адреса <http://cloud.fizmat.tnpu.edu.ua>).

На основі порівняльного аналізу [15], [7] програмною основою корпоративної хмари було обрано відкриту, вільно поширювану платформу Apache CloudStack. Вибір програмного забезпечення здійснювався за такими критеріями:

- відкритість та безкоштовність платформи;
- можливість розгортання хмари відповідно моделі «Інфраструктура як сервіс»;

- підтримка значної кількості гіпервізорів;
- можливість функціонування на базі вільних операційних систем;
- забезпечення автентифікації користувачів із зовнішніх баз даних;
- можливість створення шаблонів та відбитків дисків віртуальних комп'ютерів;
- підтримка загальноприйнятих мережних сервісів та протоколів (VLAN, DHCP, VPN).

Для забезпечення функціонування корпоративної хмари нами використано 3 комп'ютери на основі процесорів Intel Core i5 із загальним обсягом оперативної пам'яті 76 Gb.

Як відомо, основними компонентами хмарної інфраструктури CloudStack є [13]:

- зона (zone) – найбільший підрозділ, який відповідає датацентру;
- стійка (pod) – є аналогом серверної стійки, яка містить кластери та хости, що належать одній підмережі;
- кластер (cluster) – сукупність фізичних серверів, розміщених у одній стійці;
- хост (host) – сервер, на якому виконується гіпервізор – програма що забезпечує виконання віртуальних машин та розподіл обчислювальних ресурсів для них;
- первинні та вторинні сховища (primary and secondary storages) – зберігають розділи і диски віртуальних машин, що можуть бути доступними за різними протоколами.

Виділимо аспекти практичного характеру, що ми вважаємо суттєвими у процесі проектування хмарної інфраструктури на основі платформи Apache CloudStack.

Доцільно відділити віртуальні комп'ютери, що є об'єктами вивчення студентів, від тих, які виконують виробничі задачі (веб-сервери, служби каталогів, сервери баз даних). Тобто для різних цілей варто створити окремі зони. Проте варто розуміти, що окремий гіпервізор, а отже і його обчислювальні ресурси, може належати лише до однієї зони (рис. 1). Враховуючи що основним завданням проекрованої корпоративної хмари є забезпечення навчання студентів, ми вирішили створити лише одну зону.



Рис. 1. Компоненти розгорнутої хмарної інфраструктури.

З метою заощадження обчислювальних ресурсів ми поєднали у кожному фізичному комп'ютері функції гіпервізора та первинного сховища. Такий підхід є виправданим і з точки зору зменшення мережного трафіку завдяки уникненню ситуації, коли віртуальну машину виконує один гіпервізор, а її віртуальний диск знаходиться на іншому комп'ютері. Щоб уникнути подібної ситуації платформа Apache CloudStack дає змогу кожному користувачеві створити так звані групи спорідненості (Affinity Groups), у яких вказуються мітки гіпервізорів. Зазначені мітки можна обрати у процесі

створення віртуальної машини й у такий спосіб визначити на якому гіпервізорі виконуватиметься віртуальна машина.

У процесі створення зони можна обрати базовий або розширений режим мережі. У першому випадку всі комп'ютери зони належатимуть одній мережі. Розширений режим дає можливість організувати складені мережні структури на основі загально прийнятих технологій VLAN, VPN та інших. Перед нами було поставлено завдання спроектувати хмарну інфраструктуру, у якій можна було б створювати довільну кількість підмереж, кожен з яких можна було б асоціювати з певною фізичною мережею гіпервізора. Причому додавання згаданих мереж не має вимагати зміни топології фізичних мереж. Отже, нами було створено зону, яка функціонує у розширеному режимі.

Особливістю платформи Apache CloudStack є те, що вона дозволяє об'єднувати в одній інфраструктурі фізичні та віртуальні мережі, у яких передаються різні види трафіку: управляючий (між сервером управління та хостами в кластерах), публічний (трафік, який передають віртуальні машини у процесі доступу до Інтернету) гостьовий (генерується між віртуальними комп'ютерами), а також трафік між сховищами. У нашому випадку кожен з хостів, на яких виконується гіпервізор, приєднаний до двох фізичних мереж. Зону спроектовано так, що в одній з них передаються усі види трафіку (управляючий, гостьовий, публічний, трафік сховищ), а в іншій – лише гостьовий (рис. 2).

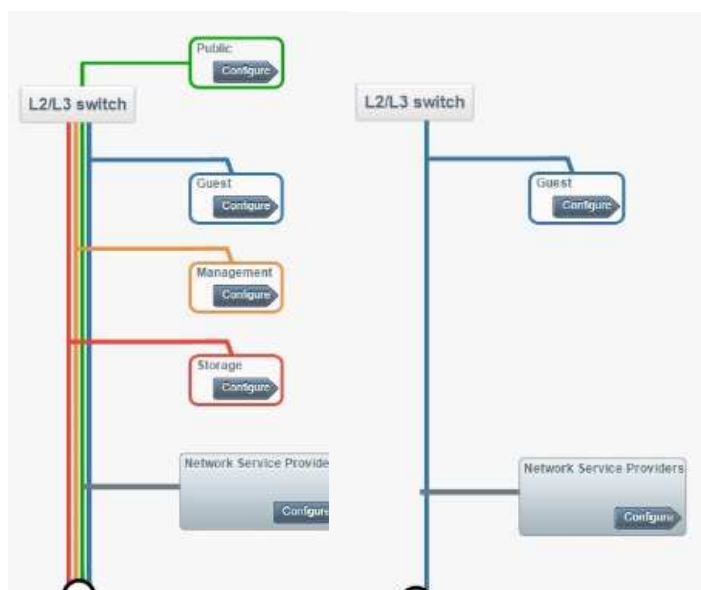


Рис. 2. Види трафіку, який передається у фізичних мережах

Крім цього у кожній мережі гостьовий трафік розподіляється на 6 підмереж (по одній мережі для кожної академічної групи). Для маркування трафіку в цих мережах використовується технологія віртуальних локальних мереж (VLAN). У зв'язку з цим нами, на основі ОС Free BSD, було сконфігуровано маршрутизатор з підтримкою технології VLAN. Отже, в кожну із віртуальних машин можна додавати мережні адаптери, які працюватимуть в різних підмережах. Загалом схема розгорнутої хмарної інфраструктури має такий вигляд (рис. 3):

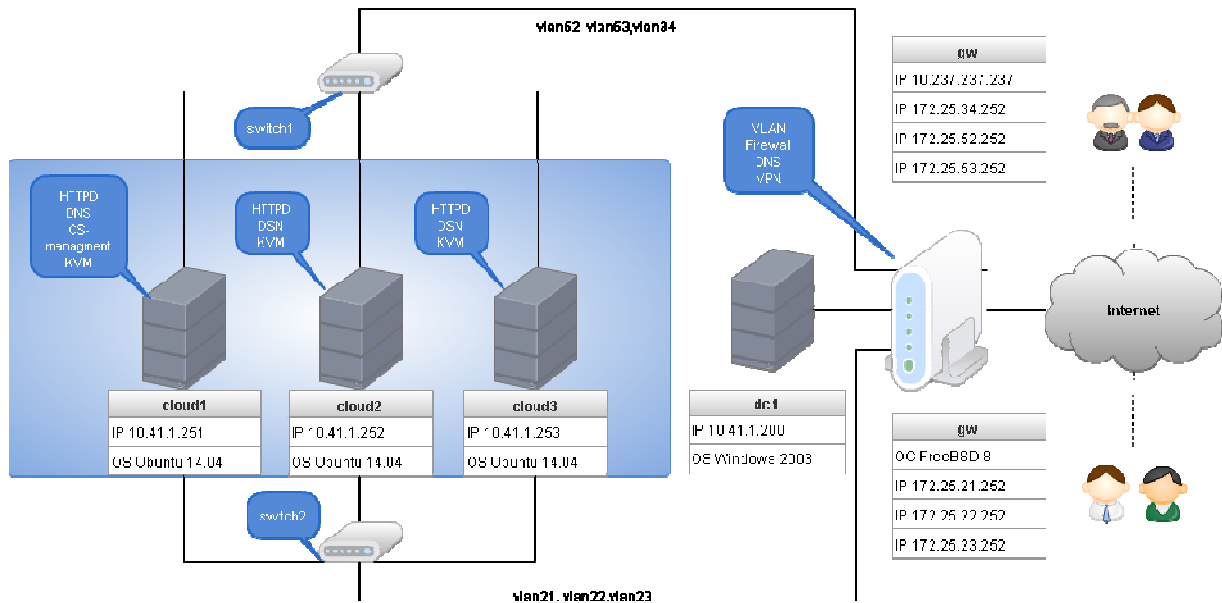


Рис. 3. Схема розгорнутої хмарної інфраструктури

Для встановлення відповідності між фізичними адаптерами і трафіком у системі CloudStack передбачено їх маркування. Завдяки цьому 6 фізичних адаптерів, встановлених на хостах cloud1, cloud2, cloud3, системою агрегуються та відображаються як два. Трафік цих адаптерів передається через комутатори sw1 та sw2 до маршрутизатора gw. Оскільки основним завданням було розгортання окремих гостьових підмереж, то відповідний трафік також маркується окремими тегами. Для кожного з зазначених тегів створено шаблони мережного обслуговування (network of fering), що дають можливість вказати сервіси, які будуть функціонувати у відповідній мережі. Такими сервісами є: сервер динамічного призначення IP-адрес, перетворювач мережних адрес та портів (NAT), брандмауер, балансувач трафіку та інші. Їх функціонування у кожній гостьовій мережі забезпечуватиме системна віртуальна машина – віртуальний маршрутизатор.

У спроектованій інфраструктурі гостьовий трафік розподіляється в межах 6-ти віртуальних локальних мереж (vlan21, vlan22, vlan23, vlan32, vlan52, vlan53). Враховуючи змістовне наповнення курсів, які вивчають студенти у мережах vlan21, vlan22, vlan23 не передбачено функціонування віртуального маршрутизатора. Це означає, що використання віртуальних машин вимагає від студентів конфігурування параметрів протоколів TCP/IP. Як показує досвід у студентів виникають труднощі, оскільки таке конфігурування передбачає використання тільки таких адрес, які зарезервовані для гостьових мереж та закріплені за кожним екземпляром віртуальної машини.

Автентифікація користувачів розгорнутої корпоративної хмари здійснюється на основі LDAP-каталогу у реалізації Microsoft Active Directory, що функціонує на контролері домену dc1. Такий підхід дає можливість використовувати єдині реєстраційні дані для доступу до традиційних та хмарних сервісів IT-інфраструктури. З метою розподілу користувачів відповідно до академічних груп у системі CloudStack використовуються так звані домени. Додавання до них користувачів можливе у автоматичному (при першій вдалій автентифікації) та ручному режимі. Нами обрано останній випадок. Для зменшення обсягів технічної роботи щодо пошуку записів LDAP-каталогу створено запити, що дають можливість фільтрувати відповідні дані.

З метою підвищення безпеки ми відмовилися від публікування сервісу cloud.fizmat.tnpu.edu.uav мережі Інтернет. Проте завдяки віртуальній приватній мережі студенти мають повсюдний доступ до корпоративної хмари. Для цього на маршрутизаторі gw налаштовано VPN-сервер. Автентифікація користувачів традиційно є єдиною та здійснюється на основі Radius-сервера, інтегрованого із службою Active Directory.

Використання домену користувачів дає можливість призначити у кожній академічній групі адміністратора з числа найбільш здібних та ініціативних студентів. Вони матимуть доступ до віртуальних машин користувачів зазначеного домену, а отже, можуть забезпечити допомогу та підтримку навчальної діяльності одногрупників.

Розглядаючи інтеграцію розгорнутої хмарної інфраструктури із іншими засобами навчання, варто говорити про віртуальні хмарні лабораторії [8]. Стосовно інформатичних дисциплін, то врахувавши трактування В.Ю. Бикова, зазначимо, що віртуальна лабораторія є інформаційною системою, у якій завдяки спеціальному інтерфейсу користувача, що підтримується системними програмними засобами мережного налаштування, формуються мережні віртуальні ІКТ-об'єкти. Такі об'єкти є складовою логічної мережної інфраструктури із гнучкою архітектурою, що за своєю будовою і часом існування відповідають персоніфікованим потребам користувача [2]. Н.Р. Балик та Г.П. Шмигер зазначають, що найефективнішою у дослідженнях та при розв'язанні практично-орієнтованих завдань є модель навчання із застосуванням навчальних груп [1].

На нашу думку, складовими віртуальної лабораторії для вивчення інформатичних дисциплін мають бути: змодельована хмарна інфраструктура, система електронних курсів на основі LMS MOODLE, відеохостинг «ФМ-медія», електронна бібліотека «ФМ-репозитарій».

Подібний проект було реалізовано в університеті Белграда, де була розгорнута віртуальна лабораторія ELABCloud, що інтегрує каталог LDAP, систему управління навчанням MOODLE та інструмент OpenNebula, який реалізує хмарну інфраструктуру [14].

На сьогодні в розгорнутій академічній хмарі функціонують віртуальні лабораторії для вивчення дисциплін «Комп'ютерні мережі», «Адміністрування комп'ютерних мереж» та «Основи мережних технологій». Користувачами спроектованої хмарної інфраструктури є понад 75 студентів, майбутніх учителів інформатики. Ними створено близько 150 віртуальних машин. Зрозуміло, що продуктивність трьох фізичних серверів не дає змогу одночасно завантажувати усі ці віртуальні комп'ютери. Проте практичний досвід застосування віртуальних лабораторій свідчить, що функціональні можливості хмарної платформи CloudStack у нашій реалізації були достатніми для одночасного навчання двох академічних груп студентів.

У процесі використання платформи CloudStack варто значну увагу приділити з'ясуванню особливостей функціонування віртуальних машин у хмарній інфраструктурі. Студенти не завжди розуміють, з якою системою вони працюють, як відбувається маршрутизація та фільтрація даних між реальним і віртуальним комп'ютером, у який спосіб слід конфігурувати мережні з'єднання віртуальних операційних систем.

Поряд з перевагами варто зупинитися на недоліках застосування платформи Apache CloudStack у процесі підготовки майбутніх фахівців.

Проблемою нашої реалізації корпоративної хмари є нераціональний розподіл обчислювальних ресурсів, що передбачає їх резервування з розрахунку кількості та продуктивності віртуальних комп'ютерів (система CloudStack резервує гарантовані частоту процесора та обсяг оперативної пам'яті для кожної віртуальної машини).

Автори статті [10] пропонують модель розподілу обчислювальних ресурсів у хмарній інфраструктурі. Суть її полягає в оцінці показника ефективності хмарної інфраструктури, як інтегрального показника використання ресурсів (процесорного часу, обсягу оперативної пам'яті, дискових масивів, пропускної здатності мережі) кожного екземпляра віртуальної машини. Способом вирішення проблеми є міграція визначеного екземпляра на інший гіпервізор (хост). Автори пропонують концепцію нерівномірності, яку визначають за співвідношенням:

$$N_R^p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{r_i - \bar{r}}{\bar{r}} \right)^2}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість ресурсів,  $r_i$  – прогнозоване використання  $i$ -го ресурсу,  $\bar{r}$  – середнє прогнозоване значення використання всіх ресурсів  $p$ -го сервера. Адміністраторам хмари слід мінімізувати зазначену величину.

Для визначення перевантаженого хоста використовують поняття «гарячої точки». Сервер буде таким, якщо хоча б один з його ресурсів перевищить граничне значення («температуру»). Для визначення «температури» використовують суму використання всіх його ресурсів.

$$t^* = \sum_{t \in CR} (r - r_t)^2 \quad (2)$$

Якщо значення  $t^*$  є більшим за нуль, то з відповідного хоста слід мігрувати віртуальні машини. У системі Apache CloudStack реалізовано відповідний функціонал – існує можливість перенесення як дисків віртуальних машин (рис. 4), так і, власне, їх виконання на іншому гіпервізорі (рис. 5).



Рис. 4. Перенесення диска віртуального комп'ютера на інше первинне сховище

Очевидно, перший спосіб вимагає значно більшого часу, адже передбачає копіювання диску віртуальної машини між хостами.

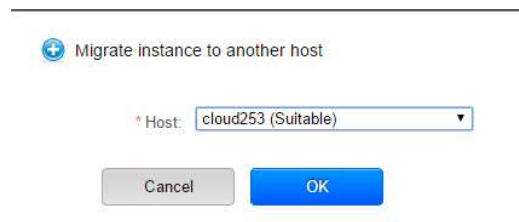


Рис. 5. Міграція екземпляра віртуальної машини на інший гіпервізор

Іншим способом вирішення проблеми нестачі обчислювальних ресурсів є завищення показників продуктивності (CPU and RAM Overcommit). У цьому випадку системі Apache CloudStack встановлюється множник, на величину якого змінюється частота та обсяг оперативної пам'яті. Проте таким способом не слід зловживати, оскільки це може призвести до непередбачуваних наслідків, зокрема до відмови в



обслуговуванні віртуальних комп'ютерів. Як показує досвід, можна знайти розумний компроміс між наданням ресурсів значній кількості студентів та продуктивністю кожної віртуальної машини. Незважаючи на такі технологічні особливості, у студентів варто формувати розуміння необхідності ощадливого використання обчислювальних ресурсів, яке, зокрема, передбачає вимикання віртуальних комп'ютерів, що не використовуються.

Крім цього адміністраторам академічної хмари доцільно проаналізувати статистику виділення ресурсів та специфіку функціонування певних віртуальних машин. На його основі можна створити кілька шаблонів надання обчислювальних ресурсів. Такий підхід забезпечить більш гнучке використання обчислювальних ресурсів хмарної інфраструктури.

Іншим недоліком застосування системи Apache CloudStack у навчальному процесі вважаємо проблеми одночасного розгортання значної кількості віртуальних комп'ютерів. Її вирішення вбачаємо у попередній підготовці корпоративної хмари, зокрема доцільно заздалегідь створити потрібні віртуальні машини та передати їх у власність студентам.

Незважаючи на принципові переваги хмарних технологій, вважаємо, що застосування системи Apache CloudStack у навчальному процесі вимагає супроводу та контролю з боку кваліфікованого фахівця. Наприклад, проблеми примусового вимкнення, видалення або передавання віртуальних комп'ютерів в управлінні іншому користувачеві часто вирішуються шляхом безпосереднього редагування бази даних.

#### **4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Підсумувавши викладене, зазначимо, що розгорнута модель хмарної інфраструктури має основні характеристики, які притаманні технологіям хмарних обчислень:

- для доступу до ресурсів віртуальних комп'ютерів, зокрема і до графічного інтерфейсу користувача, достатньо лише веб-браузера;
- обслуговування за потреби – студент може негайно отримати системні ресурси (увімкнути, перезавантажити віртуальний комп'ютер) без попереднього запиту;
- повсюдний доступ незалежно від географічного розташування – для доступу до віртуальних комп'ютерів через мережу Інтернет студент використовує віртуальну приватну мережу (VPN);
- еластичність масштабування, що передбачає можливість зміни обсягу обчислюваних ресурсів без суттєвих змін у роботі операційних систем.

Функціональні можливості системи Apache CloudStack відповідають методичним та технічним вимогам моделі хмарної інфраструктури і можуть бути рекомендованими до впровадження в академічних хмарах ВНЗ.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у теоретичному обґрунтуванні, розробці та апробації методики застосування у навчальному процесі подібних хмарних інфраструктур.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Балик Н. Р. Моделі впровадження електронного навчання у педагогічному університеті / Н. Р. Балик, Г. П. Шмигер // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2016. - № 2. – С. 10-14.
2. Биков В. Ю. Хмарна комп'ютерно-технологічна платформа відкритої освіти та відповідний розвиток організаційно-технологічної будови ІТ-підрозділів навчальних закладів [Електронний ресурс] / Биков В.Ю. // Научные журналы НТУ "ХПИ": Теория и практика управления

- соціальними системами №1 – НТУ "ХПИ", 2013. – Режим доступу: [http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова\\_періодика/Tipuss/2013\\_1/Вук.pdf](http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/Tipuss/2013_1/Вук.pdf)
3. Биков В.Ю. Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсінг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ / В.Ю. Биков // Інформаційні технології в освіті. – Випуск 10. – Херсон: ХДУ, 2011. – № 10. – С. 8-23.
  4. Биков, В. Ю. Корпоративні інформаційні системи підтримання науково-освітньої діяльності на базі хмаро орієнтованих сервісів. / В. Ю. Биков, О. М Спірін, М. П. Шишкіна. Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти: збірник наукових праць. – Вип. 43 (47) частина 2. – С. 178-206 – Режим доступу до журналу: <http://eprints.zu.edu.ua/19550/>
  5. Глазунова О.Г. Теоретико-методичні засади проектування та використання системи електронного навчання майбутніх фахівців з інформаційних технологій в університетах аграрного профілю: автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10 / О.Г. Глазунова НАПН України ; Ін-т інформац. технологій і засобів навчання. – К., 2015. – 41 с.
  6. Литвинова С.Г. Теоретико-методичні основи проектування хмаро-орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу: автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10 / С.Г. Литвинова НАПН України ; Ін-т інформац. технологій і засобів навчання. – К., 2016. – 39 с.
  7. Олексюк В. П. Впровадження технологій хмарних обчислень як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ. [Електронний ресурс] / В. П. Олексюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – №3. – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1042#.U7KuWPrbRPA>
  8. Олексюк В.П. Застосування віртуальних лабораторій у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики / В. П. Олексюк // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова : збірник наукових праць / Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. - Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. - Серія 2. - С. 76-81.
  9. Спірін О. М. Зміст навчального матеріалу спецкурсу "Хмарні інформаційно-аналітичні технології у науково-дослідному процесі" / О. М. Спірін, О. А. Одуд // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2016. – Т. 52, вип. 2. – С. 108-120. – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1374>
  10. Хантимиров Р.И. Модель распределения ресурсов в процес се функционирования облачной вычислительной среды / Р.И. Хантимиров, А.А. Микрюков // Открытое образование.– 2015.– №5.
  11. Шишкіна М.П. Проблеми інформатизації освіти України в контексті розвитку досліджень оцінювання якості засобів ІКТ / М. П. Шишкіна, О. М. Спірін, Ю. Г. Запорожченко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – №1 (27). – Режим доступу до журналу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/632/483>
  12. Шишкіна М.П. Теоретико-методичні засади формування і розвитку хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу: автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10 / М.П. Шишкіна НАПН України ; Ін-т інформац. технологій і засобів навчання. – К., 2016. – 40 с.
  13. Apache CloudStack Documentation: open source cloud computing [Електронний ресурс]. – Available from: <http://docs.cloudstack.apache.org/en/master/concepts.html>
  14. Despotović-Zrakić M., Simić K., Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing. [Electronic Resource] / Educational Technology&Society, 16 (3), 301–314. Available from: – [http://www.ifets.info/journals/16\\_3/23.pdf](http://www.ifets.info/journals/16_3/23.pdf)
  15. Munteanu V. Multi-cloudre source management: cloud service interfacing [Електронний ресурс] / V. Munteanu, C. Sandru, D. Petcu // Journal of Cloud Computing. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/2192-113X-3-3>.

*Матеріал надійшов до редакції 28.08.2016 р.*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ APACHE CLOUDSTACK**

**Олексюк Василий Петрович**

кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики и методики ее преподавания  
Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка,  
Тернополь, Украина  
[oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua](mailto:oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua)

**Аннотация.** В статье рассмотрены понятия, связанные с применением облачных технологий в учебном процессе. Предложена модель облачной инфраструктуры вуза.

Сформулированы концептуальные положения ее проектирования, касающихся содержательно-методических требований и технологических требований. Обоснована целесообразность развертывания составленных сетей в облачной инфраструктуре, а также применение гибридной модели развертывания облачных технологий. Описанный опыт развертывания корпоративной облака на основе платформы CloudStack. Приведена схема организации физических составляющих облачной инфраструктуры (гипервизор, физические и виртуальные сети, маршрутизаторы, контроллер домена, VPN-сервер).

**Ключевые слова:** облачные технологии; облачная инфраструктура; гибридная облако; сетевые технологии; корпоративное облако; виртуальные облачные лаборатории; Apache CloudStack.

## DESIGNING OF UNIVERSITY CLOUD INFRASTRUCTURE BASED ON APACHE CLOUDSTACK

**Vasyl P. Oleksyuk**

PhD (Pedagogical Sciences), Associate Professor of the Department of Informatics and methods of it's teaching Ternopil V. Hnatyuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine.

*oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua*

**Abstract.** This paper describes the problems of using cloud computing in education. In the article it has been investigated the concept of cloud infrastructure in higher educational institutions. The model of cloudy infrastructure is offered. The hybrid model is most recent for higher educational institution. Conceptual provisions (technical and methodical) of designing of cloud are formulated. Described experience of deployment corporate clouds on the basis of the Apache CloudStack platform. The diagram of the organization of physical components of cloudy infrastructure (a hypervisor, physical and virtual area networks, routers, the domain controller, the VPN server) is provided.

**Keywords:** cloud; cloud infrastructure; hybrid cloud; network technology; enterprise cloud; cloud virtual lab; the Apache CloudStack.

### REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Balyk N. Models of e-learning implementation in pedagogical university / N. Balyk, G. Shmyger// The computer in the school and family. – 2016. – №5 (46). – P. 49-59 (in Ukrainian)
2. Bykov V. Cloud computer-technology platform of open education and appropriate development of organizational and technological structure of it departments of educational establishments [online] / V. Bykov // Theory and practice of social systems: philosophy, psychology, education, sociology. – 2013. – № 1. – P. 81-98. – Available from: <http://lib.iitta.gov.ua/1184/> ( in Ukrainian)
3. Bykov V. ICT-outsourcing and new functions of ICT departments of educational and scientific institutions. [online] / V. Bykov // Information Technologies and Learning Tools. – 2012. – № 4(30). – P. 135-152. – Available from: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/717/529> (in Ukrainian)
4. Bykov V. Corporate information systems supporting scientific and educational activities based on cloud-oriented services. / V. Bykov, O.Spirin, M.Shyshkina // Problems and prospects of forming a national humanitarian and technical elite, technologies.– 43 (47) part 2. – P. 178-206 – Available from: <http://eprints.zu.edu.ua/19550/>(in Ukrainian)
5. Glazunova O. Theoretical and methodological bases for the design and application of an e-learning system for future IT specialists in an agrarian university. Thesis dis. dr. ped. sciences: 13.00.10 / O. Glazunova NAPS Ukraine. //Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine. Kyiv, 2015. – 41 p.(in Ukrainian)
6. Lytvynova S. Theoretical and methodological bases of designing cloud-oriented learning environment educational institution. // Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine. Kyiv, 2016. – 39p.(in Ukrainian)
7. Oleksyuk V. Implementing cloud computing as a component of the it infrastructure university. [online] / V. Oleksyuk // Information technologies and learning tools. – 2014. – №3. – Available from: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1042> (in Ukrainian)

8. Oleksyuk V. The application of virtual loud laboratories in the process of future computer science teachers training [online] / V. Oleksyuk // Scientific journal of NPU named after M. P. Drahomanov. Series 2. Computer-oriented educational systems: collection of scientific. – K. : NPU named after M. P. Drahomanov, 2015. – Issue №1. – p. 76-81. – Available from: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/9365>. (in Ukrainian)
9. Spirin O. Content of educational material special seminars «cloud information-analytical technologies in the research process» [online]. / O. Spirin, O. Odud // // Information technologies and learning tools. – 2016. – №2. – Available from: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1374> (in Ukrainian)
10. Hantimirov R. Model distribution of resources in the operation of cloud computing environment / R. Hantimirov, A. Mikryukov // Openeducation. – 2015.– №5.(in Russian)
11. Shyshkina M. Problems of Informatization of Education of Ukraine in the context of studies evaluating the quality of ICT [online] / M. Shyshkina, O. Spirin, Y. Zaporozhchenko// Information technologies and learning tools. – 2012. – №1 (27). – Available from: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/632/483>(in Ukrainian)
12. Shyshkina M. Theoretical and methodological principles of formation and development of the cloud-based educational and research environment of higher educational institution.// Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine. Kyiv, 2016. – 42p.(in Ukrainian)
13. Apache CloudStack Documentation: open source cloud computing [online]. – Available from: <http://docs.cloudstack.apache.org/en/master/concepts.html> (in English)
14. Despotović-Zrakić M., Simić K., Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing. [online] / Educational Technology&Society, 16 (3), 301–314. Available from: – [http://www.ifets.info/journals/16\\_3/23.pdf](http://www.ifets.info/journals/16_3/23.pdf) (in English)
15. Munteanu V. Multi-cloud resource management: cloud service interfacing [online] / V. Munteanu, C. Sandru, D. Petcu // Journal of Cloud Computing. – 2014. – Available from:<http://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/2192-113X-3-3>. (in English)

**Conflict of interest.** The author has declared no conflict of interest.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.