

ТЕХНІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ PROXMOX VE ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ХМАРИ УНІВЕРСИТЕТУ

Постановка проблеми. Упродовж десятиліття хмарні обчислення є технологічно та економічно ефективним способом організації роботи цифрових систем. Не є винятком і галузь освіти. Незважаючи на суттєві успіхи у напрямку цифровізації навчальні заклади в Україні мають труднощі, що стосуються фінансування оновлення технічних та матеріальних ресурсів ІТ-інфраструктури, недостатнього кадрового забезпечення тощо.

Нині хмарні обчислення є важливою альтернативою класичній локальній моделі організації освітнього середовища університету. Завдяки їм студенти та викладачі за допомогою веб-технологій отримують віддалений доступ до обчислювальних ресурсів. Зазначений підхід зменшує організаційні витрати та пропонує більш потужні функціональні можливості. Заощадження стосуються ліцензій на програмне забезпечення, апаратне забезпечення, електроенергію, проживання та обслуговування тощо. Як наслідок, ІТ-фахівці звільняються від відповідальності за підтримку деяких сервісів та додатків в ІТ-інфраструктурі університету. Використання резервування хмарної інфраструктури усуває ризики аварійного відновлення та пов'язані з цим високі витрати. Хмарні послуги часто пропонують нові інструменти та програми для підвищення продуктивності та доступності цифрового середовища.

Отож, проблеми моделювання, розгортання та супроводу хмаро-орієнтових середовищ у вітчизняних закладах вищої освіти все ще залишаються актуальними.

Короткий аналіз попередніх досліджень. Невирішені проблеми.

Впродовж останніх років науковці в усьому світі вивчають проблеми створення хмаро-орієнтованого середовищ для вищої та середньої освіти. Вони трактують зазначене поняття як середовище діяльності учасників освітніх і наукових процесів, у якому функції обробки даних реалізовані за допомогою технологій віртуалізації [1], [7]. О. Глазунова пропонує поняття «академічна хмара університету» як хмарно-орієнтоване електронне освітнє середовище навчального закладу, у якому поєднані технічні, програмні, цифрові ресурси та сервіси, що функціонують на основі технологій хмарних обчислень і забезпечують освітню діяльність студентів університету через локальну мережу та інтернет [2].

Як показує аналіз публікацій, чимало вітчизняних та зарубіжних закладів вищої освіти використовують різні платформи для розгортання академічних хмар згідно моделі інфраструктура як сервіс [3]. Серед них є комерційні та вільні програмні продукти. У обох випадках академічна хмара може бути розгорнута згідно корпоративної або загальнодоступної моделі. У дослідженні ми зосередимо увагу на платформі Proxmoх. Це вільний програмний продукт, який дозволяє розгорнути хмарну інфраструктуру на потужностях університету.

Коротко проаналізуємо досвід застосування цієї платформи у вищій освіті. Наприклад, науковці із національного університету «Запорізька політехніка» досліджують проблеми віртуалізації на основі платформи Proxmoх VE за умов надлишкового використання ресурсів хмари. Автори констатують, що обчислювальні ресурси серверів платформи використовують активне розподілення ресурсів між віртуальними машинами без їх резервування. Дослідники розробили власну утиліту для використання сховищами платформи принципу створення логічного диску для резервування частини пам'яті сервера [4]. Викладачі з національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова розгорнули академічну хмару на основі платформи Proxmoх VE для віртуалізації програмного забезпечення, що використовується у процесі вивчення математики у загальноосвітніх школах [8].

Індонезійські дослідники з університету Малангу (State Polytechnic of Malang) виконали розгортання бази даних електронної бібліотеки на основі сервіс-орієнтованої архітектури SOA, яка передбачає підключення кількох серверів з інфраструктури Proxmox VE. Як наслідок час пошуку книг у електронній бібліотеці значно зменшився, що свідчить про зростання продуктивності сервера баз даних [5]. Емпіричні дослідження свідчать, що Proxmox VE є не лише вдалим вибором для економії початкових інвестицій у хмарну інфраструктуру, зокрема й завдяки тому платформа має досить мале значення відношення витрат до продуктивності академічної хмари [6].

Мета статті полягає у систематизації авторського досвіду щодо супроводу платформи Proxmox VE, що застосовується у процесі підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю «014.09. Середня освіта (Інформатика)». На нашу думку, академічна хмара може бути використана у процесі вивчення багатьох курсів з освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики, зокрема операційних систем комп'ютерних мереж, кібербезпеки, веб-програмування тощо [9].

Результати дослідження.

До моменту написання цієї публікації ми мали досвід використання платформи Apache CloudStack протягом восьми років. Незважаючи на її переваги, ми вирішили апробувати та інтегрувати до існуючої реалізації академічної хмари платформу Proxmox VE, що була встановлена на орендованому фізичному сервері за кордоном. Серед аспектів її використання в освітньому процесі ми розглядаємо технічні, комунікаційні, змістові та організаційні.

Технічний компонент передбачає виконання таких завдань:

- розгортання значної кількості віртуальних комп'ютерів;
- надання доступу засобами стандартних протоколів;
- створення значної кількості віртуальних мереж маршрутизація даних між віртуальними та фізичними мережами;
- автентифікація користувачів на основі стандартних баз даних та протоколів;

- забезпечення перерозподілу обчислювальних ресурсів хмари.

Останнє завдання вимагає попередньої підготовки віртуальних машин (VM) студентів. Порівняно з Apache CloudStack, платформа Proxmox VE не надає можливості для елементарного створення VM та надання індивідуальних прав доступу до них. У зв'язку з цим ми підготували наперед налаштовані шаблони, з яких за допомогою розроблених скриптів виконували створення (клонування) студентських екземплярів. Також ми автоматизували процес надання адміністративного доступу користувачам до їх VM. Це забезпечило мінімізацію витрат під час навчання. Для виконання проектних завдань, що зазвичай використовуються у навчанні інформатики, ми надали спільний доступ кількох користувачів до VM.

Для більш раціонального розподілу обчислювальних ресурсів хмари пропонуємо замість «класичних» VM використовувати контейнери. Хоча віртуальні машини забезпечують середовище, максимально наближене до реальних операційних систем, системні контейнери суттєво зменшують витрати, пов'язані із запуском окремого ядра ОС та моделюванням обладнання VM. На відміну від VM процеси з контейнера виконуються в ОС фізичного сервера. Тому платформа Proxmox VE використовує контейнери лише на основі ОС Linux. У нашій реалізації академічної хмари вдалося завантажити приблизно у п'ять разів більше контейнерів, ніж VM при їх однакових обчислювальних характеристиках.

Важливим етапом розгортання нашої академічної хмари є конфігурування мереж в її інфраструктурі. Ми намагалися виділити окрему віртуальну локальну мережу (VLAN) щонайменше для кожної академічної групи студентів. Кращим варіантом є можливість надання окремої VLAN для кожного студента. У будь-якому випадку бажаною є інтеграція віртуальних мереж з хмарною інфраструктурою університету.

Для цього ми створили окрему VM на основі RouterOS та налаштували на ній VPN-сервер. Оскільки в університетській хмарній інфраструктурі розгорнуто багато VLAN мереж, то було обрано VPN-технологію, яка інкапсулює дані канального рівня OSI. Вона має забезпечити використання одних і тих же

VLAN у інфраструктурах CloudStack та Proxmox. Це дозволить передавати в них дані без маршрутизації. Цій вимозі відповідає OpenVPN – вільний безпечний VPN-сервер, що є одним з найнадійніших та найзахищеніших VPN-сервісів. Віртуальний маршрутизатор на основі RouterOS, яка виконує функції OpenVPN-сервера та маркує трафік для віртуальних локальних мереж, що передають трафік всередині VPN-тунелю. Отож, ВМ з різних хмар можуть обмінюватися трафіком всередині одних і тих же VLAN. Це дозволяє будувати гібридну хмарну інфраструктуру, проводити дослідження, масштабувати академічну хмару за рахунок як віртуальних так і фізичних пристроїв.

Висновки.

Академічна хмара дозволяє студентам моделювати у віртуалізованому середовищі процеси, що відбуваються в цифрових системах. При цьому здобувачі освіти отримують досвід застосування теоретичних знань для виконання практичних завдань, демонстрації властивостей, вивчення та дослідження цифрових об'єктів.

Proxmox VE є ефективною платформою для розгортання корпоративних хмар. У нашій реалізації академічної хмари вдалося виконати з'єднання віртуальних локальних мереж академічних хмар на основі платформ Apache CloudStack і Proxmox VE. Було б добре продовжити інтеграцію обох платформ і в майбутньому. Proxmox VE має перевагу у використанні контейнерів ОС Linux. Інтерфейс консолі Proxmox VE є більш досконалим, ніж Apache CloudStack. Цей факт разом з хорошою мобільною версією платформи дозволяє працювати з хмарою з різних пристроїв. Незалежно від платформи, адміністратор або викладачі повинні виконувати обслуговування академічної хмари. Зокрема, щодо підготовки учнівських віртуальних машин, їх міграції між вузлами, резервного копіювання тощо. Використовуючи академічну хмару на базі платформи Proxmox VE, викладачі та студенти можуть отримати більше досвіду роботи з різними інструментами системного адміністрування та використовувати віртуалізацію для виконання навчальних та дослідницькі завдань.

Список використаних джерел

1. Proskura S. L., Lytvynova S. H. The approaches to Web-based education of computer science bachelors in higher education institutions. Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019), Kryvyi Rih, 20 December 2019. 2019. P. 609–625. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper36.pdf>.
2. Glazunova O., Voloshyna T. Hybrid Cloud-Oriented Educational Environment for Training Future IT Specialists. Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, 21–24 June 2016. 2016. P. 157–167. URL: http://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_64.pdf.
3. Holovnia O. S., Oleksiuk V. P. Selecting cloud computing software for a virtual online laboratory supporting the Operating Systems course. Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019), Kryvyi Rih, 17 December 2021. 2021. P. 216–227.
4. Kirichek G. G., Harkusha V. Y. Hosts virtualization on based Proxmox VE in conditions excessive use of resources. Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences. 2021. Vol. 1, no. 1. P. 78–84. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-1/13> (date of access: 12.05.2022).
5. Integration of digital library server with Service Oriented Architecture (SOA) based on cloud computing using proxmox server / Y. Ariyanto et al. Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1402. P. 077054. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/7/077054> (date of access: 12.05.2022).
6. Chang B. R., Tsai H.-F., Chen C.-M. Empirical Analysis of Server Consolidation and Desktop Virtualization in Cloud Computing. Mathematical Problems in Engineering. 2013. Vol. 2013. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/947234> (date of access: 12.05.2022).
7. Проектування і використання відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти / В. Ю. Биков та ін. Інформаційні

- технології та засоби навчання. 2019. Т. 74, № 6. С. 1–19. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v74i6.3499> (дата звернення: 12.05.2022).
8. Жалдак М. І., Франчук В. М. Веб орієнтована система доступу до віддаленого робочого столу та програмного комплексу Gran у процесі навчання математики в школі. Інформаційні технології та засоби навчання. 2020. Т. 76, № 2. С. 14–29. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3711> (дата звернення: 12.05.2022).
9. Іваськів І.С., Рамський Ю.С., Олексюк В.П. Програмний комплекс „Денвер”: можливості використання у процесі вивчення основ Web-програмування / І.С. Іваськів, Ю.С. Рамський, В.П. Олексюк // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова Серія № 2. Комп’ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редкол. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – № 4 (11). – 2006. – С. 66-69

Анотація. У цій роботі висвітлено досвід автора щодо вдосконалення академічної хмари для підготовки бакалаврів з інформатики. Розвиток хмари відбувається через інтеграцію платформи Proxmox VE в існуючі обчислювальні потужності. У дослідженні автор розкриває деякі техніко-методичні аспекти організації навчального процесу з використанням корпоративної хмарної платформи. Проаналізовано деякі підходи організації фізичних компонентів хмарної інфраструктури.

Keywords: хмарні обчислення, хмарна інфраструктура, академічна хмара, комп’ютерні мережі, Proxmox VE, Apache Cloudstack.

Abstract. This paper highlights the author`s experience in improving the academic cloud for the training for a bachelor's degree in computer science. This is through integrating the Proxmox VE platform into existing computing. In the study, the author reveals some technical and methodological aspects of the organization of the educational process using this corporate cloud platform. Some approaches of the organization of physical components of cloud infrastructure is analyzed.

Keywords: cloud computing, cloud infrastructure, academic cloud, computer networks, Proxmox VE, Apache Cloudstack.