

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*

**УПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ЯК СКЛАДОВИХ  
ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ВНЗ**

**Анотація.** У статті розглянуто поняття, пов'язані із застосуванням хмарних технологій у вищому навчальному закладі, зокрема проаналізовано: поняття «ІТ-інфраструктура ВНЗ», визначено моделі розгортання хмарних обчислень. Сформульовано концептуальні положення проектування ІТ-інфраструктури ВНЗ. Зокрема запропоновано важливу складову ІТ-інфраструктури – єдину систему автентифікації користувачів. Обґрунтовано застосування гібридної моделі розгортання хмарних технологій. Запропоновано програмні складові загальнодоступної і корпоративної хмари ВНЗ. Проаналізовано можливості вільно поширюваних платформ для організації корпоративної хмари ВНЗ. Описаний досвід розгортання корпоративної хмари на основі платформи CloudStack.

**Ключові слова.** ІТ-інфраструктура; хмарні технології; гібридна хмара; загальнодоступна хмара; корпоративна хмара; хмарна лабораторія, GoogleApps; Office 365; Cloudstack; Eucalyptus.

**1. ВСТУП**

Понад два десятиліття епоха інформатизації суспільства здійснює суттєвий вплив на освітню галузь. Популярним трендом сьогодення стають так звані хмарні технології, які створюють можливості роботи з інформаційними ресурсами, незалежно від апаратно-програмного забезпечення клієнта, а також його географічного розташування. Хмаро-орієнтовані засоби навчання можуть стати складовою навчальних середовищ та освітнього простору вищого навчального закладу. У технологічному аспекті впровадження хмарних і традиційних засобів навчання, на нашу думку, доцільним є використання поняття «ІТ-інфраструктура».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні аспекти використання комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання досліджені у працях В. Бикова, М. Жалдака, Н. Морзе, С. Ракова, Ю. Рамського, Ю. Триуса та інших. Проблематика проектування інформаційної інфраструктури ВНЗ розкривається у дослідженнях В. Бикова, М. Жалдака, В. Лапінського, О. Співаковського, О. Спіріна та інших. Зокрема, у своєму дослідженні [2] В. Ю. Биков висвітлює і деталізує загальну проблему невідповідності організаційно-функціональної структури ІТ-підрозділів особистісно-орієнтованих навчальних середовищ об'єктивним умовам сучасного стану розвитку засобів і технологій інформаційного суспільства. Автор вбачає актуальним застосування на сучасному етапі інформатизації системи освіти механізмів аутсорсинга для забезпечення функціонування і розвитку ІТ-інфраструктури. О. В. Співаковський, М. О. Вінник, Ю. Г. Тарасіч у публікації «Побудова ІКТ інфраструктури ВНЗ: проблеми та шляхи вирішення» зазначають, що для реалізації інновацій навчальним закладам необхідно долучатися до процесу впровадження інформаційних технологій у навчальні й адміністративні процеси, створювати на базі університетів інноваційно-технологічні центри і центри трансферу технологій. Автори звертають увагу не лише

на сучасний стан інформаційно-комунікаційних технологій університету, а й на перспективи їх розвитку [13].

Важливим аспектом згаданих процесів є оцінювання якості проектування, розробки й ефективності впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, яке, на думку О. М. Спіріна, доцільно здійснювати з використанням як зовнішніх (проектувальний, конструктивний, організаційний, комунікативний та гностичний), так і внутрішніх (диференціації, індивідуалізації, інтенсифікації процесу навчання і результативності навчальної діяльності) критеріїв [15].

Проблемі застосування технологій хмарних обчислень і засобів веб 2.0 в освіті присвячені дослідження Н. Балик, В. Бикова, С. Литвинової, Морзе, С. Семерікова, З. Сейдаметової, О. Спіріна, А. Стрюка, М. Шишкіної та інших.

Аналізуючи концепцію опрацювання електронних даних на основі інформаційних технологій хмарних обчислень, В. Ю. Биков зазначає, що їх фундаментальні принципи і програмні реалізації мають стати предметом пріоритетного вивчення, засобами навчання, досліджень та управління освітою на всіх організаційних рівнях українського суспільства [4]. Практичний досвід застосування хмарних технологій і засобів веб 2.0 у навчальному процесі описано у дослідженні Н. Р. Балик [1].

**Метою статті** є аналіз понять «інформаційна інфраструктура», «технології хмарних обчислень» і розгляд моделей надання і розгортання хмарних технологій. У статті буде описано засадничі підходи і досвід розгортання хмарних сервісів у IT-інфраструктурі фізико-математичного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

## 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось у рамках спільного дослідження науково-дослідної лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка та Інституту інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України. Під час дослідження використовувались такі методи: аналіз науково-технічної літератури з проблеми впровадження хмарних технологій у освітню галузь, вивчення особливостей функціонування IT-інфраструктури вищого навчального закладу, моделювання та проектування IT-інфраструктури ВНЗ.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Аналіз основних понять дослідження

В енциклопедичному словнику запропоновано таке тлумачення: «Інфраструктура (від лат. *Infra* – нижче, під та *structura* – будівля, розміщення) – сукупність будівель, систем та служб, які є необхідними для галузей матеріального виробництва, що забезпечують умови життєдіяльності суспільства» [10]. В електронному словнику знаходимо означення на основі системного підходу: «...комплекс взаємопов'язаних обслуговуючих структур чи об'єктів, складових, які забезпечують основу функціонування системи» [6]. У контексті IT-інфраструктури такими об'єктами є інформаційні технології, під якими розуміють сукупність методів розробки інформатичних систем і побудови комунікаційних мереж. В освітній галузі ці методи повинні мати психолого-педагогічний супровід процесів їх проектування, розроблення і впровадження [14]. Стаття Вікіпедії трактує інформаційну інфраструктуру як

сукупність територіально розподілених державних і корпоративних інформаційних систем, мереж і каналів передавання даних, засобів комунікації й управління інформаційними потоками, а також організаційних структур, правових і нормативних механізмів, що забезпечують їх ефективне функціонування [7].

В енциклопедичному словнику поняття «ІТ-інфраструктура» визначають як комплекс програмних, технічних та телекомунікаційних засобів, які забезпечують роботу з даними організації або групи організацій [5, с. 95].

Формулюючи поняття ІТ-інфраструктури освітнього закладу, слід врахувати:

- програмні, технічні та телекомунікаційні засоби, які застосовуються в навчальному процесі;
- інформаційну діяльність здійснюють не лише сформовані, а й майбутні фахівці різних галузей;
- дані, для доступу до яких проектують ІТ-інфраструктуру, є навчальними ресурсами.

Отож, інфраструктура інформаційних технологій вищого навчального закладу (ІТ-інфраструктура ВНЗ) – це інформаційна система програмних, обчислювальних і телекомунікаційних засобів, а також організаційного і методичного забезпечення, що реалізує надання інформаційних, обчислювальних, телекомунікаційних ресурсів і послуг усім учасникам навчального процесу.

Автори [12, с. 30–32] розглядають 3 рівні ІТ-інфраструктури навчальних закладів:

- на основі однорангової мережі, на кожен комп'ютер якої встановлено програмне забезпечення;
- на основі виділеного сервера, який виконує функції автентифікації користувачів (контролер домена) і забезпечення доступу за протоколом віддалених робочих столів (RDP – RemoteDesktopProtocol);
- на основі потужного датацентру (системи серверів) і тонких клієнтів, які виконують функції введення-виведення даних.

Зазвичай, ІТ-інфраструктуру вищих навчальних закладів будують на основі одного або кількох виділених серверів, які забезпечують:

- обмін даними між окремими сегментами локальної мережі;
- контроль доступу до зовнішніх мереж та Інтернету;
- автентифікацію користувачів локальної мережі;
- функціонування веб-сайту (порталу) навчального закладу;
- функціонування навчальних веб-сервісів, таких як сервер електронних курсів, форум, портал відеохостингу, соціальна мережа, вікіпедія, електронна бібліотека, інституційний репозитарій тощо;
- рух електронних документів установи від моменту їх створення до моменту передавання на зберігання до архіву.

У статті [9, с. 189–190] автором було запропоновано інтегровані засоби як складові єдиного освітньо-інформаційного простору загальноосвітньої школи. Поряд з цим було зазначено, що деякі з них за своїми функціональними можливостями поступаються продуктам визнаних лідерів у галузі ІКТ. Проте таку ситуацію можна змінити, якщо використати можливості хмарних технологій.

### **3.2. Розгортання хмарних технологій як складових ІТ-інфраструктури**

«Хмара» – не лише популярний сучасний термін, який застосовують для опису Інтернет-технологій віддаленого збереження даних. Його, зазвичай, описують за допомогою понять: програмне забезпечення, сервіс, сервер [11, с. 12]. Утім усе ж головним критерієм визначення хмарної технології є можливість роботи з її ресурсами,

незалежно від апаратного і програмного забезпечення клієнта. Наприклад, студент, перебуваючи в університеті, дома, у бібліотеці або кафе, для отримання доступу до лабораторії може використати ноутбук, планшетний комп'ютер або смартфон. Саме використання мобільних пристроїв у процесі навчання значною мірою реалізує парадигму відкритого і рівного доступу до якісної освіти [3].

У процесі проектування IT-інфраструктури ВНЗ важливо визначити моделі розгортання і надання хмарних платформ. Як відомо, технологічною основою роботи з хмарними технологіями є веб-технологія, тобто сервери і клієнти, які взаємодіють за протоколом обміну гіпертексту. Проте, на відміну від традиційного розуміння всесвітньої павутини, як сукупності веб-сторінок, хмарні технології передбачають використання програмного забезпечення як сервісу (SaaS – Software as a Service). SaaS є моделлю надання програмного забезпечення, згідно якої для повнофункціонального його використання клієнту необхідний лише веб-браузер.

Крім SaaS, існують інші сервісні моделі надання хмарних технологій [19, с. 13–16]:

- IaaS (Infrastructure-as-a-Service) – модель, яка передбачає розгортання у «хмарі» інформаційної інфраструктури організації. Основою для реалізації моделі є технології віртуалізації. Фізично вся інфраструктура корпоративної мережі може бути реалізована на одному або кількох серверах дата центру ВНЗ або провайдера;
- PaaS (Platform-as-a-Service) – модель, яка передбачає розгортання певної програмної платформи, яку можуть використовувати не лише користувачі сервісу, а й програмісти і розробники. Тобто така платформа орієнтована на застосування у «хмарному» середовищі мов програмування, наборів бібліотек тощо;
- DaaS (Desktop-as-a-Service) – модель застосування «хмарного» робочого стола. Отже, на зміну «традиційним» засобам і протоколам (VPN, RDP, VNC, SSH) в епоху хмарних технологій приходить лише веб-браузер.
- Серед основних характеристик хмарних обчислень виділяють такі:
  - обслуговування за потреби – користувач може негайно отримати системні ресурси без попереднього запиту;
  - повсюдний доступ не залежно від географічного розташування користувача;
  - незалежність послуг від фізичного розташування датацентрів і мереж;
  - еластичність масштабування, що передбачає можливість зміни обсягу обчислюваних ресурсів без суттєвих змін у роботі операційних систем;
  - облік та оплата лише спожитих системних ресурсів [17, с. 272–273].

Виділяють 4 моделі розгортання хмарних технологій: [12, с. 46–47].

1. Корпоративна – хмари, зазвичай, створюються і контролюються однією організацією. Відповідно доступ до ресурсів таких хмар обмежується працівниками установи.
2. Загальнодоступна, яка передбачає спільне використання платформ кількома організаціями. Управлінням такої хмари, зазвичай, займається зовнішній провайдер, наприклад, Amazon EC2, GoogleApps, Salesforce.
3. Групова, згідно якої організації спільно використовують хмарні сервіси провайдера.
4. Гібридна – передбачає поєднання кількох моделей.

Отож, повертаючись до питання моделей розгортання та застосування хмарних технологій, спробуємо визначити сервісну модель управління ІКТ освітнього закладу. Якщо стратегія розвитку ВНЗ передбачає концентрацію зусиль на профільних завданнях, то для розв'язання інших задач варто звернути увагу на аутсорсингові

компанії. В. Ю. Биков зазначає, що продуктивним підходом розв'язання ІКТ-проблем є перехід від виключно корпоративної до повністю аутсорсингової або гібридної сервісної моделі управління ІКТ [2, с. 14]. У цьому випадку доцільним є розгортання хмарних сервісів згідно гібридної моделі, яка поєднує загальнодоступну, корпоративну і групову моделі. Зауважимо, що у цьому випадку корпоративна хмара проектується і розгортається аутсорсинговою компанією на потужностях освітнього закладу.

На нашу думку, за сучасних умов повний перехід від корпоративної до аутсорсингової моделі є дещо передчасним. З одного боку, безумовне передавання усіх завдань обслуговування ІТ-інфраструктури буде економічно нерентабельним. З іншого боку, у вітчизняних університетах працюють кваліфіковані фахівці у галузі адміністрування комп'ютерних мереж і систем. У випадку впровадження аутсорсингової сервісної моделі виникнуть питання зайнятості або й працевлаштування цих фахівців. Враховуючи це, ми пропонуємо трансформувати аутсорсингову модель, створивши з висококваліфікованих фахівців відділ сервісного обслуговування ІТ-інфраструктури ВНЗ.

Такий відділ, зокрема, міг би виконувати і завдання впровадження й інтеграції хмарних технологій у ІТ-інфраструктуру ВНЗ. У цьому випадку моделлю розгортання хмарних технологій також буде гібридна, яка передбачає поєднання загальнодоступної і корпоративної моделей. Надання хмарних платформ користувачам у обох випадках є можливим згідно кожної з моделей Saas, PaaS, IaaS, DaaS.

Проектування і впровадження ІТ-інфраструктури із застосуванням хмарних технологій пропонуємо здійснювати у кілька етапів:

- вивчення можливостей сучасних хмарних сервісів, які пропонують вітчизняні і зарубіжні вендори;
- аналіз наявної ІТ-інфраструктури ВНЗ і з'ясування сервісів, які можна мігрувати на загальнодоступні і корпоративні хмарні платформи;
- розробка рішень щодо реалізації завдань;
- монтаж необхідного апаратного забезпечення;
- встановлення й конфігурування програмного забезпечення;
- інтеграція хмарних сервісів у ІТ-інфраструктуру ВНЗ;
- адаптація сервісів до потреб навчального процесу;
- сервісне обслуговування і супровід ІТ-інфраструктури.

Важливим аспектом впровадження ІТ-інфраструктури ВНЗ є інтеграція її традиційних і хмарних сервісів. Першочергове завдання такої інтеграції вбачаємо у розробці і конфігуруванні єдиної системи автентифікації користувачів зазначених сервісів.

Технологічно й організаційно простіше розпочати розгортання хмарних сервісів ІТ-інфраструктури ВНЗ згідно загальнодоступної моделі. Аналізуючи ресурси і сервіси сучасного Інтернету, можна стверджувати, що вони реалізовані лідерами ринку розробки програмних засобів – компаніями GoogleInc і Microsoft.

Зокрема, компанія GoogleInc у межах проекту GoogleAppsforEducation надає власні сервіси для безкоштовного корпоративного використання освітніми закладами [20]. Для синхронізації облікових записів користувачів доменів (традиційного сервісу), які функціонують на основі LDAP-каталога, з GoogleApps можна використовувати програмні засоби GoogleAppsDirectorySync і GoogleAppsPasswordSync.

Більш детально досвід інтеграції хмарних сервісів GoogleApps у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу описано у публікації автора [8].

Компанія Microsoft є розробником комерційної хмарної платформи Office365, до складу якої входять:

- поштова система корпоративного класу;

- месенджер Lync, який надає можливості проведення групових аудіо- й відеоконференцій;
- хмарне сховище SkyDrive;
- Office Web Apps – доступний через веб-браузер онлайн-офіс;
- портал SharePoint, який містить конструктор для створення власних веб-сторінок.

Проте у зазначеному комерційному проекті розробник пропонує безкоштовний тарифний план «Office 365 для навчальних закладів A2» [21]. У межах цього плану існує також можливість інтеграції з каталогом ActiveDirectory, що може забезпечити синхронізацію облікових записів користувачів традиційних і хмарних сервісів. Проте й у цьому випадку існують кілька проблем:

- необхідність встановлення засобу синхронізації служби каталогів на виділений сервер з архітектурою хб4, який до того ж не може бути контролером домена;
- для синхронізації необхідний обліковий запис комерційної системи «Windows AzureActiveDirectory».

Незважаючи на це, використання хмарних сервісів GoogleApps і Microsoft Office 365 як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ має переваги:

- надійності, оскільки надані сервіси традиційно мають високу функціональність і захист даних;
- індивідуального доступу до ресурсів і сервісів;
- можливості формування груп і підрозділів користувачів;
- фільтрування небажаного контенту з боку системи, адміністратора, а також самого користувача;
- централізованого адміністрування завдяки розширеному набору методів і засобів;
- значного обсягу дискового (хмарного) простору, який надається користувачеві;
- україномовного інтерфейсу;
- можливості доступу з мобільних пристроїв;
- інтеграції з іншими програмними засобами освітнього закладу.

Незважаючи на наявність потужних комерційних хмарних платформ (Windows Azure, Amazon EC2, S3), вважаємо доцільним розгортання в ІТ-інфраструктурі ВНЗ корпоративної хмари, на основі якої можлива розробка «хмарних» лабораторій для вивчення окремих дисциплін циклу професійної і практичної підготовки фахівців з інформатики.

Коротко розглянемо безкоштовні платформи, на основі яких можна спроектувати корпоративну хмару. Серед таких виділимо три:

- Cloudstack;
- Eucalyptus;
- Openstack.

ApacheCloudStack є проектом компанії ApacheSoftwareFoundation, у межах якого розробляється програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, що може бути застосоване для розгортання загальнодоступних і корпоративних хмар згідно моделі «інфраструктура як сервіс» (IaaS). Основними складовими хмарної інфраструктури Cloudstack є [18]:

- зона (zone) – найбільший підрозділ, який відповідає датацентру;
- стійка (pod) – є аналогом серверної стійки, яка містить кластери і хости, що належать одній підмережі;
- кластер (cluster) – сукупність фізичних серверів, розміщених у одній стійці;

- хост (host) – сервер, на якому виконується гіпервізор, що забезпечує розподіл обчислювальних ресурсів для віртуальних машин;
- первинні і вторинні сховища (primaryandsecondarystorages) – зберігають розділи і диски віртуальних машин; можуть бути доступними за різними протоколами.

Eucalyptus – ще одна програмна платформа для розгортання корпоративних хмарних обчислень на комп'ютерних кластерах, що дозволяє створити сумісну з Amazon EC2 інфраструктуру. Основними програмними компонентами Eucalyptus є [22]:

- контролер хмари (cloudcontroller) – є інтерфейсом управління хмарою; відповідає за розподіл основних віртуальних ресурсів;
- контролер кластера (clustercontroller) – керує контролерами вузлів, визначає, на якому вузлі буде завантажена віртуальна машина;
- контролер вузла (nodecontroller) – відповідає за завантаження і функціонування кожного екземпляру віртуальної машини;
- walrus – забезпечує збереження даних, організованих у вигляді об'єктів.

OpenStack – це комплекс проектів вільного програмного забезпечення для створення обчислювальних хмар. Основними програмними складовими OpenStack є [23]:

- OpenStackCompute (Nova) – інструментарій, що дозволяє автоматично створювати й управляти роботою груп віртуальних серверів;
- OpenStackImageService (Glance) – реєстр образів віртуальних машин, який дає можливість реєструвати нові образи віртуальних машин і забезпечувати їх передавання для виконання на потрібні вузли;
- OpenStackObjectStorage (Swift) – розподілене, завадостійке сховище об'єктів;
- OpenStackIdentity (Keystone) – пакет для уніфікації засобів автентифікації і забезпечення інтеграції компонентів OpenStack з існуючими системами автентифікації;
- OpenStackDashboard (Horizon) – веб-інтерфейс для управління системою;
- Networking (Quantum) – структура, призначена для створення, конфігурування і супроводу мереж.

Як бачимо, програмні складові розглянутих – платформ практично однакові. Як видно з табл. 1 їхні функціональні можливості також є подібними.

Таблиця 1

### Функціональні можливості платформ для розгортання корпоративних хмар

Можливості \ Платформи	CloudStack	Eucalyptus	OpenStack
Консоль управління VM	+	+	–
Веб-інтерфейс до консолі VM	+	–	–
Робота з основними гіпервізорами	KVM, XEN	KVM, XEN	KVM, XEN
Підтримка технологій VLAN	+	+	+
Розширення через API-функції	+	+	+
Створення «миттєвих знімків» ОС	+	+	+
Повідомлення і зауваження	+	–	–
Інтеграція з Active Directory	+	+	+
Безкоштовний характер поширення	+	+	+

Використовуючи вільнопоширювані програмні платформи, варто прагнути, щоб якість надання сервісів корпоративної хмари, зберігаючи принципово важливі для користувачів переваги, наближалася до якості, що надають загальнодоступні хмарні

платформи: зокрема, масштабованість, час і спектр надання сервісу, витрати і проблеми функціонування власного ІТ-підрозділу, зберігаючи наразі принципово важливі для користувачів переваги корпоративних хмар, наприклад такі, як підвищена безпека даних і керованість ІТ-інфраструктури [4].

На основі платформи Cloudstack у межах спільної науково-дослідної лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й Інституту інформаційних технологій і засобів навчання Національної академії педагогічних наук України, ми розгорнули корпоративну хмару фізико-математично факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Коротко зупинимося на технічних і організаційних аспектах цього процесу.

Як відомо, системні вимоги щодо розгортання Cloudstack передбачають використання двох комп'ютерів, один з яких виконуватиме функції сервера управління і первинного сховища, а інший відповідатиме за роботу віртуальних машин (гіпервізор) і містить вторинне сховище. Утім, враховуючи обмеженість матеріальних ресурсів, ми встановили платформу на один сервер.

У процесі створення інфраструктури було обрано базовий режим, який не передбачає використання окремих фізичних або віртуальних мереж. Як наслідок, на сьогодні функціонують хмарні лабораторії для вивчення дисциплін «Адміністрування комп'ютерних мереж» і «Основи мережних технологій». Зміст цих курсів не передбачає вивчення питань маршрутизації, віртуальних локальних мереж тощо. Більш детально експеримент щодо застосування корпоративної хмари у процесі вивчення згаданих дисциплін буде описано в окремій публікації автора.

Попри це, недоліком використання базового мережного режиму Cloudstack є труднощі маршрутизації з лабораторій комп'ютерних технологій, які організовані як окремі фізичні підмережі. Особливістю Cloudstack є робота з різними видами мереж: управляючими (між сервером управління і серверами в кластерах), гостьовими (мережі віртуальних комп'ютерів), а також мережами між сховищами. На практиці це означає, що у процесі конфігурування систем слід встановлювати тільки такі адреси, які зарезервовані для гостьових мереж і закріплені за кожним екземпляром віртуальної машини.

Оскільки на факультеті функціонує єдина система автентифікації на основі каталогу LDAP, то наступним кроком було конфігурування Cloudstack для роботи за відповідним протоколом. На відміну від інших платформ (Joomla!, MOODLE, DSpace), які після першої автентифікації користувача автоматично створюють обліковий запис у власній базі даних, Cloudstack вимагає виконання цієї процедури вручну. Ще одним недоліком нашої реалізації корпоративної хмари, є нераціональний розподіл обчислювальних ресурсів. Наприклад, система обчислює необхідну частоту процесора як суму частот завантажених віртуальних комп'ютерів, хоча насправді реальне завантаження основної ОС може відрізнятись у кілька разів. Якщо обчислена системою частота наближається до частоти реального процесора, помноженої на кількість ядер, то створення нових віртуальних машин буде неможливим. Проте згаданий недолік можна уникнути, створивши власний шаблон надання обчислювальних ресурсів. Як показує досвід, можна знайти розумний компроміс між наданням ресурсів великій кількості студентів і продуктивністю кожної віртуальної машини. Незважаючи на це, у студентів варто формувати розуміння необхідності ощадливого використання обчислювальних ресурсів, яке, наприклад, передбачає вимикання віртуальних комп'ютерів, що не використовуються.

Загалом у навчальному процесі 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 і фільтрація даних між реальним і віртуальним комп'ютером, яким способом слід конфігурувати мережні з'єднання віртуальних операційних систем.

#### 4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проблема застосування хмарних технологій у процесі проектування IT-інфраструктури ВНЗ є актуальною і потребує подальшого розвитку. Найбільш доцільною моделлю розгортання хмарних технологій у інфраструктурі ВНЗ є гібридна. У цьому випадку варто використовувати загальнодоступні (GoogleApps та Microsoft Office 365) і корпоративні (Cloudstack, Eucalyptus, OpenStack) хмарні платформи, які можна органічно інтегрувати до традиційних сервісів IT-інфраструктури ВНЗ. Проаналізовані платформи можна використати як програмну основу для розгортання хмарних лабораторій вивчення інформативних дисциплін. Вивчення організаційних і методичних аспектів цієї проблеми, без сумніву, потребує подальшого дослідження. Актуальною вважаємо підготовку майбутніх фахівців з інформатики до застосування технологій хмарних обчислень у майбутній професійній діяльності. З технологічної точки зору важливою є розробка мобільних додатків для роботи з корпоративними хмарними платформами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балик Н. Р. Інноваційне навчання в університеті: досвід та перспективи / Н. Р.Балик // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2013. – № 5 (46). – С. 49–59.
2. Биков В. Ю. ИКТ-аутсорсинг і нові функції ИКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ / В. Ю. Биков // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – № 4 (30). – С. 135–152. – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/717/529>.
3. Биков В. Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування / В. Ю. Биков // Інформаційні технології в освіті. – 2013. – № 17. – С. 9–37.
4. Биков В. Ю. Хмарна комп'ютерно-технологічна платформа відкритої освіти та відповідний розвиток організаційно-технологічної будови IT-підрозділів навчальних закладів [Електронний ресурс] / Биков В. Ю. // Научные журналы НТУ "ХПИ": Теория и практика управления социальными 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).
5. Воройский Ф. С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах / Ф. С. Воройский. – М. : Физматлит, 2006. – 768 с.
6. Глоссарий.ru [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl\\_sch2.cgi?Rlt\(wgxywzqzwwg\)](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?Rlt(wgxywzqzwwg)).
7. Інформаційна інфраструктура – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна\\_інфраструктура](http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна_інфраструктура).
8. Олексюк В. П. Досвід інтеграції хмарних сервісів GoogleApps у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу [Електронний ресурс] / В. П. Олексюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2013. – № 3. – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/824/631>.
9. Олексюк В. П. Єдина система автентифікації як крок до створення освітнього простору загальноосвітнього навчального закладу [Електронний ресурс] / Олексюк В. П. // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наукових праць / Редада. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. – № 13 (20). – С. 188–193. – Режим доступу : <http://elar.fizmat.npu.edu.ua/handle/123456789/87>.
10. Онлайн-словарь [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://reword.org/online/?s\\_query=ИНФРАСТРУКТУРА&dic\\_bred=yes](http://reword.org/online/?s_query=ИНФРАСТРУКТУРА&dic_bred=yes).
11. Риз Дж. Облачные вычисления (CloudApplicationArchitectures) / Дж. Риз. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.

12. Сейдаметова З. С. Облачные технологии и образование. / [З. С. Сейдаметова, Э. И. Абляимова, Л. М. Меджитова и др.]. – Симферополь : «ДИАИПИ», 2012. – 204 с.
13. Співаковський О. В. Побудова ІКТ інфраструктури ВНЗ: проблеми та шляхи вирішення [Електронний ресурс] / О. В. Співаковський, М. О. Вінник, Ю. Г. Тарасіч // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – № 1 (39). – С. 99–116. – Режим доступу : [http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/996#.Uzz8sfl\\_t1Z](http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/996#.Uzz8sfl_t1Z).
14. Спирін О. М. Методична система базової підготовки вчителя інформатики за кредитно-модульною технологією : монографія [Електронний ресурс] / О. М. Спирін. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. – 182 с. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/881/1/Spirin\\_mon\\_2013.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/881/1/Spirin_mon_2013.pdf).
15. Спирін О. М. Критерії і показники якості інформаційно-комунікаційних технологій навчання [Електронний ресурс] / О. М. Спирін // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – № 1 (33). – Режим доступу : [http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/788#.Uzz9i\\_1\\_t1Z](http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/788#.Uzz9i_1_t1Z).
16. Фингар П. DOT.CLOUD / ПитерФингар ; пер. с англ. А. В. Захаров. – М. : Аквармариновая Книга, 2011. – 256 с.
17. Antonopoulos N. Cloud Computing. Principles. Systems and Applications / N. Antonopoulos, L. Gillam. – London; New York : Springer-Verlag, 2010. – 379 p.
18. Apache Cloud Stack Documentation: open source cloud computing [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://cloudstack.apache.org/docs/en-US/Apache\\_CloudStack/4.2.0/html/Installation\\_Guide/cloud-infrastructure-concepts.html](http://cloudstack.apache.org/docs/en-US/Apache_CloudStack/4.2.0/html/Installation_Guide/cloud-infrastructure-concepts.html).
19. Cloudcomputing. Principles and Paradigms / Edited by Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej Goscinski. – New Jersey : John Wiley&Sons, Inc., 2011. – 641 p.
20. GoogleApps for Education [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.google.com/enterprise/apps/education>.
21. Office 365 [Електронний ресурс] / Корпорація Майкрософт. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/academic/FX103045755.aspx>.
22. Official Documentation for Eucalyptus Cloud [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.eucalyptus.com/docs/eucalyptus/3.4/index.html#install-guide/euca\\_components.html](http://www.eucalyptus.com/docs/eucalyptus/3.4/index.html#install-guide/euca_components.html).
23. Pepple K. Deploying Open Stack / K. Pepple. – Sebastopol : O'ReillyMedia, 2011. – 86 p.

*Матеріал надійшов до редакції 03.04.2014 р.*

## ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ КАК СОСТАВЛЯЮЩИХ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ВУЗА

**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*

**Аннотация.** В статье рассмотрены понятия, связанные с применением облачных технологий в высшем учебном заведении, в частности проанализированы: понятие «ИТ-инфраструктура вуза», определены модели развертывания облачных вычислений. Сформулированы концептуальные положения проектирования ИТ-инфраструктуры вуза. Выделена единая система аутентификации пользователей как важная составляющая ИТ-инфраструктуры. Обосновано применение гибридной модели развертывания облачных технологий. Предложены программные составляющие общедоступного и корпоративного облака вуза. Проанализированы возможности свободных платформ для организации корпоративных облаков. Описан опыт развертывания корпоративного облака на основе платформы CloudStack.

**Ключевые слова:** ИТ-инфраструктура; облачные технологии; гибридное облако; общедоступное облако; корпоративное облако; облачная лаборатория; GoogleApps, Office 365; Cloudstack, Eucalyptus.

## IMPLEMENTATION OF CLOUD COMPUTING AS A COMPONENT OF THE UNIVERSITY IT INFRASTRUCTURE

**Vasyl P. Oleksyuk**

PhD (pedagogical sciences), Associate Professor of the Department of Informatics and methods of its teaching  
V. Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine  
*oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua*

**Abstract.** The article investigates the concept of IT-infrastructure of higher educational institution. There are described models of deploying of cloud technologies in IT-infrastructure. The hybrid model is the most recent one for higher educational institution. The unified authentication is an important component of IT-infrastructure. The author suggests the public (GoogleApps, Office 365) and private (Cloudstack, Eucalyptus, OpenStack) cloud platforms to deploying in IT infrastructure of higher educational institution. Open source platform for enterprise clouds organizing were analyzed by the author. The article describes the experience of the deployment enterprise cloud in IT infrastructure of the Department of Physics and Mathematics of V. Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University.

**Keywords:** IT infrastructure; cloud computing; hybrid cloud; public cloud; enterprise cloud; cloudy laboratory; GoogleApps; Office 365; Cloudstack; Eucalyptus.

**REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)**

1. Balyk N. Innovative learning at university: experiences and perspectives / N. Balyk // The computer in the school and family. – 2013. – № 5 (46). – P. 49–59 (in Ukrainian).
2. 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).
3. Bykov V. The mobile space and mobile targeting environment for internet users: features of model submission and using in education / V. Bykov // Information technologies in education. – 2013. – № 17. – P. 9–37 (in Ukrainian).
4. 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).
5. Voroyssky F. S. Informatics. Encyclopedic Dictionary: Introduction to modern ICT technologies at concepts and facts / F. S. Voroyssky. – Moscow : Fyzmatlyt, 2006. – 768 p. (in Russian).
6. Glossary.ru [online]. – Available from : [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl\\_sch2.cgi?RI\(wgxywzqyzwg](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RI(wgxywzqyzwg) (in Russian).
7. ICT Infrastructure – Wikipedia [online]. – Available from : [http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна\\_інфраструктура](http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна_інфраструктура) (in Ukrainian).
8. Oleksyuk V. Experience of the integration cloud services googleapps into information and educational space of higher educational institution [online] / V. Oleksyuk // Information technologies and learning tools. – 2013. – № 3. – Available from : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/824/631> (in Ukrainian).
9. Oleksyuk V. Unified authentication as a step towards the creation of the educational space of general educational institutions [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, 2012. – Issue № 13 (20). – P. 188–193. – Available from : <http://elar.fizmat.tnpu.edu.ua/handle/123456789/87> (in Ukrainian).
10. Online dictionary [online]. – Available from : [http://reword.org/online/?s\\_query=ИНФРАСТРУКТУРА&dic\\_bred=yes](http://reword.org/online/?s_query=ИНФРАСТРУКТУРА&dic_bred=yes).
11. Reese J. Cloud Application Architectures / J. Reese. – Petersburg : BHV-Petersburg, 2011. – 288 p. (in Russian).
12. Seydametova Z. Cloud technology and education / Z. Seydametova, E. Ablyalimova, L. Medzhitova. – Simferopol «DIA YPI», 2012. – 204 p. (in Russian).
13. Spivakovskiy O. University ICT infrastructure construction: problems and solutions [online] / O. Spivakovskiy, M. Vinnyk, Y. Tarasich // Information technologies and learning tools. – 2014. – № 1 (39). – P. 99–116. – Available from : [http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/996#.Uzz8sfl\\_t1Z](http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/996#.Uzz8sfl_t1Z) (in Ukrainian).

14. Spirin O. Methodical system of informatics teacher basic training on credit-modular technology [online]. Project Report / O. Spirin. – Zhytomyr : Publisher ZhSU named after I. Franko, 2013. – 182 p. – Available from : [http://lib.iitta.gov.ua/881/1/Spirin\\_mon\\_2013.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/881/1/Spirin_mon_2013.pdf) (in Ukrainian).
15. Spirin O. M. Criteria and quality indicators of information and communication technologies of learning [online] / O. M. Spirin // Information Technologies and Learning Tools. – 2014. – № 1 (33). – Available from : [http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/788#.Uzz9i\\_1\\_t1Z](http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/788#.Uzz9i_1_t1Z) (in Ukrainian).
16. Fingar P. DOT.CLOUD / P. Fingar; Translate from English A. Zakharov. – M. : Aquamarine book, 2011. – 256 p. (in Russian).
17. Antonopoulos N. Cloud Computing. Principles. Systems and Applications / N. Antonopoulos, L. Gillam. – London; NewYork : Springer-Verlag, 2010. – 379 p. (in English).
18. Apache CloudStack Documentation: open source cloud computing [online]. – Available from : [http://cloudstack.apache.org/docs/en-US/Apache\\_CloudStack/4.2.0/html/Installation\\_Guide/cloud-infrastructure-concepts.html](http://cloudstack.apache.org/docs/en-US/Apache_CloudStack/4.2.0/html/Installation_Guide/cloud-infrastructure-concepts.html) (in English).
19. Cloud computing. Principles and Paradigms / Edited by Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej Goscinski. – New Jersey : John Wiley&Sons, Inc., 2011. – 641 p. (in English).
20. GoogleApps for Education [online]. – Available from : <http://www.google.com/enterprise/apps/education> (in English).
21. Office 365 [online] / Microsoft corporation. – Available from : <http://office.microsoft.com/uk-ua/academic/FX103045755.aspx> (in English).
22. Official Documentation for Eucalyptus Cloud [online]. – Available from : [http://www.eucalyptus.com/docs/eucalyptus/3.4/index.html#install-guide/euca\\_components.html](http://www.eucalyptus.com/docs/eucalyptus/3.4/index.html#install-guide/euca_components.html) (in English).
23. Pepple K. Deploying Open Stack / K. Pepple. – Sebastopol : O'ReillyMedia, 2011. – 86 p. (in English).