

УДК 378.174:004.588

Олексюк В. П.

ТНПУ імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, Україна

## ДОСВІД ОРГАНІЗАЦІЇ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

DOI:10.14308/ite000503

У статті розглянуто поняття, пов'язані з застосуванням хмарних технологій у вищому навчальному закладі, зокрема проаналізовано: поняття «ІТ-інфраструктура», «інформаційно-освітній простір», «інформаційно-освітнє середовище», «віртуальна лабораторія». Проаналізовано моделі надання та розгортання хмарних технологій. Запропоновано застосування гібридної моделі розгортання хмарних технологій. Проаналізовано можливості вільнопоширюваних платформ для організації корпоративної хмари ВНЗ. Описаний досвід розгортання корпоративної хмари на основі платформи CloudStack. Об'єктом дослідження є технології хмарних обчислень. Предметом дослідження є хмарні платформи, на основі яких можна розгорнути віртуальні лабораторії. Методи, використані у дослідженні: аналіз науково-технічної літератури з проблеми впровадження моделей розгортання хмарних технологій у освітню галузь, вивчення особливостей функціонування ІТ-інфраструктури вищого навчального закладу.

Об'єктом дослідження є віртуальні лабораторії як складова ІТ-інфраструктури вищого навчального закладу.

Предметом дослідження є хмарні обчислення як технологічна основа для організації віртуальних лабораторій.

Постановка проблеми. За умов впровадження технологій хмарних обчислень у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу (ВНЗ) особливого значення набувають завдання розробки хмаро-орієнтованих засобів навчання. У технологічному аспекті їх впровадження можливе на основі так званої корпоративної хмари ВНЗ. Враховуючи, що сучасні корпоративні хмарні платформи широко використовують технологію віртуалізації, вважаємо доцільним розгортання на їх основі віртуальних лабораторій для підтримки вивчення інформаційних дисциплін.

Метою статті є аналіз поняття «віртуальна лабораторія». У статті описано досвід розгортання віртуальної лабораторії для вивчення мережних технологій. Дослідження проводилось у рамках спільної 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.

**Ключові слова:** віртуальна лабораторія, ІТ-інфраструктура, інформаційно-освітній простір, інформаційно-освітнє середовище, корпоративна хмара, CloudStack.

### Аналіз 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 інформаційно-освітнього простору ВНЗ розкривається у дослідженнях В. Бикова, М. Жалдака, В. Лапінського, О. Співаковського, О. Спіріна та інших. Зокрема у своєму дослідженні [4] 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 та адміністративні процеси, створювати на базі університетів інноваційно-технологічні центри та центри трансферту технологій. Автори звертають увагу не лише на сучасний стан інформаційно-комунікаційних технологій університету, а й на перспективи їх розвитку [19].

Проблемі застосування технологій хмарних обчислень та засобів веб 2.0 у освіті присвячені дослідження Н. Балик, В. Бикова, С. Литвинової, Н. 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 та програмні реалізації мають стати предметом пріоритетного вивчення, засобами навчання, досліджень та управління освітою на всіх організаційних рівнях українського суспільства [5].

М. П. Шишкіна, О. М. Спірін, Ю. Г. Запорожченко, досліджуючи проблематику інформатизації освіти України, зазначають, що розвиток технологій хмарних обчислень, сервісів адаптивних інформаційно-комунікаційних мереж, засобів віртуального і мобільного навчання є важливим кроком на шляху вирішення проблем доступності і якості навчання, що змінює уявлення про інфраструктуру організації процесу навчання і його інформаційного наповнення. В умовах хмаро орієнтованого освітнього середовища розширюються межі доступу до якісних електронних ресурсів, що володіють такими інноваційними характеристиками, як адаптивність, мобільність, повномасштабна інтерактивність, вільний мережний доступ, уніфікована інфраструктура, забезпечення універсального підходу до роботи [20].

Практичний досвід застосування хмарних технологій та засобів веб 2.0 у навчальному процесі описано у дослідженні Н.Р. Балик [1].

**Виклад основного матеріалу.** У галузь освіти епоха інформатизації принесла значну кількість програмних засобів навчального призначення, які у своїй сукупності можуть утворювати навчальні середовища та освітні простори. Спробуємо окреслити деякі підходи до трактування понять «ІТ-інфраструктура», «інформаційно-освітній простір», «інформаційно-навчальне середовище», у контексті їх вживання стосовно віртуальних лабораторій.

Стаття Вікіпедії трактує інформаційну інфраструктуру як сукупність територіально розподілених державних і корпоративних інформаційних систем, мереж і каналів передавання даних, засобів комунікації і управління інформаційними потоками, а також організаційних структур, правових і нормативних механізмів, що забезпечують їх ефективне функціонування [9]. У енциклопедичному словнику поняття «ІТ-інфраструктура» визначають як комплекс програмних, технічних та телекомунікаційних засобів, які забезпечують роботу з даними організації або групи організацій [7]. Отож, інфраструктура інформаційних технологій вищого навчального закладу (ІТ-інфраструктура ВНЗ) – це інформаційна система програмних, обчислювальних і телекомунікаційних засобів, що реалізує надання інформаційних, обчислювальних, телекомунікаційних ресурсів та послуг усім учасникам навчального процесу.

Поняття «освітній простір» залежно від ознаки своєї масштабності може вживатися у глобальному або інституціональному контексті. У першому випадку говорять про глобальний освітній простір або єдиний інформаційний простір системи освіти [2]. У другому випадку термінологія стосується певної освітньої установи (інституції), наприклад, інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу.

В.Ю. Биков, розглядаючи поняття єдиного інформаційного простору системи освіти, виділяє ознаку, яка відображає наявність у ньому спеціально створених і цілеспрямованих на освітні цілі однотипних мережних електронних ресурсів. Існування таких ресурсів

передбачає можливість їх спільного застосування деякою категорією користувачів, відповідає на питання: для кого і для чого ці типові мережні електронні ресурси були створені [3]. Згідно доменно-фреймової моделі розглядатимемо інформаційно-освітній простір як підсистему Глобального інформаційного простору, інтегровані засоби і технології якого призначені для інформаційно-освітнього ресурсного забезпечення цілей навчання і виховання та спрямовані на задоволення освітніх потреб усіх учасників навчального процесу.

Поняття «простір» і «середовище» є близькими, але не синонімічними. Аналізуючи їх співвідношення, дослідники мають на увазі набір певним чином пов'язаних між собою умов, які можуть впливати на людину. При цьому у понятті «простір» не передбачено присутність у ньому людини. Простір може існувати і незалежно від неї, а середовище передбачає взаємодію і взаємовплив оточення з суб'єктом. Інформаційно-освітнє середовище розуміють як сукупність технічного, інформаційного та навчально-методичного забезпечення, яка нерозривно пов'язана з людиною як суб'єктом навчання [7], [15].

Отже, розглядаючи віртуальну лабораторію у технологічному аспекті (апаратно-програмні платформи, розподілені мережні системи, технології віртуалізації) доречним вважаємо вживання терміну «ІТ-інфраструктура». Якщо потрібно підкреслити, що віртуальна лабораторія є засобом навчання, то доречно вживати поняття «інформаційно-освітній простір». У випадку акцентування уваги на діяльності студента органічним буде застосування поняття «інформаційно-освітнє середовище».

Розглядаючи поняття «віртуальна лабораторія», першочергово зупинимося на терміні «віртуальний». У великому тлумачному словнику української мови [6] зазначений термін трактують як такий, що реально не існує; можливий або такий, який проявляється за певних умов. Зазначимо, що віртуальна лабораторія для вивчення мережних технологій справді не існує у вигляді окремого приміщення, проте її функціональні можливості реалізуються із застосуванням реальних апаратно-програмних засобів та комп'ютерних мереж. Стосовно процесу пізнання, то віртуальна навчальна лабораторія – це віртуальне середовище навчання, яка дозволяє моделювати поведінку об'єктів реального світу в інформаційно-освітньому середовищі [14]. Таке середовище має бути розробленим під певну предметну галузь, яке надає необхідний інструментарій для розв'язування задач, проведення віртуальних експериментів в даній предметній галузі [18]. Зазвичай віртуальні лабораторії орієнтовані на застосування у процесі навчання математики, фізики, хімії, деяких інженерних дисциплін [20], [10]. Основним завданням проекрованої віртуальної лабораторії інформаційних технологій вважаємо моделювання процесів обробки даних у сучасних інформаційних системах та мережах.

Зазвичай у віртуальній лабораторії відомості з предметної галузі базуються на окремих фактах, а тому обмежені набором заздалегідь передбачених експериментів. Інший підхід передбачає, що учень або студент має можливість проводити будь-які експерименти, не обмежуючись заздалегідь підготовленим набором результатів [14]. Саме останнім підхід реалізовано у створеній лабораторії мережних технологій завдяки використанню технології віртуалізації операційних систем. Широкий спектр можливостей спеціального програмного забезпечення для віртуалізації надає унікальні можливості при організації навчального процесу, що і підтверджує доцільність їх широкого використання як основного засобу формування системи знань, умінь та навичок при вивченні програмного забезпечення і мережних технологій, а також при формуванні системи умінь в галузі адміністрування комп'ютерних мереж [22].

Важливим є питання ресурсного забезпечення навчальної діяльності студентів у віртуальній лабораторії. Перефразовуючи трактування енциклопедичного словника з інформатики [7] зазначимо, що у нашому випадку віртуальні ресурси – це не стільки інформаційні, скільки обчислювальні ресурси, які доступні студентам у режимі віддаленого доступу через канали глобальної зв'язку, наприклад Інтернету.

Програмною основою спроектованої лабораторії є технології хмарних обчислень. Нагадаємо, що хмарними називають такі технології, які забезпечують доступ до обчислювальних ресурсів засобами протоколу передавання гіпертексту (HTTP, HTTPS). Тобто хмарними є технології, які забезпечують можливість роботи з її ресурсами (апаратним, системним, прикладним програмним забезпеченням) засобами веб-браузера. Наприклад, студент, перебуваючи в університеті, дома, у бібліотеці або кафе, для доступу до віртуальної лабораторії мережних технологій може використовувати ноутбук, планшетний комп'ютер або смартфон.

На сьогодні виділяють такі основні сервісні моделі застосування хмарних технологій [24]: SaaS (Software-as-a-Service) – програмне забезпечення як сервіс; IaaS (Infrastructure-as-a-Service) – модель, яка передбачає розгортання у «хмарі» інформаційної інфраструктури організації, PaaS (Platform-as-a-Service) – модель, яка передбачає розгортання певної програмної платформи, яку можуть використовувати не лише користувачі сервісу, а й програмісти та розробники.

Стосовно розгортання хмарних технологій, то виділяють 4 моделі [17]:

1. Корпоративна – хмари, зазвичай, створюються і контролюються однією організацією.
2. Загальнодоступна, яка передбачає спільне використання платформ кількома організаціями. Управлінням такої хмари, зазвичай, займається зовнішній провайдер.
3. Групова, згідно якої організації спільно використовують хмарні сервіси провайдера.
4. Гібридна – передбачає поєднання кількох моделей.

Найбільш доцільною моделлю розгортання хмарних технологій у інфраструктурі ВНЗ є гібридна. Зокрема, ми використали загальнодоступну хмарну платформу Google Apps, яку інтегрували з традиційними сервісами інформаційного-освітнього простору ВНЗ [ 11].

Незважаючи на наявність потужних комерційних хмарних платформ (Windows Azure, Amazon EC2, S3), проектування віртуальної лабораторії для вивчення мережних технологій ми здійснювали на основі корпоративних хмар. Нас зацікавили відкриті платформи, на основі яких можна розгорнути корпоративну хмару. У зв'язку з цим ми проаналізували можливості платформ Cloudstack, Eucalyptus, Openstack.

Apache CloudStack є проектом компанії Apache Software Foundation, 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 [23]:

- 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, що забезпечує розподіл обчислювальних ресурсів для віртуальних машин;
- первинні та вторинні сховища (primary and secondary storages) – зберігають розділи та 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 [25]:

- контролер хмари (cloud controller) – є інтерфейсом управління хмарою; відповідає за розподіл основних віртуальних ресурсів;
- контролер кластера (cluster controller) – керує контролерами вузлів, визначає на якому вузлі буде завантажена віртуальна машина;
- контролер вузла (node controller) – 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 [26]:

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

Як бачимо, програмні складові розглянутих платформ практично однакові.

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-математичного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Коротко зупинимося на технічних та організаційних аспектах цього процесу.

Як відомо системні вимоги щодо розгортання Cloudstack передбачають використання двох комп'ютерів, один з яких виконуватиме функції сервера управління та первинного сховища, а інший відповідатиме за роботу віртуальних машин (гіпервізор) та містить вторинне сховище. Структурну схему реалізованої моделі віртуальної лабораторії подано на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема моделі віртуальної лабораторії

У процесі створення інфраструктури було обрано базовий режим, який не передбачає використання окремих фізичних або віртуальних мереж. Як наслідок усі мережі у хмарній інфраструктурі безпосередньо зв'язані між собою та належать одному сегменту (рис. 2). У базовому режимі розгорнута нами хмарна інфраструктура забезпечує передавання необхідних видів трафіку:

- управляючого (management), який необхідний для комунікації усіх внутрішніх ресурсів (хостів, гіпервізорів, сервера управління, системних віртуальних машин тощо);

- гостьового (guest), що генерується для зв'язку між віртуальними машинами користувачів;
- загальнодоступного (public), який генеруються віртуальні машини у процесі з'єднання із зовнішніми мережами (Інтернетом);
- трафіку сховищ, який генерується у процесі роботи з шаблонами віртуальних машин та дисків.

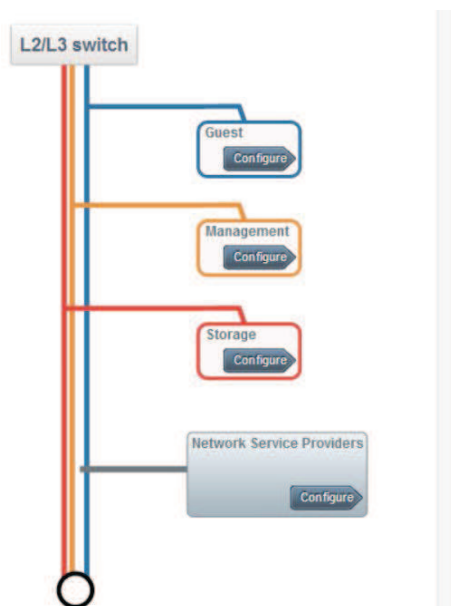


Рис. 2. З'єднання мереж у хмарній інфраструктурі CloudStack

Отож, на сьогодні функціонують хмарні лабораторії для вивчення дисциплін «Адміністрування комп'ютерних мереж» та «Основи мережних технологій». Зміст цих курсів не передбачає вивчення питань маршрутизації, віртуальних локальних мереж [16]. Користувачами зазначених лабораторій є 75 студентів, майбутніх учителів інформатики. Ними створено понад 150 віртуальних машин. Зрозуміло, що продуктивність одного реального сервера не дає змогу одночасно завантажувати усі ці віртуальні комп'ютери. Проте на основі практичного досвіду можна стверджувати, що робота хмарної платформи CloudStack була стабільною при одночасному функціонуванні 20-25 віртуальних машин, що приблизно дорівнює потребам однієї академічної групи студентів. З метою вивчення ступеня ефективності застосування віртуальних лабораторій на основі технологій хмарних обчислень нами організовано педагогічний експеримент, про результати якого буде опубліковано окрему статтю.

Крім хмарної платформи CloudStack ресурси віртуальних лабораторій доповнюють відповідні електронні курси на основі LMS MOODLE, відеофрагменти сервісу «ФМ-медія» та матеріали інституційного репозитарію «ФМ-репозитарій» [12]. Доступ до цих ресурсів уніфіковано завдяки єдиній системі автентифікації, яка реалізовано на факультеті [13]. Основою згаданої системи автентифікації є каталог LDAP та однойменний протокол. Для забезпечення доступу до віртуальної лабораторії на основі єдиних реєстраційних даних студентів нами було виконано конфігурування платформи Cloudstack для автентифікації користувачів на основі каталогу LDAP. Проте на відміну від згаданих платформ (MOODLE, DSpace), які після першої автентифікації користувача автоматично створюють обліковий запис у власній базі даних, Cloudstack вимагає виконання цієї процедури вручну.

Крім цього 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 та 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 та закріплені за кожним екземпляром віртуальної машини.

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 та 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. Крім цього 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 та фільтрація даних між реальним і віртуальним комп'ютером, у який спосіб слід конфігурувати мережні з'єднання віртуальних операційних систем.

Незважаючи на вищенаведене, розгорнута на основі CloudStack віртуальна лабораторія 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 (рис. 3);
- обслуговування за потреби – студент може негайно отримати системні ресурси (увімкнути, перезавантажити віртуальний комп'ютер) без попереднього запиту;
- повсюдний доступ не залежно від географічного розташування – для доступу до лабораторії з мережі Інтернет студент використовує традиційний сервіс IT-інфраструктури факультету – віртуальну приватну мережу (VPN);
- еластичність масштабування, який передбачає можливість зміни обсягу обчислюваних ресурсів без суттєвих змін у роботі операційних систем.

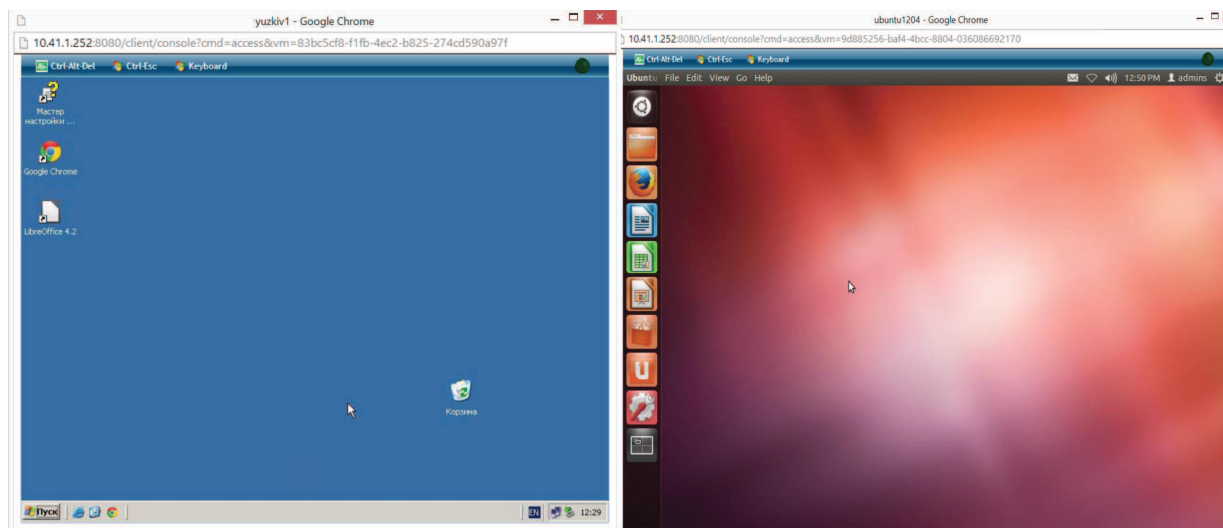


Рис. 3. Інтерфейс ОС (Windows та Linux), доступний через веб-браузер

Досвід застосування віртуальної лабораторії на основі корпоративної хмари підтверджує наведені у [22] переваги використання технологій віртуалізації у навчальному процесі, зокрема:

- заощадження на придбанні апаратного забезпечення – у розгорнутій корпоративній хмарі створено близько сотні віртуальних комп'ютерів, причому близько 40-ка з них

- можуть працювати одночасно; доступ до комп'ютерів віртуальної лабораторії забезпечують можна забезпечити із традиційних (в тому числі й застарілих) та мобільних платформ, використовуючи стандартні протоколи (RDP, SSH, VNC);
- можливість використання різноманітних ОС як у навчальному процесі, так і виробничих потреб;
  - можливість використання потенційно-небезпечного програмного забезпечення без загрози ушкодження реальних комп'ютерів;
  - можливість створення необхідних апаратних конфігурацій, що є важливим у процесі тестування розробленого програмного забезпечення;
  - хороші можливості щодо навчання роботі з ОС – нами створено кілька шаблонів основних ОС (Windows, Linux, FreeBSD), які кожен студент може розгорнути всього за кілька хвилин;
  - об'єднання віртуальних машин у локальну мережу та доступ до них засобами поширених протоколів;
  - висока мобільність студентів і викладача – у процесі навчання мережних технологій із застосуванням традиційних засобів існує жорстка «прив'язаність» до конкретної аудиторії; розгортання віртуальної лабораторії на основі корпоративної хмари у повній мірі вирішує цю проблему та створює можливості для самостійної роботи студентів.

**Висновки.** Проблема створення віртуальних лабораторій на основі хмарних технологій є актуальною та потребує подальшого розвитку. Найбільш доцільною моделлю розгортання хмарних технологій у IT-інфраструктурі ВНЗ є гібридна. Віртуальні лабораторії для інформаційних технологій можна розгорнути у корпоративній хмарі ВНЗ. Вивчення організаційних та методичних аспектів цієї проблеми, без сумніву, потребує подальшого дослідження.

**Перспективи** подальших досліджень вбачаємо у розгортанні у корпоративній хмарі фізичних та віртуальних сегментів мереж, що дасть можливість вивчати питання пов'язані з маршрутизацією в Інтернеті. Також корисною буде оптимізація інтерфейсу хмарних платформ завдяки використанню їх API-функцій, зокрема для платформи CloudStack доречною буде розробка модулів для групового управління віртуальними машинами та обліковими записами користувачів. 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. Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/703/1/2.pdf>
3. Биков В.Ю. Доменно-фреймова модель педагогічної системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ime.edu-ua.net/cont/Bykov8.doc>
4. Биков В.Ю. ІКТ-аутсорсінг і нові функції ІКТ-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>.
5. 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/Byk.pdf](http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/Tipuss/2013_1/Byk.pdf)
6. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. ред. В.Т. Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. – 1728 с.



7. 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.
8. Ильченко О.А. Организационно-педагогические условия разработки и применения сетевых курсов в учебном процессе (на примере подготовки специалистов с высшим образованием): автореф. дис. канд. пед. наук. / О. А. Ильченко. – М., 2002. – 20 с.
9. Інформаційна інфраструктура – Вікіпедія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна\\_інфраструктура](http://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна_інфраструктура)
10. Кашина Г.С., Сергієнко В.П. Використання мультимедійних засобів у навчанні фізики при підготовці фахівців транспортної галузі / Г.С. Кашина, В.П. Сергієнко // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць / Редрада. – К.: НПУ імені М.П.Драгоманова, 2006. – № 4 (11). - С. 54-58
11. Олексюк В. П. Досвід інтеграції хмарних сервісів Google Apps 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>
12. Олексюк В. П. Інституційний репозитарій: можливості застосування у навчальному процесі. [Електронний ресурс]/ В. П. Олексюк, О. Р. Олексюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – №6. – Режим доступу до журн.: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/755>
13. Олексюк, В. Деякі аспекти інтеграції веб-сервісів вищого навчального закладу / В. Олексюк, В. Габрусев, А. Балик // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Педагогіка / гол. ред. Г. Терещук. – Тернопіль, 2011. – № 1. – С. 228-234.
14. Попова И.В. Организация научно-исследовательской работы студентов с помощью виртуальных исследовательских лабораторий. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://2009.it-edu.ru/docs/Sekziya\\_1/15\\_Popova\\_1257569820328431.doc](http://2009.it-edu.ru/docs/Sekziya_1/15_Popova_1257569820328431.doc)
15. Рамський Ю.С., Лещук С.О. Активізація пізнавальної діяльності школярів засобами «ІнфоНІС» / С.О. Лещук, Ю.С. Рамський / Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць / Редрада. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. №5 (12). – С. 120-125
16. Рамський Ю.С., Олексюк В.П. Особливості підготовки майбутніх учителів інформатики до застосування мережевих технологій / Ю.С. Рамський, В.П. Олексюк / Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць / Редрада. - К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. №5 (12). - С. 154-159
17. Сейдаметова З. С. Облачные технологии и образование. / [З. С. Сейдаметова, Э. И. Абляимова, Л. М. Меджитова и др.]. – Сімферополь : «ДИАЙПИ», 2012. – 204 с.
18. Співаковський О.В., Круглик В.С. Технології розробки програмних засобів, які підтримують компонентно-орієнтований підхід / О.В. Співаковський, В.С. Круглик / Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць/ Редкол. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – № 2 (9). – 2005. – С. 31-42
19. 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)
20. Триус Ю.В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у ВНЗ: проблеми, стан і перспективи / Ю. В. Триус // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : збірник / М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т ім. М. П Драгоманова. - К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – Вип. 9 (16). – С. 16-29.
21. Шишкіна М.П. Проблеми інформатизації освіти України в контексті розвитку досліджень оцінювання якості засобів ІКТ / М. П. Шишкіна, О. М. Спірін, Ю. Г. Запорожченко // Електронне фахове видання. Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – №1 (27). – Режим доступу до журналу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/632/483>
22. Яшанов М.С. Застосування віртуальних машин у фаховій підготовці вчителя технологій / М.С. Яшанов // Наукові записки : [збірник наукових праць] / М-во освіти і науки України, Нац.

- пед. ун-т імені М. П. Драгоманова ; укл. Л. Л. Макаренко. – Серія педагогічні та історичні науки, випуск LXXXIII (83). - К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – С. 250-258.
23. Apache CloudStack 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)
  24. Cloud computing. Principles and Paradigms. / Edited by Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej Goscinski. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 641 p.
  25. 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)
  26. Pepple K. Deploying OpenStack/ K. Pepple . – Sebastopol: O'Reilly Media, 2011. – 86 p.

Стаття надійшла до редакції 06.06.2014

**Oleksyuk v.**

**Ternopil V. Hnatyuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine**

### **EXPERIENCE OF THE ORGANIZATION OF VIRTUAL LABORATORIES ON THE BASIS OF TECHNOLOGIES OF CLOUD COMPUTING**

The article investigated the concept of «virtual laboratory». This paper describes models of deploying of cloud technologies in IT infrastructure. The hybrid model is most recent for higher educational institution. The author suggests private cloud platforms to deploying the virtual laboratory. This paper describes the experience of the deployment enterprise cloud in IT infrastructure of Department of Physics and Mathematics of Ternopil V. Hnatyuk National Pedagogical University.

The object of the research are virtual laboratories as components of IT infrastructure of higher education.

The subject of the research are clouds as base of deployment of the virtual laboratories.

Conclusions. The use of cloud technologies in the development virtual laboratories of the is an actual and need of the development. The hybrid model is the most appropriate in the deployment of cloud infrastructure of higher educational institution. It is reasonable to use the private (Cloudstack, Eucalyptus, OpenStack) cloud platform in the universities.

**Keywords:** cloud computing, IT infrastructure, information-educational environment, virtual laboratory, corporate cloud, CloudStack.

**Олексюк В. П.**

**ТНПУ имени Владимира Гнатюка, Тернополь, Украина**

### **ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

В статье рассмотрены понятия, связанные с применением облачных технологий в высшем учебном заведении, в частности проанализированы понятия «ИТ-инфраструктура», «информационно-образовательное пространство», «информационно-образовательная среда», «виртуальная лаборатория». Проанализированы модели развертывания облачных технологий. Предложено применение гибридной модели. Проанализированы возможности свободных платформ для организации корпоративного облака вуза. Описан опыт развертывания корпоративного облака на основе платформы CloudStack.

Объектом исследования являются виртуальные лаборатории как составляющая ИТ-инфраструктуры вуза.

Предметом исследования являются облачные вычисления как технологическая основа для организации виртуальных лабораторий.

Постановка проблемы. В условиях внедрения технологий облачных вычислений в информационно-образовательное пространство вузов особое значение приобретают задачи разработки облачно-ориентированных средств обучения. В технологическом аспекте их внедрение возможно на основе так называемого корпоративного облака. Учитывая, что современные корпоративные облачные платформы широко используют технологию

виртуализации, считаем целесообразным создания на их основе виртуальных лабораторий для поддержки изучения информатических дисциплин.

Целью статьи является анализ понятия «виртуальная лаборатория». В статье описан опыт развертывания виртуальной лаборатории для изучения сетевых технологий. Исследование проводилось в рамках совместной научно-исследовательской лаборатории по вопросам применения облачных технологий в образовании Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка и Института информационных технологий и средств обучения Национальной академии педагогических наук Украины.

Выводы: Проблема создания виртуальных лабораторий на основе облачных технологий является актуальной и требует дальнейшего развития. Наиболее целесообразной моделью развертывания облачных технологий в ИТ-инфраструктуре вуза является гибридная. Виртуальные лаборатории для информационных технологий можно развернуть в корпоративном облаке вузов. Изучение организационных и методических аспектов этой проблемы, без сомнения, нуждается в дальнейшем исследовании.

**Ключевые слова:** ИТ-инфраструктура, информационно-образовательное пространство, информационно-образовательная среда, виртуальная лаборатория, корпоративное облако, CloudStack.